



HAL
open science

Mise en place d'une stratégie d'amélioration de l'observance de l'activité physique post-réhabilitation chez des patients atteints de lombalgie chronique

Frédéric Janik

► To cite this version:

Frédéric Janik. Mise en place d'une stratégie d'amélioration de l'observance de l'activité physique post-réhabilitation chez des patients atteints de lombalgie chronique. Médecine humaine et pathologie. Université de Lille, 2021. Français. NNT : 2021LILUS051 . tel-03593824

HAL Id: tel-03593824

<https://theses.hal.science/tel-03593824>

Submitted on 2 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE

Pour obtenir le grade de
Docteur

UNIVERSITÉ DE LILLE

Préparée au sein de l'école doctorale Biologie Santé (ED-446)
Et de l'Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé, Société (ULR-7369)

Présentée par **Frédéric JANIK**

**Mise en place d'une stratégie d'amélioration de
l'observance de l'activité physique post - réhabilitation
chez des patients atteints de lombalgie chronique.**

Soutenue le 19 Octobre 2021

Madame Claudine FABRE

Professeur des Universités, Université de Lille

Directrice de thèse

Madame Claire TOULOTTE

Maitre de Conférences, Université d'Artois

Co-encadrante de thèse

Madame Émilie SIMONEAU

Professeur des Universités, Université Polytechnique Hauts de France

Examineur

Monsieur Jérôme GUÉRIN

Professeur des Universités, Université de Bretagne Occidentale

Examineur

Président du jury

Monsieur Thierry WEISSLAND

Maitre de Conférences HDR, Université de Bordeaux

Rapporteur

Madame Fabienne MOUGIN-GUILLAUME

Maitre de Conférences HDR, Université de Franche Comté

Rapporteur



Université de Lille
Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique

THESE

Présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Lille
en Sciences et Techniques de Activités Physiques et Sportives

**Mise en place d'une stratégie d'amélioration de
l'observance de l'activité physique post-réhabilitation
chez des patients atteints de lombalgie chronique**

Soutenue publiquement par

Frédéric JANIK

Le 19 Octobre 2021

*"Certaines gens croient que c'est insulter
la splendeur de leur maladie que d'aller
mieux."*

John Steinbeck (1952), *A l'est d'Eden*

Remerciements

Je remercie en premier lieu mes Directrices de Thèse sans qui ce travail n'aurait pas été possible. **Claudine Fabre**, Professeur à l'Université de Lille qui m'a encadré tout au long de cette thèse et qui, par son niveau d'exigence, a su me pousser dans mes retranchements afin de me faire progresser. Je te suis reconnaissant pour ton encadrement, tes conseils, ta disponibilité, et ton écoute même si, j'en suis conscient, ça n'a pas été facile tous les jours. Bien que le chemin soit encore long, ton soutien et ton aide m'ont permis d'avancer dans le monde de la recherche. Merci à **Claire Toulotte**, Maître de conférences à l'Université de Liévin, qui m'a accompagné depuis mes débuts dans cette aventure et qui m'a aidé à trouver mon terrain de recherche. Ton soutien, ta disponibilité et ta bonne humeur au cours de ces dernières années m'ont aidé à avancer et à contribuer au bon déroulement de ce travail. Je tiens également à vous remercier toutes les deux pour votre réactivité lors des lectures/relectures d'articles ou de ce manuscrit. Je suis partie de loin et grâce à vous, j'ai progressé. Je ne sais comment vous montrer à quel point je suis heureux de votre encadrement. Vous m'avez apporté beaucoup plus que ce que je n'aurais pu imaginer, vous m'avez fait confiance et j'espère ne pas vous avoir déçues. Alors, un grand MERCI à vous d'avoir été présentes à mes côtés lors de cette aventure.

Je remercie chaleureusement les membres du jury qui ont acceptés d'expertiser ce travail doctoral, les Maîtres de conférences **Fabienne Mougine-Guillaume** et **Thierry Weissland**, ainsi que les examinateurs, les Professeurs **Émilie Simoneau** et **Jérôme Guérin**. Je remercie également le Professeur **Émilie Simoneau** et le Maître de conférences **Thierry Weissland** d'avoir accepté de me suivre au cours de mes années de thèse au sein du comité de suivi individuel. Je vous suis reconnaissant pour vos conseils et pour l'intérêt que vous portez à mes travaux.

Ce travail de thèse a été financé dans le cadre d'un contrat CIFRE avec le Centre de Réadaptation Fonctionnelle « Les Hautois » de Oignies, appartenant au groupe AHNAC (*Association Hospitalière Nord Artois Clinique*). Je remercie Monsieur **Franck Lagoda**, directeur du Centre « Les Hautois, ainsi que son prédécesseur, Monsieur **Marc Mudry**, de m'avoir accueilli dans leur établissement. Je remercie également le Docteur **Anne Laure Seichepine**, Madame **Bernadette Masquelier** et Madame **Fabienne Barbier**, pour les

conditions de thèse qui m'ont été offertes tout au long de mon contrat. J'ai bénéficié d'un environnement de travail qui m'a permis de mener à bien mes travaux et je vous en suis reconnaissant. J'en profite également pour remercier l'ensemble du personnel du Centre « Les Hautois » qui fait un travail remarquable auprès des patients. Bravo à vous, vous êtes une équipe géniale.

Je tiens également à remercier vivement toutes les personnes qui ont accepté de prendre part aux différentes études. Je veux bien entendu parler des patients lombalgiques chroniques du centre « Les Hautois » mais également toutes les personnes ayant pris de leur temps pour réaliser les évaluations musculaires.

Ce travail de recherche n'aurait pas pu être possible sans une équipe disponible prête à nous aider au moindre problème ou à la moindre question. Ainsi, je tiens à remercier le Professeur **Serge Berthoin**, pour m'avoir accueilli au sein du laboratoire URePSSS, ainsi qu'aux autres membres de l'Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société. Je remercie également l'ensemble de l'équipe du SHERPAS pour m'avoir accompagné durant cette thèse, et plus particulièrement le Docteur **Annie Carton** pour avoir pris du temps pour corriger la partie psychologique de ce travail de thèse.

Je tiens également à exprimer ma gratitude aux enseignants de la faculté des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives de Liévin, qui m'ont donné envie de faire de la recherche. Ainsi merci à **Isabelle Caby**, Maître de Conférences à l'Université de Liévin, d'avoir été la première à m'avoir accompagné dans cette démarche durant mes stages Masters.

Puisque le chercheur se doit d'être pluridisciplinaire, je tiens à remercier mon père, d'avoir pris de son temps pour m'accompagner dans l'élaboration du logiciel de bilans. Sans tes connaissances, rien n'aurait pu aboutir. Alors mille mercis.

Ce n'est pas tout...

La thèse est une expérience très enrichissante qui vaut le coup d'être vécue. Cependant il y a une différence entre vivre le doctorat et vivre avec le doctorant. Pour ça je tiens à remercier **Sabrina** pour le soutien durant ces années. Pas toujours facile de supporter mes singeries, craquages et coups de mou mais tu as su gérer la situation avec brio. Je tiens également à te remercier pour le temps passé à lire, relire, lire à nouveau ce manuscrit. Encore quelques heures de travail jusqu'à la soutenance de la thèse et je te laisserai peut-être tranquille avec ça. Un grand merci pour tout.

Pour terminer, je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes qui m'ont apporté aide et soutien et qui ont contribué, ainsi, à la réussite de ce travail de thèse :

Je pense avant tout à mes parents qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont accompagné et soutenu dans tous mes projets.

Je pense à ma famille, mes amis, qui par leurs présences, ont contribué à mon bien-être psychologique.

Pour finir, je pense également au taureau de Wall Street sans qui cette grande aventure n'aurait jamais commencé. Ainsi, la légende était vraie.

MERCI À TOUS...

Résumé

Introduction : Le maintien de la pratique d'une activité physique est primordial pour conserver les bénéfices de la prise en charge pluridisciplinaire. Or, les patients lombalgiques chroniques sont peu préparés à une approche autonome. Il est nécessaire de les accompagner dans cette démarche de changement de comportement pour les amener vers une pratique physique régulière.

Objectif : L'objectif général était de déterminer des stratégies d'amélioration de l'observance en activité physique chez des patients lombalgiques chroniques.

Méthode : 3 études ont été menées. La première a cherché à déterminer l'efficacité d'un programme d'activité physique, court, hors structure de soins pour des patients lombalgiques en activité professionnelle. La seconde consistait en l'évaluation d'un programme d'éducation ajouté à la prise en charge pluridisciplinaire sur l'observance en activité physique des patients lombalgiques chroniques. La troisième consistait à établir des normes musculaires isométriques sur sujets sains.

Résultats/conclusion : Ces études ont montré les bénéfices de l'activité physique dans la prise en charge de la lombalgie chronique, tant sur la douleur que sur les paramètres fonctionnels et psychologiques. Or, la pratique d'une activité physique seule ne permet pas de modifier les comportements des patients. La mise en place d'un programme d'éducation permet une amélioration significative de l'observance au programme de soins et à l'activité physique, restant toutefois modérée. Pour autant, ces études ont permis d'appréhender le caractère complexe du changement de comportement pouvant amener les patients lombalgiques à adopter un style de vie actif.

Mots clés : lombalgie chronique, programme pluridisciplinaire, activités physiques, observance thérapeutique, changement de comportement, programme d'éducation

Abstract

Introduction: Maintaining physical activity is essential to maintain the benefits of multidisciplinary care. However, chronic low back pain patients are not well prepared for an independent approach. It is necessary to support them in this process of behavioral change in order to bring them to regular physical activity.

Objective: The main objective was to determine strategies for improving physical activity compliance with chronic low back pain patients.

Method: 3 studies have been conducted. The first one has searched to determine the effectiveness of a short physical activity program, outside the care structure, for chronic low back pain workers. The second one has consisted of the evaluation of an education program added to the multidisciplinary management on the compliance in physical activity of chronic low back pain patients. The third one has consisted of establishing isometric muscle norms on healthy subjects.

Results/conclusion: These studies have shown the benefits of physical activity in the management of chronic low back pain, both on pain and on functional and psychological parameters. However, the practice of physical activity alone does not make it possible to modify patients' behaviors. The implementation of a education program leads to a significant improvement in compliance with the treatment program and physical activity, although this remains moderate. However, these studies have made it possible to understand the complex nature of the behavioral changes that can lead patients with low back pain to adopt an active lifestyle.

Keywords: chronic low back pain, multidisciplinary care, physical activities, therapeutic compliance, behavior change, education program.

Table des matières

- INTRODUCTION GÉNÉRALE -	1
- CADRE THÉORIQUE -	3
CHAPITRE 1 : ACTIVITE PHYSIQUE ET SEDENTARITE CHEZ LES SUJETS SOUFFRANT DE LOMBALGIE CHRONIQUE.....	3
1. ACTIVITE PHYSIQUE, INACTIVITE PHYSIQUE ET SEDENTARITE.....	3
1.1. Définitions.....	3
1.2. Recommandations en matière d'activité physique pour la santé.....	5
2. LOMBALGIE CHRONIQUE ET CERCLE DE DECONDITIONNEMENT	6
2.1. Lombalgie	7
2.2. Lombalgie chronique.....	8
3. PROGRAMME DE PRISE EN CHARGE DE LA LOMBALGIE CHRONIQUE	14
3.1. Activité physique et lombalgie chronique.....	15
3.2. Prise en charge pluridisciplinaire.....	20
SYNTHESE CHAPITRE 1	24
CHAPITRE 2 : OBSERVANCE THERAPEUTIQUE ET LOMBALGIE CHRONIQUE	25
1. COMPLIANCE, OBSERVANCE OU ADHESION THERAPEUTIQUE.....	25
1.1. Définition.....	25
1.2. Facteurs influençant l'observance thérapeutique	26
1.3. Observance thérapeutique dans la population lombalgique	29
2. CHANGEMENT DE COMPORTEMENT ET MOTIVATION	31
2.1. Modèle transthéorique de changement de comportements de Prochaska et DiClemente (1982).....	32
2.2. Modèle de motivation	38
3. FACTEURS INFLUENÇANT LA PRATIQUE D'UNE ACTIVITE PHYSIQUE.	46
3.1. Facteurs environnementaux	47
3.2. Facteurs sociaux.....	47
3.3. Facteurs intra-individuels.....	48
4. COMMENT AGIR SUR LA MOTIVATION ET LE CHANGEMENT DE COMPORTEMENT ?.....	50

4.1.	Méthodes d'intervention favorisant la motivation.....	51
4.2.	Éducation thérapeutique du patient.....	53
SYNTHESE CHAPITRE 2		57
- OBJECTIFS DU TRAVAIL DE THÈSE -		59
1.	CONTEXTE	59
2.	PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS.....	59
- CONTRIBUTION PERSONNELLE -		63
MATERIELS ET METHODES		63
1.	CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION	63
1.1.	Critères d'inclusion et d'exclusion pour les études 1 et 2	63
1.2.	Critères d'inclusion et d'exclusion pour l'étude 3.....	64
2.	METHODOLOGIE - ETUDES N°1 ET N°2	64
2.1.	Contenu des programmes	64
2.2.	Variables mesurées au cours des études n°1 et n°2	71
3.	METHODOLOGIE DE L'ETUDE N°3 : CREATION DE NORMES MUSCULAIRES	73
3.1.	Partie 1 : Reproductibilité des tests musculaires d'endurance isométrique maximale	74
3.2.	Partie 2 : Création de normes musculaires.....	75
3.3.	Instruction pour la fin des tests pour l'étude n°3, parties 1 et 2	75
3.4.	Variables mesurées au cours de l'étude 3	76
4.	ANALYSES STATISTIQUES.....	76
4.1.	Étude n°1	76
4.2.	Étude n°2	76
4.3.	Étude n°3	77
- LISTE DES COMMUNICATIONS ET DES PUBLICATIONS -		79
ÉTUDE N°1 : PROGRAMME DE RECONDITIONNEMENT EN ACTIVITE PHYSIQUE, HORS STRUCTURE DE SOINS CONVENTIONNELLE, POUR UNE POPULATION DE LOMBALGIQUE CHRONIQUE ENCORE EN ACTIVITE PROFESSIONNELLE.....		82
1.	CONTEXTE	83

2.	METHODES	83
3.	RESULTAT	85
3.1.	Évaluations initiales des deux groupes	85
3.2.	Évaluations finales des deux groupes	86
4.	DISCUSSION	88
5.	CONCLUSION.....	90
ÉTUDE N°2 : EFFETS A MOYEN TERME D'UN PROGRAMME D'EDUCATION SUR L'ADHESION A L'ACTIVITE PHYSIQUE CHEZ LES PATIENTS SOUFFRANT DE LOMBALGIE CHRONIQUE : ESSAI CONTROLE RANDOMISE		91
1.	CONTEXTE	92
2.	METHODES	92
3.	RESULTAT	93
3.1.	Évaluation de la douleur et de son retentissement.....	94
3.2.	Évaluation physique	96
3.3.	Niveau de pratique d'activité physique.....	98
3.4.	Taux d'abandons lors du suivi longitudinal	98
4.	DISCUSSION	99
5.	CONCLUSION.....	101
ÉTUDE N°3 : CREATION DE NORMES D'ENDURANCE MUSCULAIRE ISOMETRIQUE		102
1.	CONTEXTE	103
2.	METHODES	104
3.	RESULTAT	105
3.1.	Partie 1 : Reproductibilité des tests d'endurance musculaire.....	106
3.2.	Partie 2 : normes musculaires	110
4.	DISCUSSION	117
5.	CONCLUSION.....	119
- DISCUSSION GÉNÉRALE -		120
- CONCLUSION -		126

- PERSPECTIVES -	127
- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES -	129
- ANNEXES -	155
1. DESCRIPTIF DES TESTS D'ÉVALUATION PHYSIQUE (ÉTUDES N°1 ET N°2).....	155
1.1. Tests d'endurance musculaires isométriques	155
1.2. Tests de souplesse	158
2. DESCRIPTIF DES TESTS D'ENDURANCE MUSCULAIRE ISOMETRIQUES (ÉTUDE N°3).....	160
2.1. Évaluation des muscles fléchisseurs du tronc.....	160
2.2. Évaluation des muscles extenseurs du tronc.....	161
2.3. Évaluation des muscles carrés des lombes.....	162
2.4. Évaluation des muscles quadriceps	163
2.5. Évaluation des muscles ischio-jambiers	164
2.6. Évaluation des muscles pectoraux	165
2.7. Évaluation des muscles dorsaux	166
3. PUBLICATION ISSUE DE CE TRAVAIL DE THESE : ISOMETRIC STRENGTH DATABASE FOR MUSCLE MAXIMAL VOLUNTARY ENDURANCE FIELD TESTS: NORMATIVE DATA	167

Liste des Figures

<i>Figure 1. Intensité d'exercice mesurée en MET.</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2. Représentation graphique du « fear-avoidance model » (Vlaeyen et Linton, 2000)</i>	<i>9</i>
<i>Figure 3. Corrélation entre invalidité et souplesse des muscles extenseurs du tronc chez les sujets lombalgiques chroniques (Monga et Singh, 2013).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 4. Comparaison des valeurs de VO_{2max} entre les sujets lombalgiques chroniques masculins et les données normatives des sujets sains masculins (Duque et coll. 2009)</i>	<i>13</i>
<i>Figure 5. Comparaison des valeurs de VO_{2max} entre les sujets lombalgiques chroniques féminins et les données normatives des sujets sains féminins (Duque et coll. 2009)</i>	<i>14</i>
<i>Figure 6. Modèle des étapes du changement de comportement, selon Prochaska et DiClemente (1982)</i>	<i>33</i>
<i>Figure 7. Résumé des différents types de motivation mis en évidence dans la théorie de l'autodétermination, et ordonnés en fonction de leur degré d'autodétermination (Deci & Ryan, 2008).....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 8. Modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque (Vallerand, 1997)</i>	<i>43</i>
<i>Figure 9. Tests d'endurances musculaires isométriques.....</i>	<i>72</i>
<i>Figure 10. Tests de souplesse.....</i>	<i>73</i>
<i>Figure 11. Figures illustrant la mesure de l'endurance musculaire isométrique.....</i>	<i>74</i>
<i>Figure 12. Évolution des scores du questionnaire de Dallas au début et à la fin de la prise en charge, pour les deux groupes.....</i>	<i>86</i>
<i>Figure 13. Courbes ROC pour tous les tests en fonction des tranches d'âge.</i>	<i>111</i>

Liste des Tableaux

<i>Tableau 1 : Niveaux recommandés d'activité physique pour la santé pour les adultes (WHO, 2020)</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 2 : Catégories de facteurs intrinsèques influençant l'observance thérapeutique (Jin et coll., 2008).....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 3 : Définition et interventions représentatives des processus de changement selon Prochaska et coll. (1992).....</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 4 : Utilisation des différents processus de changement à travers les stades de changement de comportement (selon Prochaska et coll., 1992)</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 5 : Techniques permettant d'agir sur la motivation, selon Boiché et coll., 2020.....</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 6 : Emploi du temps type du sujet lombalgique chronique dans le programme RENODOS.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 7 : Description du programme éducatif.....</i>	<i>68</i>
<i>Tableau 8 : Caractéristiques des patients lombalgiques chroniques.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 9 : Résumé des paramètres de la douleur et de leurs répercussions sur la vie quotidienne au début et à la fin des soins</i>	<i>87</i>
<i>Tableau 10 : Résumé des paramètres physiques au début et à la fin des soins.....</i>	<i>88</i>
<i>Tableau 11 : Caractéristiques démographiques et cliniques des deux groupes de patients lors de l'évaluation initiale</i>	<i>93</i>
<i>Tableau 12 : Récapitulatif des paramètres de la douleur et de ses répercussions sur la vie quotidienne des sujets lombalgiques au cours de la prise en charge et du suivi longitudinal.....</i>	<i>95</i>
<i>Tableau 13 : Récapitulatif des évaluations physiques au cours de la prise en charge et du suivi longitudinal</i>	<i>97</i>
<i>Tableau 14: Niveau de pratique de l'activité physique lors du suivi à 3 et 6 mois post prise en charge</i>	<i>98</i>
<i>Tableau 15 : nombre de patients ayant participé au suivi longitudinal à 3 et 6 mois post prise en charge.....</i>	<i>99</i>
<i>Tableau 16 : Caractéristiques de la population étudiée.....</i>	<i>105</i>
<i>Tableau 17.a : Coefficients de corrélation intra-classe, intra-évaluateur</i>	<i>107</i>

<i>Tableau 17.b : Coefficients de corrélation intra-classe entre les évaluations "B1" et "A2".</i>	<i>108</i>
<i>Tableau 17.c : Coefficients de corrélation intra-classe entre les évaluations "B2" et "A2".</i>	<i>109</i>
<i>Tableau 18 : Coefficient de variation intra-évaluateur et inter-évaluateurs pour les ratios agonistes/antagonistes des muscles.</i>	<i>110</i>
<i>Tableau 19 : Analyse de la caractéristique de fonctionnement du récepteur (ROC) pour tous les tests en fonction des tranches d'âge pour le groupe des hommes.</i>	<i>112</i>
<i>Tableau 20 : Analyse de la caractéristique de fonctionnement du récepteur (ROC) pour tous les tests en fonction des tranches d'âge pour le groupe des femmes.</i>	<i>113</i>
<i>Tableau 21 : Équations de prédiction de la performance musculaire maximale pour tous les tests isométriques chez les hommes.</i>	<i>114</i>
<i>Tableau 22 : Équations de prédiction de la performance musculaire maximale pour tous les tests isométriques chez les femmes.</i>	<i>115</i>
<i>Tableau 23 : Variation des ratios agonistes/antagonistes selon les tranches d'âge.</i>	<i>116</i>

Liste des abréviations

CIFRE : Convention Industrielle de Formation par la Recherche

AHNAC : Association Hospitalière Nord Artois Clinique

M.E.T. :Équivalent métabolique

EVA : Échelle visuelle analogique

AQ : Activités de la vie quotidienne

AP/L : Activités professionnelles et de loisirs

A/D : Anxiété/dépression

S : Sociabilité

ICC: corrélation intra-classe

SEM: Erreur standard de la mesure

SEM%: Erreur standard de la mesure en pourcentage

SD : Écart Type

CI: intervalles de confiance

LOA: limites de l'accord;

CV: Coefficient de variation

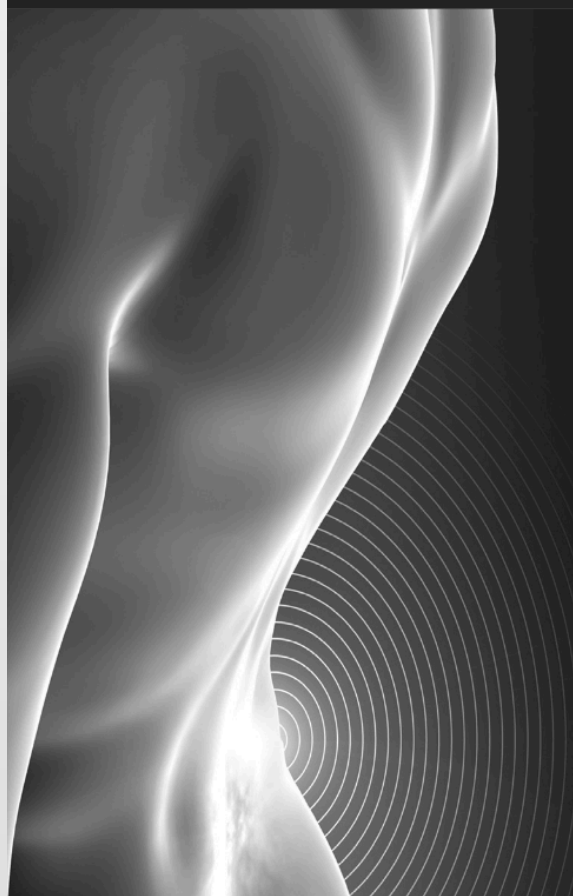
CV%: Coefficient de variation en pourcentage

ROC: Receiver operating characteristic;

AUC: L'aire sous la courbe ROC

u.a. : Unité arbitraire

- INTRODUCTION GÉNÉRALE -



Au cours des dernières décennies, des progrès substantiels ont été accomplis concernant la gestion et l'amélioration de la qualité de vie des personnes souffrant de lombalgie chronique. Ainsi, la prévalence mondiale et les taux d'années vécues avec incapacité chez les patients présentant une lombalgie ont légèrement diminué de 1990 à 2017 (Wu et coll., 2020). Cependant, avec l'augmentation de la population mondiale, les nombres de cas de personnes souffrant de lombalgie et d'années de vie vécues avec incapacité ont considérablement augmenté, notamment dans la tranche d'âge 30-54 ans (Wu et coll., 2020). De ce fait, la lombalgie demeure un problème de santé publique majeur car à l'échelle mondiale, elle reste la principale cause d'années de vie vécues avec incapacité (Wu et coll., 2020), entraînant un coût considérable, tant au niveau social qu'économique (Zemedikun et coll. 2021).

Le taux de récurrence élevé est aussi un facteur clé de ce fardeau. En effet, environ 25 à 80% des sujets risquent d'avoir au moins un deuxième épisode aigu dans les 12 mois suivants la première crise (Stanton et coll., 2008 ; Hoy et coll., 2010 ; Da Silva et coll., 2017). Cet écart de valeur s'explique notamment par la définition donnée à la récurrence et à la rémission (Hoy et coll., 2010). Ainsi, la lombalgie présente un certain risque de récurrence et peut devenir chronique si la douleur perdure durant plus de 3 mois (Chou et coll., 2007). Ce type de lombalgie touche seulement 10 à 15% de la population mondiale (Balagué et coll., 2012) mais il représente plus de 80% des coûts de santé publique pour cette pathologie (Yumusakhuylu et coll., 2018) du fait notamment des soins médicaux, des indemnités, de l'absentéisme au travail, de la perte de productivité, de la reconversion professionnelle, des frais administratifs et contentieux (Yumusakhuylu et coll., 2018).

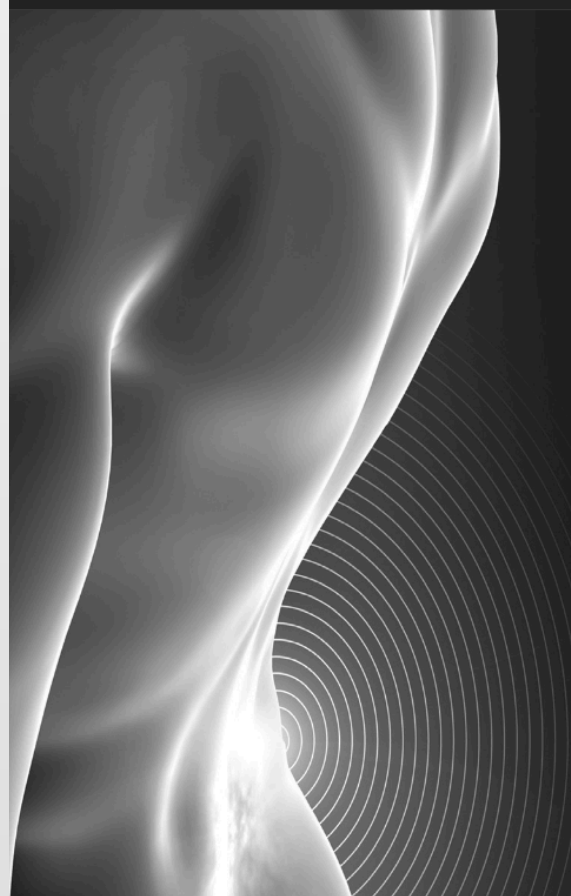
Lorsque la lombalgie devient chronique, elle prend un caractère multifactoriel dans la mesure où des facteurs physiques, psychologiques, sociaux et professionnels s'entremêlent pour entretenir ou augmenter la douleur ressentie et l'incapacité fonctionnelle des sujets (Tagliaferri et coll., 2020). En effet, il a été mis en évidence que les sujets souffrant de lombalgie chronique sont dans ce que l'on appelle « le cercle de déconditionnement psychologique et physique de la douleur » (Verbunt et coll., 2003). Le cercle de déconditionnement psychologique s'auto-entretient par les peurs, croyances et attitudes d'évitement des patients envers l'activité physique (Fujii et coll., 2019 ; Altug et coll., 2015). Ces comportements d'évitement, considérés par le sujet comme des conduites de sécurité, vont engendrer une hypervigilance conduisant progressivement

vers une peur du mouvement appelée kinésiophobie (Vlaeyen et Linton, 2000 ; Oliveira et coll., 2019). Cette kinésiophobie va pousser les sujets souffrant de lombalgie chronique à limiter leurs activités physiques et quotidiennes (loisirs sportifs, déplacements non motorisés, ménage, bricolage, etc.) entraînant entre autres une diminution des capacités cardiorespiratoires ou encore une diminution de la force et de l'endurance musculaires (Verbunt et coll., 2010 ; Tagliaferri et coll., 2019). C'est ce que Mayer et coll. (1986) ont appelés le syndrome de déconditionnement physique. Ainsi, le cercle de déconditionnement psychologique et physique est un mécanisme complexe, pluriel et multifactoriel. C'est pourquoi, il est nécessaire de proposer aux patients souffrant de lombalgie chronique une prise en charge globale, adaptée, diversifiée et capable de répondre aux problèmes physiques, fonctionnels, psychologiques, sociaux et professionnels. L'objectif des traitements concernant cette pathologie consiste à améliorer la qualité de vie des patients, de prévenir ou de diminuer le déficit (physique et/ou psychologique) et de permettre un retour au travail. C'est pourquoi il est recommandé aux patients souffrant de lombalgie chronique de suivre un programme de réentraînement à l'effort pluridisciplinaire en centre de réadaptation fonctionnelle, une thérapie cognitivo-comportementale ou bien encore suivre une prise en charge en activité physique (Qaseem et coll., 2017 ; Salathé et coll., 2018). Cependant, il a été prouvé que sans un maintien d'une activité physique régulière pour ne pas dire quotidienne, les bénéfices de ces programmes de soins ne perdurent pas dans le temps, entraînant très souvent une récurrence de la douleur, suivie d'incapacités fonctionnelles (Ben-Ami et coll., 2017 ; Weiner et coll. 2010). Il est donc important de trouver des solutions pour aider les patients à avoir une meilleure observance thérapeutique en activité physique sur le long terme afin d'éviter les rechutes.

L'objectif de ce travail de thèse CIFRE, mené au Centre de Réadaptation Fonctionnelle « Les Hautois » de Oignies, appartenant au groupe AHNAC (*Association Hospitalière Nord Artois Clinique*), a été de proposer de nouvelles techniques de prise en charge visant à l'amélioration de l'observance thérapeutique en activité physique post prise en charge pluridisciplinaire pour des patients souffrant de lombalgie chronique.

Il est toutefois à souligner que la pandémie COVID-19 ne m'a pas permis de mettre en place l'ensemble des outils de suivi prévus initialement, ce que j'expliquerai dans la perspective du travail de cette thèse.

- CADRE THÉORIQUE -



Chapitre 1 : Activité Physique et Sédentarité chez les sujets souffrant de lombalgie chronique

« *Nous, hommes et femmes, sommes faits pour bouger, marcher, courir, nager... et non pas pour rester assis. Anthropologiquement, biomécaniquement et physiologiquement, notre corps est conçu pour se mouvoir [...] Le problème est que nous avons oublié que nous étions faits pour ne pas rester en place* » (Carré, 2014)

Dans notre monde moderne cerné par la sédentarité et l'inactivité physique, les travaux de recherche se sont penchés sur la définition de ces différents concepts que l'on pense souvent, à tort, synonymes. C'est ainsi qu'un adulte pratiquant du tennis en double 3 fois par semaine, à raison d'une heure par séance, peut être sédentaire alors que l'on peut penser, de par sa pratique physique, qu'il est actif. C'est ainsi que nous allons présenter ci-dessous différents concepts autour de l'activité physique à travers les définitions de la littérature ainsi que quelques méthodes de mesures associées à ces concepts.

1. Activité physique, inactivité physique et sédentarité

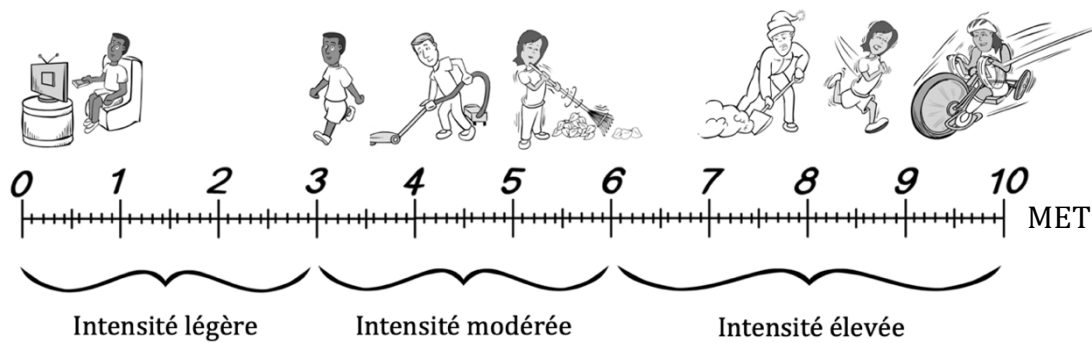
1.1. Définitions

1.1.1. Activité Physique

Il existe encore aujourd'hui une certaine confusion entre l'activité physique et le sport. La définition de l'activité physique la plus largement diffusée dans la littérature, et plus généralement en santé publique, nous vient de Caspersen et coll. (1985). Celle-ci est définie comme « *tout mouvement corporel généré par la contraction des muscles squelettiques qui élève la dépense d'énergie au-dessus du taux métabolique au repos, et se caractérise par sa modalité, sa fréquence, son intensité, sa durée et son contexte de pratique* ». Chaque mot de cette définition est d'une importance cruciale pour bien comprendre la signification de l'activité physique. Ainsi, pour Rhodes et coll. (2017), la fréquence fait référence au nombre de fois où une personne pratique une activité physique. L'intensité se définit en équivalent métabolique (M.E.T.) et fait référence à la vigueur de l'activité physique. Ainsi, comme le montre la Figure 1, une activité < 3 MET correspond à une intensité légère, une activité comprise entre 3 et 6 MET correspond à une intensité modérée et lorsqu'elle est >6 MET l'activité est d'intensité élevée. La durée fait référence au temps total de pratique d'une activité physique sur une période précise. Elle peut être déterminée à la séance, à la journée ou encore à la semaine. Le contexte de

la pratique définit l'activité physique en fonction de sa nature aérobie ou anaérobie (ex : marche ou musculation), ou encore du domaine dans laquelle elle se produit (ex : travail, transport, loisirs).

Figure 1. Intensité d'exercice mesurée en MET.



Pour Martilla et coll., (1998), les activités physiques se divisent en quatre grands domaines : 1/ l'activité physique domestique, 2/ l'activité physique de travail, 3/ l'activité physique de transport, 4/ l'activité physique de loisirs dans lesquels on va distinguer les activités non structurées et le sport.

Le sport se définit comme « *des activités physiques planifiées, structurées, répétitives dont l'objectif est d'augmenter ou maintenir des capacités physiques* » (Caspersen et coll., 1985).

Le sport représente ainsi un sous-ensemble de l'activité physique.

1.1.2. Inactivité physique et sédentarité

Contrairement à la définition de l'activité physique, l'utilisation des termes inactivité physique, sédentarité ou encore comportement sédentaire fait encore débat dans la littérature et certains auteurs ont suggéré qu'il était essentiel d'affiner la définition de ces termes (Yates et coll., 2011 ; Pate et coll., 2008). En effet, il est primordial de bien comprendre la différence entre ces différents comportements car, contrairement au sport qui est un sous-ensemble de l'activité physique, la sédentarité et l'inactivité physique sont deux comportements différents pouvant coexister chez un même individu et avoir des effets indépendants sur la santé (Gonzalez et coll., 2017). Ainsi, Trembaly et coll., (2017) définissent les comportements sédentaires comme « *tout comportement d'éveil caractérisé par une dépense énergétique ≤ 1.5 MET en position assise, allongée ou couchée* », alors que l'inactivité physique représente le non-respect des recommandations (WHO, 2020 ; PNNS, 2019) en matière d'activité physique.

De ce fait, l'activité physique et le comportement sédentaire ne sont pas à l'opposé l'un de l'autre. En effet, les individus sont considérés comme actifs lorsqu'ils atteignent les recommandations d'activité physique pour la santé (World Health Organization, 2010 et 2020), ce qui ne les empêche pas de consacrer une partie importante de leur temps à un comportement sédentaire. Autrement dit, les individus peuvent être classés comme actifs et sédentaires ainsi qu'inactifs et sédentaires (Thivel et coll., 2018). Par conséquent, les individus peuvent bénéficier à la fois des effets positifs de l'activité physique sur la santé mais également pâtir des effets délétères liés aux comportements sédentaires (Chevance et coll., 2016). En revanche, l'inactivité physique et l'activité physique sont conceptuellement diamétralement opposées.

1.2. Recommandations en matière d'activité physique pour la santé

Comme nous avons pu le voir ci-dessus, l'activité physique se situe sur un continuum allant de personnes sédentaires à inactives jusqu'aux personnes pratiquant une activité extrêmement vigoureuse. Comme le soulignent Rhodes et coll. (2017), les études sur l'activité physique cherchent à classer les participants selon qu'ils respectent ou non les recommandations globales sur l'activité physique pour la santé (WHO, 2020) ou les recommandations spécifiques aux pays qui sont pour la plupart cohérentes avec les recommandations mondiales. Un extrait des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2020) pour les adultes (18-64 ans) est présenté dans le Tableau 1.

Dans le cadre de ce travail de thèse, lorsque nous parlerons de recommandations en activité physique, nous utiliserons de manière systématique les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2020).

Tableau 1 : Niveaux recommandés d'activité physique pour la santé pour les adultes (WHO, 2020)

- Tous les adultes devraient pratiquer une activité physique régulière
- Les adultes devraient pratiquer au moins 150 à 300 minutes d'activité physique aérobie d'intensité modérée ou au moins 75 à 150 minutes d'activité physique aérobie d'intensité soutenue ou une combinaison équivalente d'activité physique d'intensité modérée et soutenue par semaine pour en retirer des bénéfices substantiels sur le plan de la santé.
- Les adultes devraient également pratiquer des activités de renforcement musculaire d'intensité modérée ou plus soutenue faisant travailler les principaux groupes musculaires deux fois par semaine ou plus, au vu des bénéfices supplémentaires que ces activités apportent sur le plan de la santé.
- Les adultes peuvent augmenter l'activité physique aérobie d'intensité modérée à plus de 300 minutes ou pratiquer plus de 150 minutes d'activité physique aérobie d'intensité soutenue ou une combinaison équivalente d'activité physique d'intensité modérée et soutenue par semaine pour en retirer des bénéfices substantiels sur le plan de la santé.
- Les adultes devraient limiter leur temps de sédentarité. Remplacer la sédentarité par une activité physique de tout niveau d'intensité (y compris de faible intensité) apporte des bénéfices pour la santé.
- Pour contribuer à réduire les effets néfastes pour la santé d'un niveau de sédentarité élevé, les adultes devraient viser à dépasser les niveaux recommandés d'activité physique d'intensité modérée à soutenue.
- Une activité physique limitée vaut mieux qu'aucune activité physique.
- Même si les adultes n'atteignent pas le niveau recommandé, une quantité limitée d'activité physique sera néanmoins bénéfique pour leur santé.
- Les adultes devraient commencer par de petites quantités d'activité physique et en augmenter progressivement la fréquence, l'intensité et la durée.

2. Lombalgie chronique et cercle de déconditionnement

« Mal de Dos ? Le bon traitement, c'est le mouvement », cette campagne publicitaire de l'assurance maladie menée en 2020 a pour but de combattre les fausses croyances liées au mal de dos et encourage la pratique d'une activité physique régulière et quotidienne.

Cette campagne s'appuie sur les recommandations actuelles concernant la lombalgie chronique (Steffens et coll., 2016 ; Gordon et Bloxham, 2016). Mais avant d'aborder l'activité physique dans la lombalgie, nous allons définir cette pathologie.

2.1. Lombalgie

Selon les directives européennes pour la prévention de la lombalgie, cette dernière est définie comme « *une douleur ou une gêne, localisée sous la marge costale et au-dessus des plis fessiers inférieurs (zone lombo-sacrée) avec ou sans irradiation dans les jambes* » (Van Tulder et coll., 2006). Comme le soulignent Maher et coll., (2017), la lombalgie est plus un symptôme qu'une maladie, car elle peut être due à de nombreuses causes. Sa forme la plus courante, que l'on retrouve dans 90% des cas, est la « lombalgie non-spécifique », qui est définie comme telle car non attribuée à un dysfonctionnement spécifique connu et reconnaissable. Les autres types de lombalgie sont appelés « lombalgie spécifique » du fait d'une cause spécifique identifiée telle que les hernies discales, les fractures ostéoporotiques ou traumatiques vertébrales, un canal vertébral étroit, des métastases ou tumeurs épidurales ou intradurales, une spondylarthrite ankylosante, etc. (Amstute et coll., 2009). Il existe trois types de lombalgie nommés en fonction de la durée de la douleur (Krismer et Van Tulder, 2007) :

1. La lombalgie aiguë : arrivée soudaine et d'une durée de moins de 6 semaines ;
2. La lombalgie subaiguë : la douleur lombaire perdure entre 6 semaines et 3 mois ;
3. La lombalgie chronique : la douleur lombaire perdure au-delà de 3 mois.

La lombalgie est une pathologie qui affecte les populations du monde entier quel que soit l'âge ou le sexe. Dans leur étude portant sur 52 465 patients lombalgiques aux États Unis, Waterman et coll. (2012) ont mis en avant que les hommes représentaient environ 51.5% des épisodes de lombalgie et les femmes 48.5%. L'âge moyen des sujets lombalgiques dans cette étude était de 38.8 ans. Les hommes âgés de 10 à 49 ans et les femmes âgées de 65 ans et plus avaient un risque significativement plus élevé de développer une lombalgie que leurs homologues de sexe opposé. L'incidence de la lombalgie la plus élevée pour les deux sexes correspond à la population en âge de travailler. La lombalgie est la cause principale d'années vécues avec incapacité, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement, entraînant une limitation d'activité, une augmentation de l'absentéisme au travail causant un important fardeau économique (Thelin et coll., 2008 ; Hoy et coll., 2012).

Le cadre de ce travail de thèse s'articule uniquement sur des patients atteints de lombalgie chronique non-spécifique.

2.2. Lombalgie chronique

Il est très réducteur de limiter la lombalgie chronique à des douleurs datant de plus de trois mois. En effet, si l'on fait abstraction des facteurs de risques personnels (sédentarité, obésité, condition de travail, etc.), les facteurs lésionnels ou biomécaniques comptent moins que les éléments psychosociaux dans le risque de chronicisation de la lombalgie (Cedraschi et Allaz, 2005). En effet, de nombreuses études mettent en avant que les patients souffrant de lombalgie chronique sont dans ce que l'on appelle « le cercle de déconditionnement psychologique et physique de la douleur » (Mayer et coll., 1986 ; Verbunt et coll., 2003 ; Smeets et coll., 2006).

2.2.1. Cercle de déconditionnement psychologique

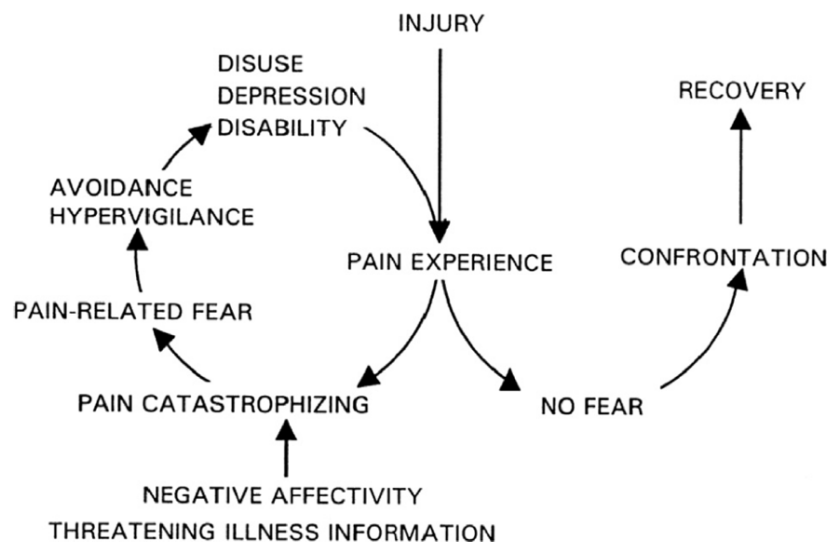
Un des modèles les plus influents démontrant l'impact des facteurs psychologiques induisant un comportement sédentaire suite à l'expérience de la douleur récurrente est le « fear-avoidance model » (Vlaeyen et Linton, 2000). Dans la version originale, Vlaeyen et Linton (2000) expliquent comment les patients présentant une douleur persistante vont progressivement entrer dans un état chronique de dépression et de peur du mouvement appelé kinésiophobie. Dans le « fear-avoidance model », l'interprétation cognitive de la douleur est perçue comme une menace pour l'organisme. Cette sensation de menace due à la crainte de la douleur entraîne une hypervigilance menant à des comportements d'évitement considérés par le sujet comme des conduites de « sécurité » destinées à réduire l'impact de la douleur et éviter que celle-ci ne progresse. Si ce comportement a un sens à court terme, il devient dysfonctionnel à long terme entraînant une augmentation de la douleur et de la kinésiophobie (Crombez et coll., 2012 ; Vlaeyen et Linton, 2012). Les travaux de Sullivan et coll. (1995, 2001) mettent en avant la mise en place de cette situation. En effet, lorsque le sujet focalise toute son attention sur la douleur, il entre progressivement dans une situation de catastrophisme, mettant en jeu trois dimensions liées les unes aux autres :

1. La rumination qui consiste en une attention excessive vis-à-vis de la douleur ;
2. L'amplification qui, comme son nom l'indique, consiste à augmenter la gravité et les impacts de la douleur ;

3. L'impuissance à savoir le sentiment de ne pouvoir rien faire face aux situations douloureuses.

Ainsi, la manière dont les patients interprètent la douleur est au cœur du « fear avoidance model » (Figure 2). Si la douleur est interprétée comme non menaçante, le patient reprendra rapidement ses activités quotidiennes (Vlayen et Linton, 2012). À l'inverse, une mauvaise interprétation de la douleur conduit généralement à une peur excessive de celle-ci qui s'étend progressivement à une peur des mouvements limitant ou supprimant toutes activités physiques (Crombez et coll., 2012 ; Vlayen et Linton, 2000). Cette peur phobique de la douleur entraîne progressivement les patients lombalgiques vers une kinésiophobie, définie par Kori et coll. (1990) comme « *une peur excessive, irrationnelle et débilitante du mouvement et de l'activité physique résultant d'un sentiment de vulnérabilité dû à une blessure douloureuse ou à une nouvelle blessure* ». Cette peur favorise également une vision pessimiste de la douleur et diminue le sentiment d'efficacité personnelle du sujet l'amenant progressivement dans un état d'anxiété et de dépression. De plus, comme l'ont démontré Sullivan et coll. (2004), lorsque la détresse des sujets se maintient dans le temps, les échanges sociaux tendent à se détériorer engendrant une rupture sociale.

Figure 2. Représentation graphique du « fear-avoidance model » (Vlaeyen et Linton, 2000)



Le « fear avoidance model » va ainsi sur le long terme engendrer une rupture avec le monde social (professionnel et loisirs) et l'installation d'un état dépressif rendant le sujet encore plus vulnérable à la douleur. Les conséquences de ce déconditionnement

psychologique vont en parallèle être responsables d'une diminution considérable de la condition physique du sujet induisant un déconditionnement physique (Verbunt et coll., 2010), ce que nous allons présenter ci-dessous.

2.2.2. Cercle de déconditionnement physique

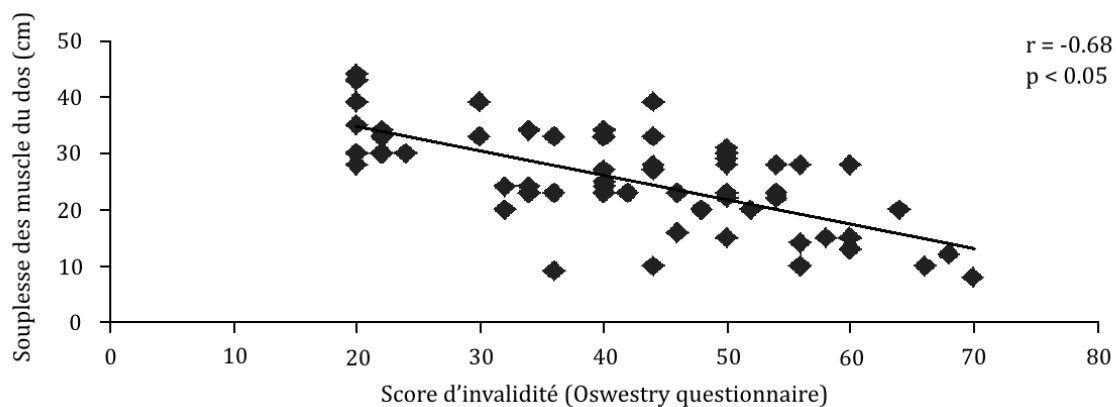
Dans les années 80, Mayer et coll., (1986) ont émis l'hypothèse d'un « syndrome de déconditionnement physique » impliquant des limitations de paramètres tels que l'amplitude des mouvements, la force et l'endurance musculaire, la capacité cardiorespiratoire, la tolérance à la position statique ainsi que la capacité dans le port de charge. Selon cette hypothèse, ce syndrome entraînerait un risque accru de développer une lombalgie chronique en amplifiant la douleur, la perte de capacité fonctionnelle et l'augmentation des incapacités (Verbunt et coll., 2010).

Les principales atteintes de ce syndrome de déconditionnement physique concernent la perte des capacités musculaires en force et en endurance. Plusieurs études observationnelles utilisant scanner ou imagerie par résonance magnétique ont suggéré que les sujets souffrant de lombalgie chronique peuvent présenter une sarcopénie et/ou une atrophie des muscles para-spinaux, du psoas iliaque, du carré des lombes, des muscles multifidus et des muscles rotateurs du tronc (Wan et coll., 2015 ; Kalichman et coll., 2017). Ces études ont également démontré la présence d'infiltration graisseuse dans les muscles para-spinaux ce qui rend leur fonctionnalité défailante induisant un déséquilibre agoniste/antagoniste entre les muscles fléchisseurs et les muscles extenseurs du tronc (Monga et Singh, 2013 ; Kuo et coll., 2020). Chez le sujet sain, les valeurs des muscles extenseurs du tronc sont supérieures à celles des muscles fléchisseurs aussi bien en force qu'en endurance (Danneskiold-Samsøe et coll., 2009 ; Ito et coll., 1996), alors que chez le sujet lombalgique, ces valeurs s'inversent (Ito et coll., 1996 ; Yahia et coll., 2011). L'évaluation isocinétique a ainsi démontré que la force musculaire des fléchisseurs de tronc diminuait de 20% chez le sujet lombalgique par rapport au sujet sain alors qu'en même temps la force des muscles extenseurs de tronc diminuait de 40%, modifiant significativement le ratio fléchisseurs-extenseurs du tronc (Kerkour et Meier, 1994). Chez des adultes sains non sportifs, le rapport entre la flexion et l'extension du tronc se situe généralement entre 0.7 et 0.9 alors que chez le sujet lombalgique, il se situe au-dessus de 1 (Mueller et coll., 2012 ; Gremion et coll., 1996). Ce constat est également présent lors de l'évaluation de l'endurance isométrique maximale

volontaire via des tests de terrain (Ito et coll., 1996 ; Biering-Sørensen, 1984). Verbunt et coll. (2003) précisent que chez les sujets lombalgiques, la faiblesse musculaire n'est pas seulement limitée aux muscles fléchisseurs et extenseurs du tronc mais elle est généralisée à l'ensemble de la musculature du corps et serait notamment due à une inactivité physique accrue incluant souvent un arrêt de travail. De plus, comme l'ont montré Anthierens et coll. (2016) et Olivier et coll. (2013), les sujets lombalgiques chroniques peuvent présenter une déficience de leur capacité à délivrer de l'oxygène aux cellules musculaires des muscles extenseurs du tronc associée à une diminution de l'apport du volume sanguin à ces muscles.

Autre conséquence de cette inactivité physique, l'apparition d'une raideur des muscles lombaires, qui accentuerait les incapacités fonctionnelles (Monga et Singh, 2013). Bibré et coll. (1997) expliquent que les sujets lombalgiques chroniques vont développer une rétractation des structures capsulo-ligamentaires intervertébrales engendrant des douleurs à l'étirement lors de la flexion du tronc. Monga et Singh (2013) ont mis en évidence qu'il existerait une corrélation négative entre le score d'incapacité fonctionnelle (Oswestry Disability Index ; Hudson-Cook et coll., 1989) et la souplesse des muscles extenseurs du tronc (Figure 3). Plusieurs études ont démontré également que les sujets lombalgiques avaient une souplesse des ischio-jambiers plus faible que les sujets sains (Mistry et coll., 2014 ; Bibré et coll. 1997). Selon Bibré et coll. (1997), les sujets souffrant de lombalgie chronique possèdent un déficit de 30% de la flexion de hanche et de 20% pour le lever de jambe tendue comparativement aux valeurs retrouvées dans une population saine. Ces auteurs expliquent que l'enraidissement progressif des ischio-jambiers serait la conséquence d'une sous-utilisation de la flexion du tronc engendrée par la peur de la douleur.

Figure 3. Corrélation entre invalidité et souplesse des muscles extenseurs du tronc chez les sujets lombalgiques chroniques (Monga et Singh, 2013)



Suite à ces différentes altérations, Monga et Singh (2013) ont démontré que la réduction de l'endurance, de la force et de la souplesse musculaire va impacter significativement les capacités fonctionnelles des patients souffrant de lombalgie chronique. Cette atteinte fonctionnelle concerne essentiellement le contrôle moteur. C'est ainsi que Lamoth et coll. (2006) ont mis en évidence que la coordination entre les mouvements du tronc et du bassin ainsi que l'activité musculaire associée, comme celle des muscles extenseurs du tronc, présentent une capacité réduite aux changements de vitesse lors de la marche. Ces auteurs concluent que l'incapacité des sujets souffrant de lombalgie chronique à pouvoir changer de vitesse peut réduire la stabilité de la marche. De ce fait, la vitesse de marche plus lente devient une adaptation fonctionnelle puisqu'elle permet aux sujets lombalgiques chroniques de faire face aux perturbations internes et externes (Lamoth et coll., 2006). D'autres études ont mis en avant que lors de la marche, chez le sujet lombalgique, il existe des stratégies de contrôle moteur compensatoires caractérisées par une raideur de la colonne vertébrale, une coordination des mouvements du tronc et du bassin qui est plus rigide et moins variable tout comme la coordination des mouvements du bassin avec la cuisse (Ebrahimi et coll., 2017 ; Lamoth et coll., 2006). Au-delà de la marche, la littérature a également mis en évidence des modifications dans le système de contrôle neuromusculaire en raison des effets de la douleur lors du port de charge. Ershad et coll. (2009) ont montré qu'un port de charge en position neutre ne provoque pas de différence significative dans l'activité musculaire entre les patients lombalgiques et les sujets sains. Toutefois, ces auteurs ont mis en avant que lors d'un port de charge lourd en position de flexion de tronc, les sujets lombalgiques présentaient un

niveau d'activation de l'oblique externe significativement plus élevé que des sujets sains. Cette différence d'adaptation peut s'expliquer par une altération du recrutement des fibres musculaires des muscles abdominaux chez les sujets lombalgiques.

Autre paramètre impacté par le déconditionnement physique, la diminution des capacités cardiorespiratoires qui sont plus largement discutées dans la littérature. Certains auteurs ont montré que les patients lombalgiques avaient une capacité cardiorespiratoire plus faible que la population saine (Davis et coll., 1992 ; Nielens et Plaghki, 2001), mais cette relation n'a jamais été prouvée. En effet, Smeet et coll. (2006) ont mis en avant que les travaux sur le déconditionnement cardiorespiratoire portaient uniquement sur des données transversales et ne fournissaient alors aucune preuve objective démontrant que les sujets souffrant de lombalgie chronique développent un déconditionnement cardiorespiratoire après l'apparition de la lombalgie chronique. Dans leur étude portant sur 70 sujets lombalgiques chroniques, Duque et coll. (2009) ont mis en avant que les sujets lombalgiques chroniques possédaient une VO_{2max} similaire aux sujets sains ayant un faible niveau d'activité physique (Figures 4 et 5). Ainsi, le niveau faible de VO_{2max} des sujets lombalgiques chroniques serait dû à une diminution de l'activité physique ou de l'arrêt du travail plutôt qu'à un symptôme direct de la lombalgie chronique.

Figure 4. Comparaison des valeurs de VO_{2max} entre les sujets lombalgiques chroniques masculins et les données normatives des sujets sains masculins (Duque et coll. 2009)

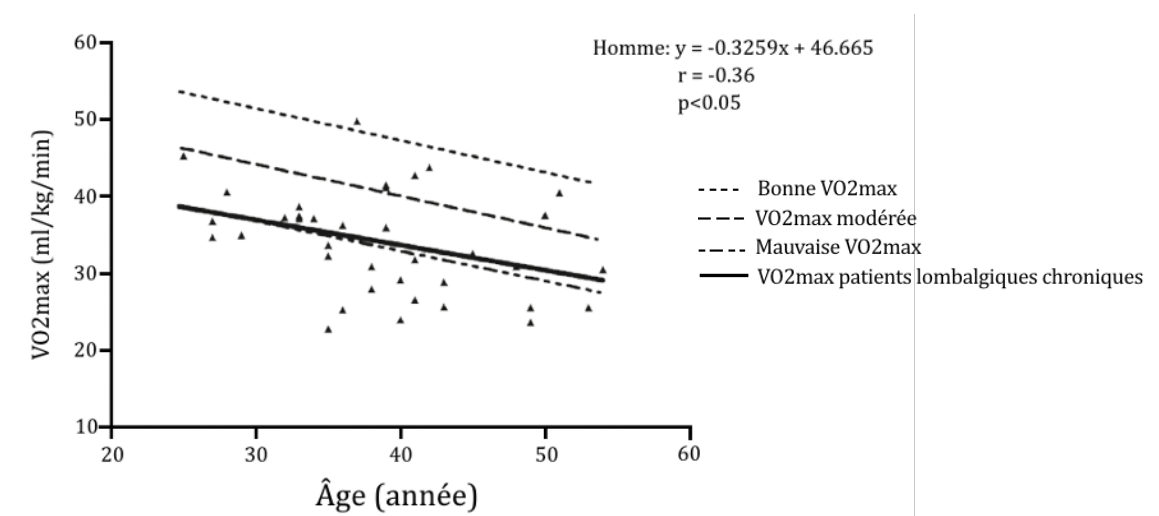
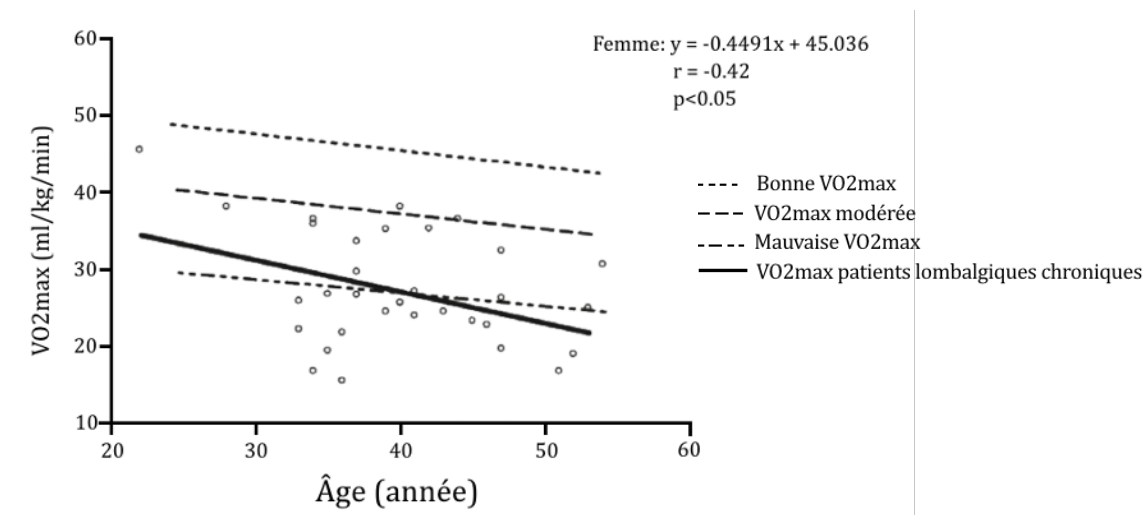


Figure 5. Comparaison des valeurs de VO_{2max} entre les sujets lombalgiques chroniques féminins et les données normatives des sujets sains féminins (Duque et coll. 2009)



S'il existe de nombreuses preuves allant dans le sens d'un déconditionnement physique lié à la lombalgie, celui-ci est régulièrement remis en question dans la littérature car manquant de fondement scientifique (Verbunt et coll., 2012). Une des hypothèses souvent retrouvée est que la présence d'une lombalgie chronique amène les patients à éviter les activités quotidiennes, ce qui peut entraîner un déconditionnement physique (Smeets et coll., 2006). Cependant, rien ne prouve que ces patients aient un niveau d'activité physique inférieur ou un temps de sédentarité supérieur à ceux des individus en bonne santé (Tagliaferri et coll., 2020 ; Duque et coll., 2009 ; Bousema et coll., 2007). Ainsi, les sujets lombalgiques chroniques possèdent les caractéristiques d'un déconditionnement physique mais ce déconditionnement n'est pas nécessairement la cause de la lombalgie chronique mais serait plutôt la conséquence d'une limitation des activités physiques suite à l'apparition des douleurs.

Il est toutefois nécessaire de prendre en compte l'ensemble des paramètres psychologiques et physiques lors de la mise en place d'un programme de prise en charge afin de proposer un programme individualisé aux besoins et aux déficits des sujets lombalgiques chroniques.

3. Programme de prise en charge de la lombalgie chronique

Afin de répondre au caractère multidimensionnel de la lombalgie chronique, de nombreuses formes de prise en charge ont vu le jour au cours des dernières décennies.

Les derniers guides cliniques pour la lombalgie non-spécifique¹, présentés par Malfliet et coll. (2019) et Meroni et coll. (2019), classent les thérapies en deux grandes catégories : les thérapies dites « physiquement passives » et les thérapies dites « physiquement actives ». Les thérapies passives regroupent tous les traitements pharmacologiques, les pratiques de physiothérapie (massage, chaleur, électrodes, stimulation transcutanée des nerfs, etc.), l'ostéopathie ainsi que les divers programmes d'éducation thérapeutique. Les thérapies actives regroupent notamment : 1/les prises en charge pluridisciplinaire qui regroupent plusieurs professionnels de diverses disciplines en vue de couvrir les différents champs responsables de la lombalgie chronique : kinésithérapie, ergothérapie, activité physique adaptée, psychologue, etc. (Mitchell et coll., 2008) ; 2/ les prises en charge en activité physique comprenant des pratiques physiques diverses et variées telles que du renforcement musculaire (ex : pilates, yoga, machines de musculation, élastiques, etc.), des exercices d'assouplissements (ex : stretching, etc.) ou encore le développement de la capacité aérobie (ex : cyclisme, marche, etc.) ; 3/ La prise en charge en kinésithérapie. Les auteurs de ces deux guides cliniques concluent que les thérapies physiquement passives ne devraient pas être envisagées pour la prise en charge de la lombalgie chronique, à l'exception des programmes d'éducation thérapeutique, qui doivent être complétés par une prise en charge active.

Dans le prochain paragraphe, nous allons aborder les effets de la prise en charge en activité physique et de la prise en charge pluridisciplinaire sur la lombalgie chronique. C'est deux programmes ont été développés au cours de cette thèse.

3.1. Activité physique et lombalgie chronique

3.1.1. Impact des interventions d'exercices de renforcement musculaire sur la lombalgie chronique

3.1.1.1. Exercices de renforcement musculaire, douleur et paramètres psychologiques

Il existe peu de programmes de renforcement musculaire démontrant un effet sur les paramètres psychologiques liés à la douleur. En effet, ces programmes de renforcement musculaire sont généralement associés à d'autres programmes tels que les programmes

¹ Sur la période 2010-2020, 98 articles faisant référence à « *Clinical practice guidelines chronic low back pain management* » sont répertoriés sur PubMed.

aérobies. Cependant, certaines études comme celles de Cruz-Diaz et coll. (2018) ou Da Luz et coll. (2006) ont mis en avant un effet significatif d'un programme de Pilates sur la diminution de la douleur et sur l'amélioration du handicap et de la kinésiophobie.

3.1.1.2. Exercices de renforcement musculaire et fonction musculaire

De nombreux programmes d'exercices de renforcement musculaire et de stabilisation ont été développés pour les sujets souffrant de lombalgie chronique allant des programmes de renforcement musculaire spécifique du tronc (Moon et coll., 2013), aux programmes « *Core Strength Training* » (Chang et coll., 2015) en passant par des programmes Pilates (Lin et coll., 2016) ou Yoga (Chang et coll., 2016). Tous ces programmes ont pour objectif de renforcer la fonction musculaire soit sur un groupe musculaire précis ou bien sur un ensemble de groupes musculaires afin de corriger les déséquilibres musculaires et favoriser la stabilité lombaire. Dans leur étude, Cho et coll. (2014) ont mis en évidence qu'un programme « *Core strength training* » axé sur la respiration abdominale et la stabilisation lombaire grâce à un contrôle de la tension de l'articulation lombo-pelviennehanche permet une amélioration de l'amplitude des mouvements chez le sujet souffrant de lombalgie chronique. Ceci est notamment possible par le travail de renforcement musculaire du muscle transverse qui permet d'améliorer la stabilisation lombaire (Kim et Lee, 2013). L'amélioration de la fonction musculaire peut provenir d'une amélioration de la capacité à délivrer de l'oxygène aux cellules musculaires, notamment au niveau des muscles extenseurs du tronc, associée à une augmentation de l'apport du volume sanguin à ces muscles (Oliver et coll., 2013). Cependant, l'étude de Olivier et coll. (2013) ne reposait pas uniquement sur un protocole de renforcement musculaire. De ce fait, ces améliorations peuvent provenir d'autres types d'exercices (endurance aérobie, travail de souplesse) ou du cumul des trois activités.

3.1.1.3. Exercices de renforcement musculaire et fonction cardiorespiratoire

L'amélioration de la fonction cardiorespiratoire est peu analysée dans la littérature. Datta et coll. (2014) ont montré qu'un programme quotidien « *Core strength training* », axé sur le renforcement du tronc, améliorait la VO_{2max} des sujets lombalgiques. Pour autant, ce lien entre renforcement musculaire et amélioration de la VO_{2max} n'est pas établi dans la littérature. En effet, Hiatt et coll. (1994) et Bell et coll. (2000) ont analysé un programme

de 3 séances d'une heure de musculation sur 12 semaines et ont conclu que le renforcement musculaire n'améliorait pas la consommation maximale d'oxygène.

3.1.1.4. Conclusion

Les programmes de renforcement musculaire semblent être efficaces dans l'amélioration de la fonction musculaire ainsi que sur la stabilité lombaire. Cependant, l'efficacité de ces programmes nécessite d'être davantage approfondie quant à l'amélioration des paramètres psychologiques liés à la lombalgie ou à l'amélioration de la fonction cardiorespiratoire.

3.1.2. Impact des interventions d'exercices aérobies sur la lombalgie chronique

3.1.2.1. Exercices aérobies, douleur et paramètres psychologiques

Il est clairement admis dans la littérature que les exercices aérobies, et notamment ceux à haute intensité, permettent de diminuer significativement l'intensité de la douleur et améliorer les fonctions psychologiques des patients souffrant de lombalgie chronique (Meng et Yue, 2015 ; Chatzitheodorou et coll., 2007 ; Murtezani et coll., 2011). Par haute intensité, la littérature situe le travail aérobie entre 60 et 85% de la fréquence cardiaque de réserve. Bruehl et coll. (2020) ont démontré que l'entraînement aérobie permettait de réduire significativement la douleur des patients lombalgiques chroniques, grâce en partie à l'augmentation des opioïdes endogènes analgésiques. Chatzitheodorou et coll. (2007) ont quant à eux réfuté leur hypothèse qui supposait que la diminution de la douleur par l'exercice aérobie était due à une modification des concentrations de cortisol sérique chez le sujet lombalgique.

Concernant les bénéfices d'un programme aérobie sur les paramètres psychologiques chez les sujets lombalgiques chroniques, Hurwitz et coll. (2005) ont mis en évidence que les niveaux de bêta-endorphine étaient plus faibles chez les hommes physiquement actifs que chez les hommes sédentaires. Or, des niveaux élevés de bêta-endorphine au repos sont associés à la dépression et de ce fait, l'activité aérobie peut diminuer ce taux et ainsi améliorer l'état dépressif des sujets lombalgiques (Hurwitz et coll. 2005). Sharifi et coll. (2018) expliquent que la pratique d'une activité aérobie permet d'augmenter également les taux de sérotonine conduisant à un sentiment d'euphorie et de bonheur. Ainsi, l'entraînement aérobie par une modification de certains taux hormonaux peut permettre

la diminution de la douleur ainsi que l'amélioration de traits psychologiques liés à la lombalgie chronique.

3.1.2.2. Exercices aérobies et fonction musculaire

Comme nous l'avons mis en évidence dans le paragraphe 2.2.2, la fonction musculaire est altérée chez les sujets souffrant de lombalgie chronique. Cependant, cette altération n'est pas définitive et peut être améliorée par la pratique d'une activité physique régulière. En effet, toutes les formes d'activités physiques sollicitent directement ou indirectement les muscles du tronc et notamment les muscles de la chaîne postérieure qui sont fortement déficitaires chez les sujets lombalgiques. Il existe peu d'études dans la littérature analysant la fonction musculaire suite à un programme aérobique seul. Shnayderman et Katz-Leurer (2013) ont analysé dans une population lombalgique l'effet d'un programme aérobique de marche sur la fonction musculaire comparativement à un programme de renforcement musculaire. Ces auteurs ont conclu que ces deux programmes amélioraient significativement l'endurance musculaire des muscles abdominaux et lombaires, sans différence entre les deux groupes. Cependant, ces auteurs n'expliquent pas pourquoi un programme de marche permet d'améliorer l'endurance musculaire des muscles abdominaux et lombaires. Pour autant, plusieurs études ont mis en évidence que l'exercice aérobique sur vélo ou lors de la marche sollicite directement ou indirectement les muscles abdominaux et lombaires, ce qui peut expliquer l'amélioration des paramètres d'endurance (Ansari et coll., 2018 ; Srinivasan et Balasubramanian, 2007). Yozbatiran et coll. (2004) ont montré qu'un programme aérobique de fitness et d'aqua-fitness permettait également une amélioration de la mobilité spinale après l'entraînement.

3.1.2.3. Exercices aérobies et fonction cardiorespiratoire

Comme nous venons de le voir, la littérature a démontré qu'un entraînement de type aérobique permettait de diminuer la douleur, améliorer les paramètres musculaires et psychologiques. Cependant, Kanitz et coll. (2019) ont mis en avant que ces améliorations ne sont pas nécessairement liées à une augmentation de la capacité physique puisque dans leur étude, ces auteurs ont mis en évidence qu'un programme d'entraînement aérobique de 2 séances par semaine pendant 12 semaines n'améliorait pas la VO_{2peak} dans la population lombalgique. Toutefois, plusieurs études ont montré une amélioration de la VO_{2peak} ou VO_{2max} après un programme aérobique de 3 séances par semaine pendant 8 semaines (Baena-Baeto et coll., 2013 ; Chan et coll., 2011). Ainsi, pour observer une

amélioration des capacités aérobies des sujets lombalgiques, il est nécessaire de réaliser un programme aérobie d'une durée d'au moins trois séances par semaine pour observer une amélioration de la VO_{2max} .

3.1.2.4. Conclusion

Les programmes aérobies semblent être un choix pertinent dans la prise en charge de la lombalgie chronique du fait de leurs impacts sur la douleur, les paramètres musculaires, psychologiques et cardiorespiratoires.

3.1.3. Impact des programmes de souplesse sur la lombalgie chronique

L'instabilité lombaire des sujets lombalgiques va entraîner une perte de souplesse qui se situerait notamment au niveau des muscles ischio-jambiers (Mistry et coll., 2014). Toutefois, la raideur des ischio-jambiers n'a pas d'influence sur le mouvement pelvien lors de la flexion du tronc chez les sujets lombalgiques (Reis et Macedo, 2015 ; Fasuyi et coll., 2016). Ainsi, comme l'ont démontré Massé-Alarie et coll. (2016), le manque de souplesse en flexion du tronc s'expliquerait essentiellement par la peur du mouvement associée à une sur-activation des muscles para-vertébraux et en particulier lorsque le tronc est proche de la flexion complète.

Partant de ce constat, peu de programmes axés sur la souplesse ont été développés pour les sujets lombalgiques chroniques². Sherman et coll. (2011) ont déterminé les bénéfices du stretching dans la population souffrant de lombalgie chronique au travers de trois programmes de prise en charge à savoir un programme de Yoga incluant des postures d'étirement, un programme de stretching et un programme d'auto prise en charge via un livre. Les auteurs ont conclu que le travail d'étirement que ce soit par le programme de stretching ou de Yoga présente des avantages modérés chez les sujets lombalgiques chroniques concernant l'incapacité et la gêne liées à la pathologie. Dans leur étude, Chan et coll. (2019) ont comparé une prise en charge « *Core training stability* » à une prise en charge en stretching dynamique et ils ont mis en évidence que les deux prises en charge

² Sur la période 2000-2021, 14 articles faisant référence à « *stretching program CLBP* » sont répertoriés sur PubMed et parmi les articles, seuls 2 articles portent sur des programmes de stretching. Les autres faisant référence à des programmes d'activité physique incluant des exercices d'étirement.

permettent d'améliorer l'amplitude des mouvements thoraco-lombaires ainsi que le niveau de la douleur et l'incapacité fonctionnelle. Cependant, França et coll. (2012) ont montré que les programmes de stretching n'améliorent pas l'activation du muscle transverse contrairement à la prise en charge « *Core training stability* ». Pour finir, Keane (2016) a montré qu'un programme d'aqua-stretching améliore significativement la kinésiophobie des sujets souffrant de lombalgie chronique.

Ainsi, un programme de stretching semble apporter des avantages modérés dans la prise en charge de la lombalgie. Toutefois, comme le souligne Gordon et Bloxham (2016), il est important d'inclure des exercices de souplesse dans les programmes de prise en charge de la lombalgie afin d'améliorer la souplesse lombaire et faciliter la mobilité.

3.1.4. Conclusion

Ainsi, comme nous venons de le voir, les programmes d'activité physique, qu'ils soient composés d'exercices aérobies, d'exercices de renforcement musculaire ou encore d'exercices d'étirement, sont bénéfiques pour la lombalgie chronique non-spécifique (Gordon et Bloxham, 2016). Cependant, il est difficile de déterminer si un programme d'activité physique est plus efficace qu'un autre du fait de la variabilité de l'efficacité clinique des programmes d'activité physique pouvant être associée à plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, on retrouve la grande variété des interventions d'exercices disponibles, l'utilisation de programmes supervisés ou non, l'adhésion du patient aux programmes d'exercices et les caractéristiques hétérogènes de patients souffrant de lombalgie chronique. C'est pourquoi, du fait de l'hétérogénéité des besoins des sujets lombalgiques chroniques, Gordon et Bloxham (2016) recommandent de combiner les différents types d'entraînements en activité physique afin de ne pas se limiter à un seul domaine de la condition physique. Ces programmes combinés en activité physique sont généralement développés dans les programmes de prise en charge pluridisciplinaire où la pratique de l'activité physique a une place centrale.

3.2. Prise en charge pluridisciplinaire

3.2.1. Concept

La prise en charge pluridisciplinaire se définit comme étant une prise en charge regroupant au moins deux professionnels de disciplines différentes en vue de répondre autant que possible aux besoins du patient (Mitchell et coll., 2008). Elle peut être assurée par un éventail de professionnels fonctionnant en équipe au sein d'une même

organisation (ex. : un centre de réadaptation fonctionnelle), ou par des professionnels venant d'institutions différentes, y compris d'un cabinet privé, réunis au sein d'une même équipe. À mesure que l'état du patient évolue, la composition de l'équipe peut changer pour refléter l'évolution des besoins cliniques et psychosociaux de celui-ci.

Comme l'expliquent Guzman et coll. (2001), les programmes pluridisciplinaires pour la lombalgie chronique sont pluriels, pouvant varier d'un protocole à un autre et d'une structure à une autre. Ainsi, on retrouve des programmes allant d'une durée inférieure à 30 heures à une durée supérieure à 100 heures et se déroulant sur 3 à 6 semaines voire plus (Guzman et coll., 2001). Néanmoins, malgré ces différences, les objectifs de ces prises en charge quel que soit le programme restent les mêmes à savoir restaurer les capacités fonctionnelles et psychosociales pour favoriser le retour au travail des patients lombalgiques chroniques (Gatchel et Mayer, 2008).

3.2.2. Bénéfice de la prise en charge pluridisciplinaire

3.2.2.1. Prise en charge pluridisciplinaire versus liste d'attente

Pour comparer l'efficacité de la prise en charge pluridisciplinaires, toutes les études utilisant des patients inscrits sur une liste d'attente comme groupe témoin (patients ne bénéficiant pas de prise en charge) s'accordent à dire qu'elle est plus efficace dans le traitement de la lombalgie chronique. Dans l'étude de Spinhoven et coll. (2004), les sujets du groupe « liste d'attente » ne se sont pas améliorés alors que le groupe ayant bénéficié de la prise en charge pluridisciplinaire présentaient un niveau de dépression et de catastrophisme significativement plus faible à la fin du traitement. De plus, les patients se sont améliorés en ce qui concerne la gestion de la douleur et la tolérance à la pratique d'une activité physique 12 mois après les soins (Spinhoven et coll., 2004 ; Smeets et coll., 2006 ; Van Middelkoop et coll., 2011).

3.2.2.2. Prise en charge pluridisciplinaire versus prise en charge « traditionnelle »

Les soins « traditionnels » ou de « routine » renvoient aux patients qui ont bénéficié d'une prise en charge à la discrétion et selon les directives de leur prestataire de soins souvent des médecins ou des kinésithérapeutes (Kamper et coll., 2015 ; Lang et coll., 2003). Ainsi, le traitement « traditionnel » varie d'une étude à l'autre mais également en fonction du lieu où l'étude s'est déroulée (Kamper et coll., 2015). De ce fait, il est compliqué de mettre

en avant les bénéfices de la prise en charge pluridisciplinaire comparativement à celle de la prise en charge « traditionnelle » tant il y a de possibilités de programmes dans cette dernière. A titre d'exemple, dans l'étude de Lang et coll. (2003), la prise en charge « traditionnelle » (s'appuyant sur 35 médecins indépendants : 17 orthopédistes, 10 médecins généralistes, 5 neurologues, 1 neurochirurgien, 1 interne, 1 gynécologue) était composée de traitements médicamenteux, de conversations sur les problèmes somatiques et psychosociaux liés à la douleur, d'injections de corticoïdes, etc.

Quoi qu'il en soit, les revues de littérature de Van Middelkoop et coll. (2011), et Kamper et coll. (2015), ainsi que l'étude de Roche-Leboucher (2011), concluent que le traitement multidisciplinaire s'est avéré plus efficace pour réduire l'intensité de la douleur comparativement aux soins « traditionnels », et que les arrêts de maladies ont été réduits lors du suivi à court et à long terme. Kamper et coll. (2015) complètent ces résultats en démontrant une réduction de l'invalidité et précisant les niveaux de preuve des résultats. Les auteurs précisent ainsi que pour la douleur, le niveau de preuve était de faible qualité à court et moyen terme et modéré pour l'effet à long terme, alors que pour l'invalidité, le niveau de preuve était modéré pour chaque phase de suivi à savoir 3, 6 mois et 1 an. Pour finir, Monticone et coll. (2015) ont mis en évidence qu'un programme pluridisciplinaire permettait de diminuer significativement l'incapacité, la kinésiophobie, le sentiment d'impuissance face à la lombalgie, tout en améliorant la qualité de vie des sujets souffrant de lombalgie chronique à court terme.

3.2.2.3. Prise en charge pluridisciplinaire versus prise en charge en activité physique

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 2.2, la prise en charge en activité physique se compose généralement de séances aérobies, de renforcement musculaire et/ou de séances de stretching. C'est ainsi qu'un programme d'activité physique présentait des résultats moindres sur les paramètres physiques des patients (endurance musculaire, souplesse), psychologiques (scores d'anxiété/dépression) et sociaux (questionnaire de Dallas) par rapport à une prise en charge pluridisciplinaire (Roche et coll. 2007). Ce constat est généralement retrouvé pour chaque variable fonctionnelle (Davin et coll., 2019 ; Bendix et coll., 2000) mais reste discuté pour les paramètres psychologiques (Kamper et coll., 2015). D'autres études comme celle de Roche-Leboucher et coll. (2011) et de Jousset et coll. (2004) ont montré également que la prise en charge pluridisciplinaire

engendrait un meilleur taux de retour au travail que la prise en charge en activité physique. Les patients ont ainsi deux fois plus de chances d'avoir repris le travail à six ou douze mois après la prise en charge pluridisciplinaire comparativement à une prise en charge purement physique.

3.2.3. Conclusion

La prise en charge pluridisciplinaire semble être la prise en charge la plus adaptée pour répondre aux objectifs thérapeutiques de la lombalgie chronique à savoir favoriser le retour au travail et améliorer les capacités fonctionnelles et psychosociales du patient. Cependant, du fait des ressources très importantes allouées pour ce genre de prise en charge, et surtout principalement développée au sein des centres de réadaptation fonctionnelle, elle est seulement recommandée en deuxième intention dans le cadre de la lombalgie chronique (Foster et coll., 2018). De ce fait, elle est recommandée aux patients lombalgiques chroniques en impasse thérapeutique, lourdement déconditionnés, associée à une exclusion sociale et/ ou professionnelle (Kamper et coll. 2015). Cependant, la majorité des sujets souffrant de lombalgie chronique ne sont pas dans une exclusion sociale et/ou professionnelle. Il serait donc intéressant de mesurer l'impact d'un programme d'activité physique sur l'évolution des capacités fonctionnelles et psychosociales, dans une population de lombalgiques chroniques toujours en activité professionnelle. En effet, les programmes d'activité physique pourraient être une solution envisageable pour que les sujets lombalgiques chroniques en activité professionnelle maintiennent leur emploi durant et après la prise en charge.

De plus, force est de constater que l'adhérence des patients aux programmes pluridisciplinaires soulève des questions concernant la réelle efficacité de ces programmes sur le long terme. En effet, le nombre de personnes participant aux évaluations de suivi à court (3 mois), moyen (6 mois), et long terme (1 an) n'excède pas 30 à 65% dans la littérature (Ibrahim et coll., 2019 ; Wippert et coll., 2020 ; Caby et coll., 2016 ; Cherkin et coll., 2016 ; O'Keeffe et coll., 2020).

Synthèse chapitre 1

Ce premier chapitre pose les bases théoriques de notre travail de thèse. Ainsi, comme nous l'avons détaillé, la lombalgie chronique est une pathologie plurielle et multifactorielle entraînant un impact économique important. De ce fait, la prise en charge de cette pathologie relève d'un enjeu majeur de santé publique.

De nombreuses prises en charge se sont développées aux cours des dernières décennies et la prise en charge pluridisciplinaire semble être la plus adaptée pour répondre aux objectifs thérapeutiques de la lombalgie chronique à savoir favoriser le retour au travail et améliorer les capacités fonctionnelles, physiques et psychosociales des sujets. Cependant, du fait de la durée de ces prises en charge, elles ne sont pas recommandées pour tous les patients souffrant de lombalgie chronique. De ce fait, la prise en charge en activité physique pourrait être une solution alternative pour répondre aux objectifs thérapeutiques de la lombalgie chronique. Toutefois, sans un maintien d'une activité physique régulière, les bénéfices de ces programmes ne perdurent pas dans le temps entraînant généralement des rechutes de la douleur. Il est donc nécessaire d'accompagner les patients vers un changement de comportement pour favoriser leurs adhésions à la pratique d'une activité physique.

Chapitre 2 : Observance thérapeutique et lombalgie chronique

Sujet récent de la littérature scientifique, l'observance et la non-observance thérapeutique ne sont pourtant pas un phénomène nouveau. Déjà, quelques centaines d'années avant Jésus-Christ, Hippocrate soulignait que « *Les médecins devraient savoir que les patients mentent fréquemment lorsqu'ils disent avoir pris les médicaments prescrits* » (Hippocrate, De la Bienséance, 14). Ainsi, ce manque d'observance va avoir un impact conséquent sur les bénéfices d'un traitement/prise en charge surtout si les traitements sont à prendre à long terme.

Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de déterminer ce que l'on entend par observance thérapeutique. En effet, il existe une confusion entre les notions de compliance, d'observance ou d'adhésion thérapeutique souvent utilisées à tort de manière synonyme (Lamouroux et coll., 2005).

1. Compliance, observance ou adhésion thérapeutique

1.1. Définition

La compliance et l'observance thérapeutique sont généralement utilisées pour désigner la même chose, car l'observance est la traduction du mot anglais *compliance*. Pour autant, il existe une différence notable dans l'utilisation de ces deux termes dans la littérature scientifique.

1.1.1. Compliance

La compliance désigne le comportement du patient qui consiste à suivre parfaitement les recommandations médicales (Lamouroux et coll., 2005). Étymologiquement parlant, le terme compliance fait référence à des notions de soumission et d'obéissance. Bouteyre et Loue (2012) définissent la notion de compliance comme la soumission d'un patient à l'ordonnance médicale. Ainsi, cette notion reflète un côté péjoratif car elle classe le patient en « *bon patient* » ou « *mauvais patient* » en fonction du suivi de la prescription et aucune souplesse n'est envisagée entre la prescription et le comportement du patient (Lamouroux et coll., 2005). En suivant cette définition, si un patient ne suit pas à la lettre la prescription, il sera considéré comme non-observant. Par exemple, dans le cadre de la lombalgie chronique, si le médecin prescrit au patient 150 minutes d'activité physique

par semaine et que le patient n'en fait que 100 minutes, il ne sera pas considéré comme observant. De ce fait, la compliance ne fait en aucun cas appel au libre arbitre du patient.

1.1.2. Observance thérapeutique

Selon l'Organisation Mondiale de la santé, l'observance thérapeutique se définit comme « *la mesure avec laquelle les comportements d'une personne devant prendre un médicament, suivre un régime alimentaire et/ou changer de mode de vie, correspondent aux recommandations convenues avec un professionnel de santé* » (WHO, 2003). Toutefois, cette notion d'observance fait intervenir des notions de degrés ce qui nuance un peu le comportement du patient face aux recommandations/à la prescription. Lamouroux et coll. (2005) précisent que l'observance est un phénomène mesurable sur un continuum dont la pratique des patients oscille entre observance et inobservance. Ainsi, l'observance thérapeutique va prendre en compte davantage les événements de la vie d'un patient qui, pour reprendre l'exemple ci-dessus, peut pratiquer régulièrement les 150 minutes d'activité physique, puis arrêter de pratiquer durant un temps (mauvais temps, perte de motivation, etc.), puis reprendre à nouveau, etc. Malgré les phases d'inobservance, le patient ne sera pas considéré nécessairement comme non-observant.

1.1.3. Adhésion thérapeutique

Selon Vrijens et coll. (2012), l'adhésion thérapeutique se décline en deux dimensions :

- *La persistance* : durée selon laquelle le patient continue à prendre son traitement ;
- *L'implémentation* : comment le patient « *persistant* » gère-t-il son traitement jour après jour ?

Ainsi, l'adhésion thérapeutique se place au niveau du patient et fait référence à des processus intrinsèques tels que les attitudes et la motivation des patients à suivre leurs traitements.

Dans le cadre de cette thèse, nous parlerons d'observance thérapeutique lorsque l'on mesurera la pratique de l'activité physique post-prise en charge, et nous parlerons d'adhésion lorsque l'on s'intéressera aux facteurs influençant la pratique de l'activité physique.

1.2. Facteurs influençant l'observance thérapeutique

Selon le rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2003), seuls 50% des patients souffrant de maladies chroniques sont observants. Ainsi, afin d'améliorer

l'observance, il est nécessaire d'optimiser l'adhésion des patients en prenant en compte leurs facteurs intrinsèques. La théorie sociocognitive (Redding et coll., 2000 ; Bandura, 1999) est la théorie la plus complète pour expliquer les facteurs influençant l'adhésion des patients. Cette théorie classe ces facteurs en 5 grandes thématiques (Munro et coll., 2007) :

- **Connaissance des risques de la pathologie sur la santé** : Pour qu'un patient adhère à un programme de soins, il est nécessaire qu'il ait des connaissances concernant sa pathologie et les facteurs de risques. Il est donc important que le patient reçoive les informations qui lui sont nécessaires pour adhérer à sa thérapeutique.
- **Avantages perçus du changement de comportement** : les bénéfices du traitement vont également influencer l'adhésion des sujets aux traitements. Si le patient ressent un bénéfice au traitement, il va plus facilement poursuivre son traitement que s'il n'en tire aucun bénéfice.
- **Self-efficacy** : développé par Bandura (1977), ce concept de « *self-efficacy* » questionne le patient sur ses capacités à s'engager dans une démarche thérapeutique. Le « *self-efficacy* » permet d'évaluer les possibilités du patient à s'adapter ou non aux recommandations.
- **Attentes du patient quant au traitement** : Les attentes du patient vis à vis des programmes de soins peuvent différer de celles des thérapeutes. Là où les patients peuvent attendre une diminution des douleurs, les thérapeutes peuvent avoir comme objectifs de restaurer les capacités physiques et fonctionnelles des sujets. Ainsi, ces divergences peuvent entraîner une diminution de la motivation des sujets vis à vis de la thérapeutique.
- **Facilitateurs et barrières** : il existe de nombreux facilitateurs (*ex : la supervision des programmes d'activité physique, les séances d'activité physique en groupe*) et barrières (*ex : la kinésiophobie, le manque de temps*) à la poursuite de la thérapeutique. Toutefois, bien que certains soient bien connus, ils vont dépendre de l'expérience des patients et du stade de changement de comportement (Prochaska et DiClemente, 1983). Il est important que le thérapeute puisse identifier ces facilitateurs et barrières pour accompagner au mieux le patient dans sa prise en charge.

Dans leur revue de la littérature, Jin et coll. (2008) vont plus loin en listant l'ensemble des facteurs pouvant influencer positivement ou négativement l'observance (Tableau 2). Comme le montrent ces auteurs (Jin et coll., 2008 ; Munro et coll., 2007), l'adhésion thérapeutique est quelque chose de pluriel, dépendant d'un grand nombre de facteurs intra- et interpersonnels et psychologiques. Du fait de l'impact économique important qu'engendre la non-observance (Cutler et coll., 2018), il est primordial de trouver des solutions pour l'améliorer dans les populations souffrant de pathologies chroniques et notamment la lombalgie chronique.

Tableau 2 : Catégories de facteurs intrinsèques influençant l'observance thérapeutique (Jin et coll., 2008)

Catégories	Facteurs
Facteurs intra- et interpersonnels	Facteurs démographiques : <i>âge, origine ethnique, sexe, éducation, état matrimonial</i> Facteurs psychologiques : <i>croyances, motivation, attitude</i> Relation patient-prescripteur Connaissance du patient concernant sa pathologie et son traitement Difficultés physiques Consommation alcool, tabac, etc. Expérience du sujet concernant sa pathologie
Facteurs sociaux et économiques	Incapacité à s'absenter du travail Coût du traitement Aide sociale

Il n'existe pas de solution simple au problème d'observance et d'adhésion thérapeutique, ni au changement de comportement. Il existe de nombreuses théories concernant le changement de comportement, comme la théorie sociocognitive décrite ci-dessus, mais il est nécessaire de les approfondir et de les individualiser à la pathologie et au patient.

Ainsi, si nous voulons améliorer l'observance et l'adhésion des sujets lombalgiques à la prise en charge, il est nécessaire préalablement de déterminer quels sont les facilitateurs et les barrières aux programmes thérapeutiques.

1.3. Observance thérapeutique dans la population lombalgique

1.3.1. Observance aux programmes pluridisciplinaires

Dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire, l'observance et l'adhésion des sujets sont primordiales pour obtenir les meilleurs résultats. L'observance du programme pluridisciplinaire englobe la prise en charge à proprement parler ainsi que les suivis longitudinaux à 3 mois, 6 mois et 1 an. Bien que généralement le taux d'abandon au cours d'une prise en charge pluridisciplinaire soit faible, celui de l'observance aux suivis longitudinaux n'excède pas 30 à 65% (Ibrahim et coll., 2019 ; Wippert et coll., 2020 ; Caby et coll., 2016 ; Cherkin et coll., 2016 ; O'Keeffe et coll., 2020). Cependant, ces études n'expliquent pas les raisons de la non-observance aux programmes pluridisciplinaires et plus particulièrement aux suivis longitudinaux. Or, il est nécessaire d'améliorer cette observance afin d'évaluer la réelle efficacité des programmes pluridisciplinaires. En effet, comme le précisent Bendix et coll. (1998), ce taux de non-observance aux évaluations longitudinales fausse les résultats car les études déterminent l'efficacité de leurs programmes à partir du groupe de patients ayant terminé le programme pluridisciplinaire (prise en charge + suivi longitudinal). De plus, ces auteurs précisent que la majorité des sujets lombalgiques qui participent aux évaluations longitudinales sont ceux qui ont le mieux répondu au traitement (Bendix et coll., 1998). Il est donc nécessaire d'identifier le plus tôt possible les patients lombalgiques à risque de non-observance afin de les orienter, guider, conseiller au cours de la prise en charge voire même leur proposer une prise en charge moins intensive.

Il est donc important de déterminer les facteurs de risque de non-adhésion aux programmes pluridisciplinaires pour mettre en évidence les patients à risque de non-observance. Cela permettrait d'améliorer le parcours de soins en proposant une prise en charge plus adaptée aux besoins du patient.

1.3.2. Observance en activité physique

L'observance et/ou la non-observance en activité physique, après un programme de réhabilitation, sont plus largement décrites dans la littérature. De ce fait, de nombreuses raisons sont évoquées pour expliquer l'observance et la non-observance à l'activité physique. Selon Demoulin et coll. (2010), les raisons invoquées par les patients étaient des problèmes logistiques, une exacerbation ou un soulagement marqué de la douleur et une motivation insuffisante pour la pratique de l'activité physique. D'autres études

précisent que les personnes qui n'ont pas maintenu la pratique d'une activité physique post prise en charge présentaient des niveaux de douleur et d'incapacité significativement plus élevés à la fin de la prise en charge comparativement à ceux ayant maintenu l'activité physique (Geisser et coll., 2005 ; Bendix et coll., 1998). De plus, les patients non-observants étaient plus susceptibles de recevoir une aide financière, avaient un plus grand nombre de jours d'absence pour maladie, étaient moins susceptibles de travailler ou de chercher du travail et étaient physiquement moins actifs avant le début de la prise en charge pluridisciplinaire (Geisser et coll., 2005 ; Bendix et coll., 1998).

Deux études qualitatives (Boutevillain et coll., 2017 ; Palazzo et coll., 2016) se sont intéressées aux raisons pour lesquelles les patients souffrant de lombalgie chronique maintiennent ou arrêtent les activités physiques après une période de réhabilitation. L'étude de Boutevillain et coll. (2017) cherchait à identifier spécifiquement les barrières et les leviers de la pratique de l'activité physique, alors que l'étude de Palazzo et coll. (2016) s'intéressait aux obstacles à l'adhésion à un programme d'exercice à domicile. Pour autant, plusieurs facteurs sont communs pour justifier la non-adhésion tels que le manque de motivation et de volonté à faire de l'activité physique, le manque de supervision et de contact avec les professionnels, ainsi que des facteurs liés à la pratique physique elle-même, comme la nature monotone ou la complexité des exercices.

Selon Boutevillain et coll. (2017), les barrières à la pratique de l'activité physique peuvent être classées en trois grandes catégories, à savoir :

- **Les barrières physiques** : Dans cette catégorie, on retrouve essentiellement la douleur qui est une des raisons principales citée pour justifier l'arrêt de la pratique.
- **Les barrières psychologiques** : Elles regroupent le manque de motivation à la pratique, la kinésiophobie, les « fausses croyances » concernant la pratique de l'activité comme traitement de la lombalgie, le manque de bénéfice perçu par la pratique.
- **Les barrières socio-environnementales et occupationnelles** : ces barrières pourraient se résumer par « *je n'ai pas le temps !* ». En effet, le manque de temps est la barrière la plus souvent citée. Les autres raisons étaient la reprise du travail, le manque de motivation, le manque de soutien des proches, la mauvaise

compréhension des recommandations de l'activité physique, le manque d'intérêt à pratiquer une activité physique.

Au même titre que les barrières, Boutevillain et coll. (2017) ont déterminé les leviers permettant d'améliorer l'adhésion à la pratique d'une activité physique. Ainsi parmi eux, on retrouve la volonté de pratiquer une activité physique pour retrouver sa condition physique antérieure, la supervision des exercices et le suivi régulier de la pratique physique par des professionnels de santé, l'individualisation des programmes d'exercices et la pratique en groupe (Boutevillain et coll., 2017).

Ainsi, chez le patient souffrant de lombalgie chronique, il existe de nombreux facteurs influençant positivement la pratique d'une activité physique post-prise en charge. Ces leviers sont différents d'un patient à un autre. Toutefois, trois leviers semblent émerger des constats des différentes études :

- La motivation est primordiale pour maintenir une activité physique post-réhabilitation.
- La supervision, le contact avec les professionnels de santé semblent essentiels pour maintenir une activité physique.
- La planification de l'entraînement et l'individualisation des programmes d'activité physique favoriseraient également l'adhésion à l'activité physique.

Ainsi, la connaissance des leviers et des barrières à la pratique d'une activité physique post prise en charge pluridisciplinaire est nécessaire en vue d'accompagner le patient lombalgique vers un maintien de la pratique physique. Cependant, le taux de non-observance à l'activité physique nous pousse à penser que les patients ne possèdent pas une motivation suffisante vis à vis de la pratique de l'activité physique. Il est donc nécessaire de les accompagner vers un changement de comportement en vue d'améliorer leur adhésion à la pratique physique régulière. Pour cela, il faut au préalable comprendre les mécanismes du changement de comportement et de la motivation.

2. Changement de comportement et motivation

Il existe de nombreuses théories permettant d'expliquer les mécanismes du changement de comportements et de la motivation. Dans le cadre de cette thèse, nous nous référerons au modèle transthéorique du changement de comportements de Prochaska et DiClement (1982) pour comprendre comment les individus pourraient modifier leur comportement.

En ce qui concerne la motivation, elle sera appréhendée au travers de la théorie de l'autodétermination de Deci et Ryan (2008) et le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque de Vallerand (1997, 2001, 2007).

2.1. Modèle transthéorique de changement de comportements de Prochaska et DiClemente (1982)

Ce modèle issu d'une analyse des théories majeures de psychothérapie et de changement de comportement (Prochaska, 1979) met en avant l'existence de différents stades permettant de comprendre précisément quand une modification d'attitude, d'intention ou de comportement se produit. Ainsi, selon Prochaska et DiClemente (1982), ces différents stades représentent une dynamique comportementale temporelle entraînant différents processus de changement.

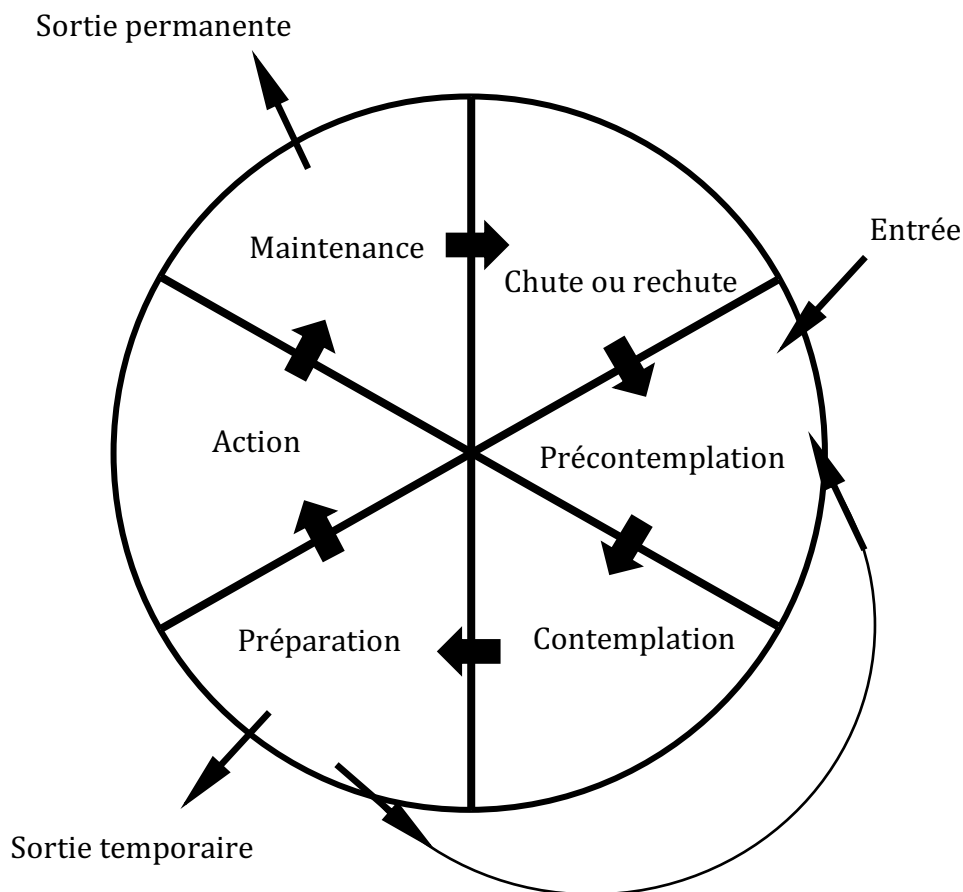
2.1.1. Stades du changement de comportement : une approche théorique

Selon Prochaska et DiClemente (1982), il existe six stades de changement de comportement qui organisent le processus de changement du modèle transthéorique. Ces stades précisent l'étape où se situe le sujet dans sa volonté de changement de son comportement. Toutefois, comme le montre la Figure 6, ces stades ne se succèdent pas de manière linéaire mais plutôt de manière cyclique. En effet, ce modèle prend en compte la notion de rechute entraînant un retour du sujet vers le stade précédent. Comme le précisent Prochaska et coll. (1992), la rechute et la récurrence à travers les étapes se produisent assez fréquemment lorsque les individus tentent de modifier ou d'arrêter les comportements addictifs. Les six stades définis par ces auteurs sont la pré-contemplation, la contemplation, la préparation, l'action, le maintien et la chute/rechute (Figure 6). Dans ce modèle, les stades de précontemplation, de contemplation et de préparation vont précéder la mise en place du changement de comportement et font référence à des stades de pré-action. Les trois derniers stades (action, maintien et rechute) font référence à des stades de post-action.

Le premier stade proposé dans ce modèle correspond à la « Précontemplation ». A ce stade, l'individu n'a pas l'intention de modifier son comportement dans les six prochains mois. Il n'est pas conscient que son comportement est inapproprié pour sa santé et ne se rend pas compte des effets délétères de celui-ci sur sa santé. Très souvent à ce stade, le patient n'a pas conscience des choses, soit par déni, soit par ignorance ou encore à la suite d'échecs répétés. Prochaska et coll. (1992) expliquent que sous pression d'un tiers

(famille, amis, voisins, employeur, etc.), certains pré-contempleteurs arrivent à changer de comportement mais ils le font souvent par contrainte à la suite d'une menace (conjoint qui menace de partir, etc.), ou dans une perspective professionnelle ou sociale. Toutefois, les auteurs précisent que le changement de comportement va être maintenu tant que la pression est exercée mais une fois relâchée, les sujets reprennent leurs anciennes habitudes. La résistance à la reconnaissance ou à la modification d'un problème est la marque de la « Précontemplation ».

Figure 6. Modèle des étapes du changement de comportement, selon Prochaska et DiClemente (1982)



Second stade de ce modèle : la « contemplation » fait référence au moment où les sujets sont conscients qu'un problème existe et pensent sérieusement à le surmonter mais ne se sont pas encore engagés à agir. Selon les auteurs (Prochaska et coll., 1992), il s'agit d'une phase de réflexion qui peut durer sur une très longue période. Durant cette phase, les

sujets sont dans une ambivalence entre les bénéfices que pourraient apporter le changement du comportement et les inconvénients que peut procurer ce changement.

Pour exemple : *un individu voudrait reprendre une activité physique car il est conscient du bénéfice que cela pourrait entraîner sur sa qualité de vie. Toutefois, les séances d'activité se déroulent le soir en semaine, ou le matin les week-end. Il va donc devoir modifier ses habitudes de vie afin de se rendre disponible aux horaires des séances. Cela lui semble très contraignant et de ce fait, il décide de ne rien faire.*

Cette ambivalence va avoir comme effet de favoriser l'immobilité du changement. Généralement, les contemplateurs vont répondre à la question du changement de comportement par « *oui, je sais que si je fais du sport, j'aurais moins mal au dos mais je n'ai vraiment pas le temps, entre le travail, la famille, la maison à entretenir, c'est très compliqué pour moi* ». C'est pour cela que le sujet peut stagner longtemps à ce stade.

Le troisième stade correspond à la phase de pré-action, il s'agit de la « préparation ». Il correspond au moment où les individus ont développé une intention de changement. Globalement, selon les auteurs (Prochaska et coll., 1992), les individus ont l'intention de prendre des mesures rapidement et ont agi sans succès au cours de l'année écoulée. Bien que l'on observe un début de changement, avec une diminution des comportements problématiques, les individus n'ont pas encore atteint les critères d'actions efficaces. Toutefois, dans cette phase, une grande majorité d'entre eux va progresser vers le stade suivant grâce à la mise en place d'actions appropriées. Généralement, les individus en phase de préparation vont prendre des informations montrant une volonté de passer à l'action, « *Je compte reprendre une activité physique, je suis allé en mairie pour connaître les activités physiques proposées dans ma commune et me renseigner sur les tarifs. J'ai vu comment m'organiser dans mon emploi du temps, par contre je ne sais pas quelle activité choisir* ». A l'origine, cette phase s'appelait la « prise de décision » (Prochaska et DiClemente, 1982).

La quatrième phase de ce modèle en spirale correspond à la phase « d'action ». Cette phase correspond au moment où les individus vont modifier leurs comportements, leurs expériences ou encore leur environnement afin de surmonter leurs problèmes. Cependant, c'est durant cette phase que les individus sont le plus sujets à la rechute. En effet, Prochaska et coll., (1992) expliquent que durant cette phase, les individus comme les professionnels assimilent souvent à tort « action » et « changement ». En conséquence,

ils négligent le travail requis de préparation à l'action ainsi que les efforts importants nécessaires pour maintenir les changements à la suite de l'action. Or, durant cette phase, les individus peuvent perdre leur motivation si les bénéfices du changement ne sont pas perceptibles, exemple : *« j'ai commencé à bouger il y a quelques semaines maintenant, mais je ressens toujours une gêne et des douleurs dans le bas du dos quand je reste trop longtemps debout. Je sais qu'il ne faut pas que je relâche mes efforts car j'avais beaucoup plus mal avant mais ce n'est pas toujours évident de rester motivé ».*

Avant-dernière phase de ce modèle : le « maintien ». Elle correspond à la période où les sujets consolident les bénéfices de l'action tout en veillant à éviter les rechutes. Généralement, on considère que les individus pourraient atteindre cette période après 6 mois d'action. C'est durant cette phase que les individus présentent des niveaux d'auto-efficacité les plus élevés, c'est à dire qu'ils seront capables de persévérer dans la durée (Bandura, 1977). De ce fait, ils sont moins sensibles à la rechute. La stabilisation du changement de comportement et la prévention des rechutes sont caractéristiques de cette période. Généralement, à ce moment du changement de comportement, lorsque l'on questionne les individus, ils sont capables de décrire précisément ce qu'ils font *« le lundi je fais une heure de stretching, le mercredi du pilâtes, le vendredi je nage pendant une heure en essayant de faire 800 à 1500 mètres en continu et le dimanche on va marcher en famille ».*

La dernière phase du modèle transthéorique du changement de comportement correspond à la « chute » ou la « rechute ». Cette étape est possible et fait partie du processus normal du changement de comportement. Prochaska et DiClemente (1982) précisent que lorsque l'individu se trouve dans une période prolongée de maintien, le risque de chute est réel et il pourra éprouver de l'anxiété et du stress suite aux efforts nécessaires pour maintenir le changement de comportement. En cas de rechute, certains individus reviendront au stade de la contemplation tandis que d'autres retourneront en précontemplation afin de ne plus considérer leur comportement comme un comportement à changer.

Ce modèle, utilisé initialement par Prochaska et DiClemente (1983) pour décrire le changement de comportement des sujets souffrant d'addiction et plus précisément de dépendance tabagique, permet de comprendre les processus du changement de comportement. Toutefois, c'est un modèle descriptif qui n'interroge pas les causes de ces évolutions comportementales. Il faut donc réussir à situer les individus et comprendre les

mécanismes expliquant le passage d'un stade à un autre pour leur proposer une prise en charge efficace.

2.1.2. Processus de changement du modèle transthéorique

Les processus de changement du modèle transthéorique permettent de comprendre comment les changements de comportement se produisent (Prochaska et coll., 1992). Ces processus correspondent à des activités, des expériences auxquelles les individus se livrent lorsqu'ils tentent de modifier des comportements problématiques. Autrement dit, les processus de changement font référence aux stratégies cognitives, affectives et comportementales que vont utiliser les individus pour évoluer et parfois réussir à changer de comportement. Prochaska et coll. (1992) ont synthétisé les 10 processus principaux de changement (Tableau 3) et pour chaque processus, ils ont apporté une définition.

Tableau 3 : Définition et interventions représentatives des processus de changement selon Prochaska et coll. (1992)

Processus	Définitions : interventions
Prise de conscience	Accroître l'information sur soi et identifier le problème : observations, confrontations, interprétations, etc.
Réévaluation personnelle	Inciter la personne à s'interroger sur ses sentiments vis-à-vis du comportement souhaité et aussi à confronter ses valeurs personnelles au comportement problématique : clarification des valeurs, imagerie, expérience émotionnelle corrective
Prise de décision	Choix et engagement à agir ou croyance en la capacité à changer : thérapie décisionnelle, résolutions du Nouvel An, techniques de renforcement de l'engagement, etc.
Contre-conditionnement	Substituer des alternatives aux comportements problématiques : relaxation, désensibilisation, auto-déclarations positives, etc.
Contrôle du stimulus	Éviter ou contrer les stimuli qui provoquent des comportements problématiques : restructurer son environnement (par exemple, supprimer l'alcool ou acheter des aliments sains), éviter les signaux à haut risque, etc.
Récompense	Se récompenser soi-même ou être récompensé par les autres pour avoir fait des changements : contrats de contingence, renforcement manifeste et secret, auto-récompense

Relations d'aide	Être ouvert et confiant sur les problèmes avec quelqu'un qui s'en soucie : alliance thérapeutique, soutien social, groupes d'entraide
Réactions émotionnelles	Vivre et exprimer ses sentiments sur ses problèmes et ses solutions : psychodrame, jeux de rôle, etc.
Réévaluation environnementale	Évaluer comment son problème affecte l'environnement physique
Facilitation sociale	L'individu est influencé lorsqu'il est en contact avec d'autres individus, ceci ayant un impact sur ses capacités et ses performances

Dans leur article de 1983, Prochaska et DiClemente expliquent que l'utilisation des processus va différer en fonction des stades de changement de comportement (Tableau 4). Il est donc important d'identifier préalablement à une intervention le stade dans lequel se situe l'individu afin de lui proposer le processus le plus adapté pour l'accompagner vers les modifications de comportement.

Tableau 4 : Utilisation des différents processus de changement à travers les stades de changement de comportement (selon Prochaska et coll., 1992)

Précontemplation	Contemplation	Préparation	Action	Maintien
	Réévaluation environnementale			
	Prise de conscience			
	Facilitation sociale			
		Réévaluation personnelle		
		Réactions émotionnelles		
			Prise de décision	
				Récompense
				Relations d'aide
				Contre-conditionnement
				Contrôle du stimulus

Ainsi, le modèle transthéorique permet d'appréhender le changement de comportement à travers différents stades, en mobilisant plusieurs concepts au niveau psychologique. Ce modèle apporte une explication permettant de comprendre comment les individus pourraient modifier leur comportement. Il met également en avant les facteurs influençant le passage d'un stade à un autre grâce notamment au processus de

changement. Ce modèle reste toutefois un modèle théorique, ne permettant pas d'expliquer pourquoi les individus s'engagent vers un changement de comportement. Il est donc nécessaire d'appréhender les mécanismes motivationnels afin de comprendre comment et pourquoi les individus vont s'engager dans un changement de comportement et ainsi déterminer des leviers pour les accompagner.

2.2. Modèle de motivation

Selon Vallerand et Thill (1993), la motivation se définit comme « *le construit hypothétique utilisé afin de décrire les forces internes et/ou externes produisant le déclenchement, la direction, l'intensité et la persistance du comportement* ». Ainsi, les conceptions théoriques qui permettent d'expliquer la motivation de l'individu sont multiples (au moins une centaine) et pour beaucoup multifactorielles (Fenouillet, 2016). Pour cette thèse, les mécanismes de la motivation seront appréhendés au travers de la théorie de l'autodétermination de Deci et Ryan (2008) ainsi que par le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque de Vallerand (1997, 2001, 2007)

2.2.1. Théorie de l'autodétermination de Deci et Ryan (2008)

La théorie de l'autodétermination est de nature empirique et elle s'applique à la motivation, le développement et le bien-être de l'être humain (Deci et Ryan, 2008).

Selon Deci et Ryan (2008), la motivation fait référence à une notion tridimensionnelle qui renvoie à trois types de motivation permettant d'expliquer les choix des individus : 1/ la motivation intrinsèque, 2/ la motivation extrinsèque, 3/ l'amotivation.

1/ La motivation intrinsèque renvoie à des notions de plaisir et de satisfaction à réaliser une action. Autrement dit, dans cette catégorie de motivation, l'individu va volontairement réaliser une action uniquement pour le plaisir obtenu. Il existe plusieurs motivations intrinsèques : à la connaissance, à la stimulation, à l'accomplissement.

2/ A contrario, la motivation extrinsèque fait référence au fait que les individus vont réaliser une action dans un but non inhérent à celle-ci. Dans ce type de motivation, l'individu cherche par l'action à retirer quelque chose de plaisant ou éviter quelque chose de déplaisant. Ainsi, les individus motivés extrinsèquement vont prendre plaisir après l'action et non pendant.

Selon Deci & Ryan (2008), la motivation extrinsèque peut être fractionnée en quatre parties :

- **La motivation extrinsèque par régulation intégrée** : c'est à dire que le comportement est induit car il est cohérent avec les valeurs et les besoins du sujet ;
- **La motivation extrinsèque par régulation identifiée** : c'est à dire que le sujet s'engage dans un comportement qu'il juge important pour atteindre des buts personnels ;
- **La motivation extrinsèque par régulation introjectée** : c'est-à-dire que le comportement se fait sous influence de pressions internes comme le ressenti de culpabilité ;
- **La motivation extrinsèque par régulation externe** : c'est-à-dire que le comportement est régulé par des facteurs externes tels que les récompenses ou les punitions.

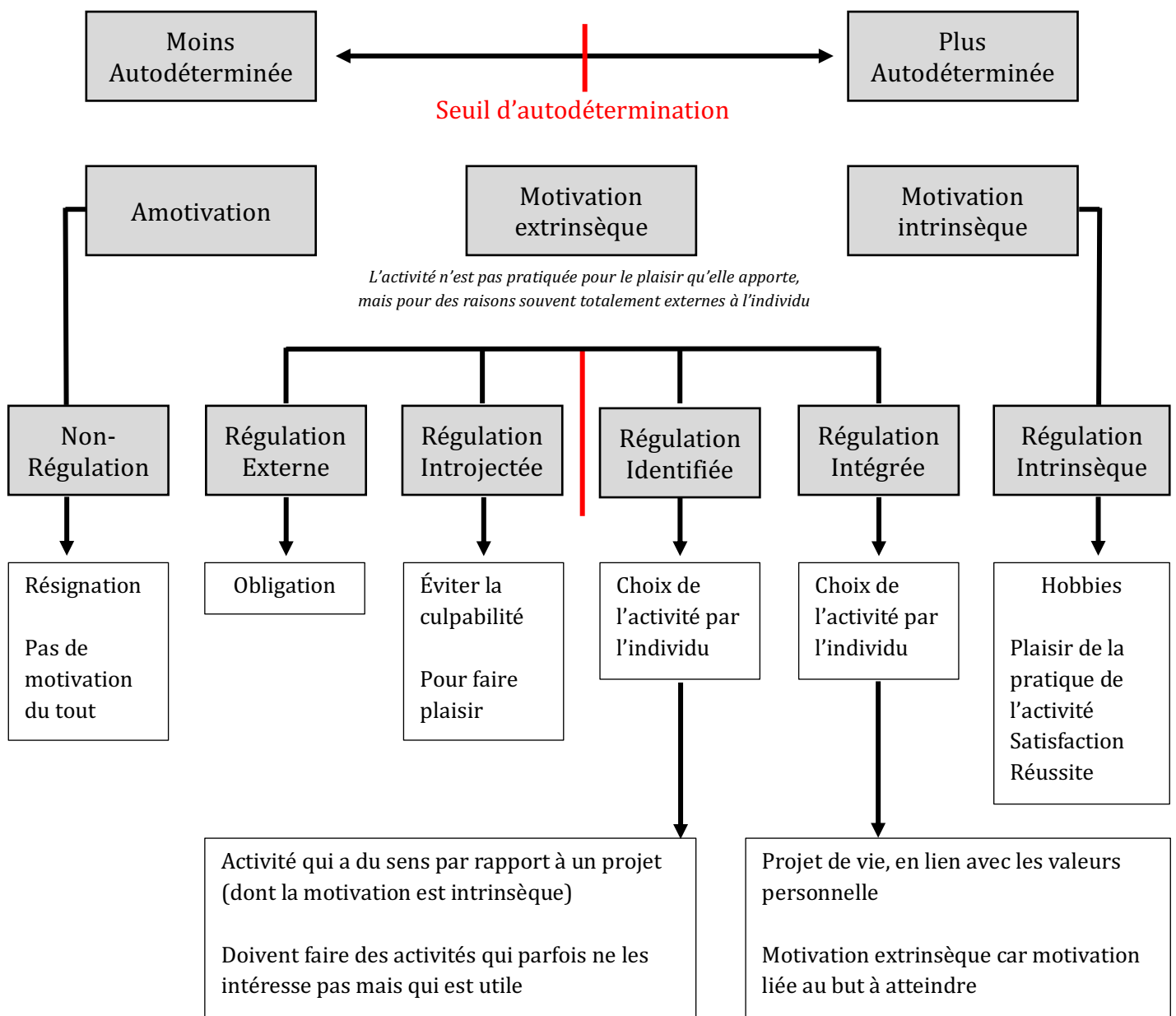
3/ Dernier concept, l'amotivation fait référence à une absence totale de motivation pour la réalisation d'une action.

De façon à illustrer ces notions théoriques, prenons le cas d'un individu pratiquant une activité physique. S'il pratique l'activité physique pour son bien-être personnel et le plaisir ressenti, pour l'envie de progresser, de se dépasser, cela démontre une motivation intrinsèque. Si, par contre, il pratique cette même activité pour faire plaisir à son entourage, par peur de ce que va dire le médecin s'il ne pratique pas, ou juste parce que c'est bon pour sa santé, il présente une motivation extrinsèque. Pour finir, s'il refuse de pratiquer, il sera dans l'amotivation.

Dans cette théorie, Deci et Ryan (2008) précisent que le sujet peut être dans une motivation « autodéterminée » quand l'activité se fait de manière spontanée et par choix, ou dans une motivation « non autodéterminée » quand il réalise une activité pour des raisons autres que personnelles (pression interne ou externe) ou encore lorsqu'il cesse toute activité. Ainsi, la motivation intrinsèque représente le niveau d'autodétermination le plus élevé alors que l'amotivation correspond à la forme la moins autodéterminée. Le seuil d'autodétermination se situe au niveau de la motivation extrinsèque par régulation identifiée (Figure 7). Ces formes d'autodétermination vont avoir des conséquences positives ou négatives sur les aspects cognitifs, affectifs et comportementaux spécifiques du sujet. Ainsi, plusieurs études concernant la motivation à la pratique de l'activité physique (Gillet et coll., 2012 ; Teixeira et coll., 2012) ont démontré que les motivations

autodéterminées sont associées à des conséquences positives alors que les formes de motivations non-autodéterminées auront des conséquences négatives dans le maintien de la pratique de l'activité physique.

Figure 7. Résumé des différents types de motivation mis en évidence dans la théorie de l'autodétermination, et ordonnés en fonction de leur degré d'autodétermination (Deci & Ryan, 2008)



L'autodétermination n'est jamais acquise définitivement. En effet, comme l'ont mis en avant Prochaska et DiClemente (1982) dans le modèle transthéorique de changement de comportement, lorsque l'individu se trouve dans le stade du maintien, il y a un grand

risque de rechute, ce qui démontre que même un individu avec une grande autodétermination peut perdre la motivation à réaliser une action. La théorie de l'autodétermination explique que la motivation va reposer sur trois besoins psychologiques fondamentaux pouvant influencer positivement ou négativement la réalisation d'une action. Ces besoins psychologiques fondamentaux sont :

1/ **le besoin de compétence**, c'est à dire que l'individu doit se sentir efficace dans les interactions qu'il a avec les autres et qu'il puisse exprimer ses capacités (Deci, 1975) ;

2/ **le besoin d'autonomie**, c'est à dire que l'individu doit se sentir être à l'origine ou à la source de ses propres comportements (Deci & Ryan, 1985) ;

3/ **Le besoin d'affiliation**, c'est à dire que l'individu a le sentiment d'appartenir à un groupe ou à une communauté, qu'il ait la possibilité d'interagir avec d'autres individus (Ryan, 1995).

Il est donc important de s'appuyer sur ces besoins psychologiques pour identifier des leviers motivationnels afin d'accompagner les individus dans un changement de comportement. Cependant, comme nous allons le détailler dans le prochain paragraphe, les besoins psychologiques peuvent varier en fonction du niveau hiérarchique dans lequel se situe l'action à réaliser.

2.2.2. Modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque de Vallerand (1997, 2001, 2007)

Le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque (Vallerand, 1997, 2001, 2007) intègre les éléments de toutes les recherches menées sur la théorie de l'autodétermination. Ce modèle permet de systématiser l'ampleur du dynamisme motivationnel dans un ensemble conceptuel hiérarchisé sur trois niveaux de généralité (Figure 8) :

1/ **Le niveau global** : C'est le niveau hiérarchique le plus élevé. La motivation au niveau global, appelée motivation globale, renvoie à une situation motivationnelle générale interagissant avec l'environnement selon les différents types de motivation (intrinsèque, extrinsèque ou amotivation). Selon Vallerand (1997), la motivation globale peut être liée à un trait de personnalité de l'individu.

2/ **Le niveau contextuel** : ce niveau correspond aux « sphères d'activité », c'est à dire que le sujet va être motivé de manière intrinsèque, extrinsèque ou être amotivé pour réaliser une action bien spécifique. Généralement, les « sphères d'activité » font référence

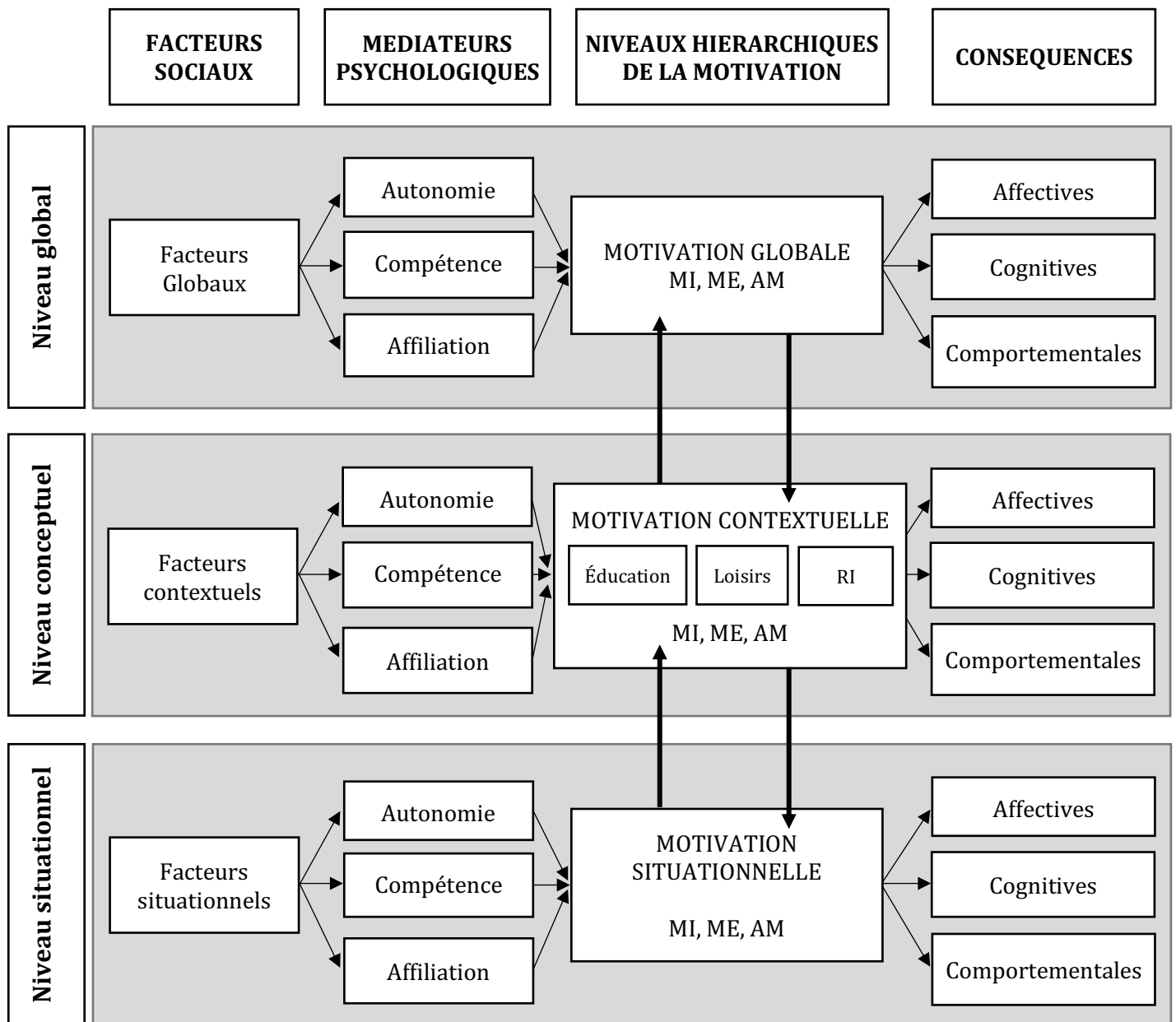
à des contextes sociaux, tels que les loisirs, l'éducation ou les relations interpersonnelles. La motivation contextuelle est beaucoup plus sujette aux variations que la motivation globale et permet ainsi d'expliquer et de prédire les changements de comportement qui ont lieu dans chacun des contextes.

3/ Le niveau situationnel : C'est le niveau hiérarchique le plus bas. Il correspond à la motivation intrinsèque, extrinsèque ou à l'amotivation d'un individu pour une action spécifique à un moment précis dans le temps. Ce niveau de généralité correspond à un état et non à une caractéristique individuelle stable. De ce fait, cette motivation est susceptible de varier dans le temps et en fonction des expériences de vie de l'individu.

Ainsi, ces différents niveaux permettent d'observer comment un individu va interagir avec son environnement. Pour illustrer cela, prenons comme exemple un patient lombalgique courageux et volontaire (*niveau global*) qui possède une amotivation pour les activités physiques mais qui est motivé intrinsèquement pour son travail (*niveau contextuel*). Depuis qu'il souffre du dos, il s'est mis à pratiquer une activité physique pour maintenir une condition physique permettant de maintenir son travail (*niveau situationnel*). Ainsi, dans cette situation, le patient va passer d'une amotivation à une motivation extrinsèque à régulation identifiée pour la pratique d'une activité physique.

Selon Vallerand (1997), ces différents niveaux hiérarchiques vont interférer les uns avec les autres, influençant positivement ou négativement la motivation de l'individu. C'est ce qui s'appelle, dans ce modèle hiérarchique de motivations, l'effet descendant, *top-down*, et ascendant, *bottom-up*. Il y a un effet *top-down* lorsque les motivations situées à un niveau supérieur influencent celles situées à un niveau inférieur de la hiérarchie. Par exemple, prenons un sportif (*niveau global*) qui vient de se blesser au genou (*niveau contextuel*). Voulant reprendre impérativement son activité sportive, il va suivre correctement la rééducation et les recommandations des thérapeutes (*niveau situationnel*). A contrario, dans l'effet *bottom-up*, les motivations situées à un niveau inférieur influencent celles situées à un niveau supérieur de la hiérarchie. Partant du même exemple que précédemment, si le sportif est découragé par sa blessure et que selon lui, quoi qu'il fasse, il ne pourra jamais reprendre son activité physique, il sera moins motivé par la rééducation, il la suivra donc de manière moins optimale (*niveau situationnel*). Cette dernière version va donc modifier la motivation même de l'individu pour la pratique sportive (*niveau global*).

Figure 8. Modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque (Vallerand, 1997)



Légende : MI : Motivation Intrinsèque ; ME : Motivation Extrinsèque ; AM : Amotivation ; RI : Relations Interpersonnelles.

En plus de ces niveaux ascendant et descendant influençant la motivation des individus, Vallerand (1997) explique que, pour chacun des niveaux hiérarchiques, la motivation est influencée par des facteurs sociaux ou environnementaux spécifiques situées sur le même niveau.

2.2.2.1. Facteurs sociaux

Par facteurs sociaux influençant chacun des niveaux hiérarchiques, il faut prendre en compte tout ce qui va interagir avec l'individu tels que les facteurs humains (relation avec les autres, etc.) et les facteurs environnementaux (relation avec un sport, un objet, une action, etc.). Ainsi, les facteurs sociaux regroupent tout ce qui se trouve dans l'environnement social de l'individu et qui va influencer son niveau d'autodétermination pour une action. Il existe des facteurs sociaux qui vont influencer spécifiquement un niveau hiérarchique. Ainsi, on va retrouver les facteurs globaux, contextuels et situationnels qui vont influencer respectivement le niveau global, contextuel et situationnel.

Au niveau situationnel, Vallerand et ses collaborateurs (1983, 1986, 2003) ont mis en évidence que des facteurs situationnels vont avoir un impact important dans la motivation situationnelle. En effet, de nombreux travaux ont mis en avant qu'un feedback positif ou négatif (Vallerand, 1983), la perception d'un individu suite à un message ou une information (Mageau & Vallerand, 2003), les expériences situationnelles telles que la victoire ou la défaite (Vallerand et coll., 1986) vont influencer la motivation situationnelle. Cependant, comme expliqué dans la définition du niveau situationnel, il s'agit d'une motivation pour une action spécifique à un moment précis dans le temps. De ce fait, son impact est limité à l'action elle-même. En effet, selon Vallerand (2001), l'effet des facteurs sociaux sur la motivation situationnelle n'est pas persistant dans le temps. Pour obtenir un effet sur un plus long terme, il est nécessaire de les répéter de façon régulière et dans les mêmes situations. Ainsi, cette action deviendra alors un facteur contextuel. Par exemple, prenons un patient lombalgique amotivé pour la pratique d'une activité physique. Par peur des reproches de sa famille (*facteur social*), il va se mettre à pratiquer une activité physique (*niveau situationnel, motivation extrinsèque par régulation externe*). Si cette crainte de reproches perdure dans le temps, entraînant ainsi une pratique plus régulière, cette action deviendra un facteur contextuel.

Comme expliqué ci-dessus, le niveau conceptuel fait référence aux sphères d'activité (*les loisirs, l'éducation/le travail, les relations interpersonnelles*). Ainsi, les facteurs sociaux associés à ce niveau reviennent de façon régulière dans le temps et vont agir spécifiquement sur une sphère particulière, sans influencer une autre sphère. Par exemple, être motivé extrinsèquement pour son travail ne va pas influencer sa motivation à pratiquer une activité physique.

Dernier niveau, les facteurs globaux correspondent aux valeurs du patient qui est généralement influencé par l'entourage proche tel que la famille. Ainsi, un individu appartenant à une famille sportive, qui l'a toujours encouragé à pratiquer une activité physique, aura plus facilement une motivation autodéterminée pour cette pratique. Par contre, un individu, avec des parents sédentaires ayant une amotivation pour la pratique d'une activité physique, aura généralement une motivation non autodéterminée pour la pratique physique.

Selon Vallerand (1997), les facteurs sociaux ne vont pas influencer directement la motivation. En effet, ils vont impacter, en premier lieu, les besoins psychologiques fondamentaux, à savoir les besoins de compétence, d'autonomie et d'affiliation. Ils sont appelés médiateurs psychologiques.

2.2.2.2. Médiateurs psychologiques

Dans le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque, les facteurs sociaux vont être médiatisés par la satisfaction des trois besoins fondamentaux. Ceux-ci renvoient à la perception qu'a l'individu de sa compétence, de son autonomie et de son appartenance sociale. Comme le précise Vallerand (1997), au travers des expériences de vie des individus, si les actions entreprises par les sujets renforcent les besoins fondamentaux, elles auront un impact important sur la motivation des sujets. Par exemple, un sujet lombalgique voulant commencer une activité physique sera plus motivé à la poursuivre s'il est intégré dans un groupe social (*sentiment d'affiliation sociale*) ou s'il est en capacité à réaliser les exercices proposés durant la séance (*sentiment de compétence*). De plus, comme le précise Vallerand (1997), ces médiateurs psychologiques ont un impact direct sur les motivations du niveau hiérarchique correspondant (situationnel, contextuel ou global).

2.2.2.3. Conséquences de la motivation

Les différents types de motivation vont avoir des conséquences positives ou négatives sur l'individu. Il est admis qu'une motivation intrinsèque sera associée à une conséquence positive sur l'individu alors qu'une amotivation ou une motivation extrinsèque, par régulation externe ou introjectée, sera associée à une conséquence négative. Ces conséquences peuvent être de nature comportementale, affective ou cognitive. Par exemple, au niveau conceptuel, un individu qui est amotivé pour la pratique du football va avoir une répercussion négative de nature affective si ses amis organisent un week-

end football. En effet, son amotivation fait qu'il ne va pas les rejoindre pour ce week-end sportif, risquant ainsi de les décevoir.

2.2.3. Conclusion

Selon la théorie de l'autodétermination et le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque, il existe trois types de motivation (intrinsèque, extrinsèque et amotivation) qui interagissent au sein des individus sur trois niveaux de généralité (global, contextuel et situationnel). La motivation va provenir de deux sources à savoir : les facteurs sociaux qui vont influencer sur les besoins psychologiques fondamentaux ; et les niveaux hiérarchiques immédiatement supérieur ou inférieur (*effet top-down et bottom-up*). Pour finir, la motivation va avoir des conséquences positives ou négatives en fonction du type de motivation de l'individu.

Brun et coll. (2007) expliquent que l'un des enjeux majeurs de la recherche dans le domaine de l'activité physique est de « *transformer un sujet inactif en sujet actif et ce, de façon durable* ». Si l'on suit la théorie de l'autodétermination et le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque, les sujets les plus enclins à réaliser une action sont ceux qui sont motivés intrinsèquement de manière autodéterminée pour l'action. Cependant, le taux d'observance à la pratique d'une activité physique chez les patients lombalgiques chroniques, comme relevé par Genêt et coll. (2002), s'estompe généralement à partir du 3^{ème} mois post prise en charge pluridisciplinaire. De ce fait, on peut supposer que les patients lombalgiques n'ont pas une grande motivation autodéterminée pour la pratique d'une activité physique. De ce fait, il est nécessaire de pouvoir identifier les motifs d'engagement dans une activité physique pour pouvoir déterminer les facteurs influençant la pratique pour accompagner les sujets vers une pratique régulière.

3. Facteurs influençant la pratique d'une activité physique.

L'identification des déterminants d'adhésion ou de non-adhésion à la pratique d'une activité physique est nécessaire pour identifier les leviers efficaces à activer. Pour comprendre comment et pourquoi les sujets adhèrent ou non à un style de vie actif, il faut s'intéresser aux études qualitatives portant sur la pratique de l'activité physique. En effet, il est nécessaire d'interroger les patients afin de comprendre quels facteurs internes et externes ont influencé le maintien de la pratique. L'analyse de la littérature (Robinson et coll., 2018 ; Boutevillain et coll., 2017 ; Shields et coll., 2012) montre qu'il existe trois

facteurs pouvant influencer la pratique d'une activité physique régulière à savoir : 1/ les facteurs environnementaux ; 2/ les facteurs sociaux ; et 3/ les facteurs intra-individuels.

3.1. Facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux font référence à « l'environnement construit » de l'individu qui définit l'ensemble des critères environnementaux dans lequel un individu va évoluer. Dans le cadre de la promotion de l'activité physique, Pikora et coll. (2003) classent l'environnement construit en 4 dimensions à savoir la dimension fonctionnelle, la sécurité, l'esthétique et l'accessibilité des destinations. Ces dimensions vont influencer le choix de l'individu quant à la pratique ou non d'une activité physique (Sallis et coll., 2006, 2012). Ainsi, là où un environnement permet la promotion de l'activité physique, il peut également décourager ou même empêcher certains comportements (Sallis et coll., 1998, Spence et Lee, 2003). Par exemple, prenons un sujet lombalgique vivant en ville à côté d'un parc, l'environnement est propice aux balades et donc le sujet pourra facilement maintenir une activité physique à la sortie. Maintenant prenons le même parc, s'il est dégradé et mal fréquenté, le sujet n'ira pas marcher et aura tendance à rester chez lui. Ainsi, selon Nazare (2016), les politiques d'aménagement et de transport urbain tout comme les politiques de santé publiques sont des facteurs susceptibles d'influencer la pratique des individus en aménageant le territoire et en rendant accessibles et sécuritaires les structures sportives.

Bien que les facteurs environnementaux soient connus pour influencer la pratique d'un mode de vie actif, il semble difficile d'y intervenir directement dans le cadre d'études cliniques, car ils ne dépendent pas directement du sujet. Il faut toutefois en tenir compte lorsque l'on propose un suivi en activité physique post prise en charge, à des sujets souffrant de lombalgie chronique afin de pouvoir les conseiller et les orienter au mieux.

3.2. Facteurs sociaux

Comme expliqué dans la théorie de l'autodétermination de Deci et Ryan (2008) et dans le modèle hiérarchique de la motivation intrinsèque et extrinsèque de Vallerand (1997), les facteurs sociaux vont avoir un impact sur la motivation des individus. Dans une étude espagnole portant sur l'influence sociale de l'activité physique chez les adultes, Bolivar et coll. (2010) ont mis en avant que les personnes socialement défavorisées sont moins susceptibles de s'engager dans une activité physique, mais également que les femmes pratiquent moins que les hommes. Dans une étude transversale, Herazo-Beltran et coll.

(2017) ont souligné que le niveau socio-économique, l'état matrimonial et le niveau de scolarité sont également des prédicteurs d'obstacles à l'activité physique. D'autres auteurs, comme Brown et Trost (2003), expliquent que chez la jeune femme adulte, la diminution de l'activité physique est liée à des événements de vie tels que le mariage, la procréation, ou encore l'entrée dans la vie active.

Dans le cadre de la lombalgie, Boutevillain et coll. (2017) ont mis en évidence que les raisons de la non-observance en activité physique évoquées par les patients étaient le manque de temps, l'activité professionnelle, un conflit avec les professionnels de santé, mais également l'environnement familial, qui a souvent une attitude paternaliste et protectrice limitant la possibilité de pratiquer une activité physique. A contrario, les raisons du maintien de l'activité physique dans cette étude étaient la supervision des activités physiques par des professionnels de santé, la pratique en groupe, l'utilisation de supports multimédia adaptés à la lombalgie et la notion de plaisir.

Ainsi, les raisons que donnent les patients souffrant de lombalgie chronique dans l'étude de Boutevillain et coll. (2017) permettent une réflexion concernant les leviers utilisables pour accompagner les patients vers un changement de comportement favorable à la pratique d'une activité physique. Utiliser les facteurs sociaux influençant la pratique d'une activité physique (ex : la pratique en groupe) va impacter positivement les médiateurs psychologiques et donc la motivation du sujet vis à vis de la pratique physique (Vallerand, 1997). Sur la base de l'étude de Boutevillain et coll. (2017), il est important de déceler les comportements « à risque » de rechute des sujets pour leur proposer un accompagnement individualisé vers le maintien de l'activité physique régulière.

3.3. Facteurs intra-individuels

La littérature scientifique suggère que l'engagement des sujets dans une activité physique est motivé par des facteurs intra-individuels tels que le plaisir, la forme physique et l'état psychologique (Aaltonen et coll., 2012). A contrario, la douleur et les différents problèmes de santé ou maladies sont, selon Aaltonen et coll. (2012), les obstacles les plus souvent cités pour justifier d'une inactivité physique.

3.3.1. Facteurs physiques

La douleur, principale barrière physique, va entraîner généralement un arrêt complet des activités physiques mais également des activités de la vie quotidienne (Boutevillain et coll., 2017). D'autres facteurs physiques tels que la fatigue (Vader et coll., 2019) et les

comorbidités (Thorpe et coll., 2014) sont également cités par les patients comme freins à un mode de vie actif. Généralement, les facteurs physiques cités comme barrières à la pratique d'une activité physique sont liés aux problèmes de santé. Ceci entraîne un manque de confiance des sujets en leurs capacités physiques (Falzon et coll., 2012). C'est pourquoi, chez les patients lombalgiques chroniques, les facteurs physiques représentent principalement des freins à la pratique d'une activité physique (Boutevillain et coll., 2017). De plus, l'hypervigilance liée à la douleur va avoir un impact psychologique conduisant à un sentiment de handicap, d'isolement social et de perte de confiance en soi (Boutevillain et coll., 2017).

3.3.2. Facteurs psychologiques

De nombreuses études mettent en avant l'impact négatif des facteurs psychologiques dans l'engagement de la pratique des activités physiques. Falzon et coll. (2012), par le biais d'interviews, ont mis en évidence 4 barrières psychologiques limitant la pratique physique, à savoir, le manque d'intérêt pour l'activité physique, le manque de capacités physiques perçues, les barrières relatives aux effets secondaires du traitement et les croyances relatives aux effets négatifs de l'exercice. Ainsi, les principaux facteurs influençant la pratique vont dépendre directement des médiateurs psychologiques (Vallerand, 1997). En effet, il a été démontré que le manque d'informations et de connaissances à propos de l'activité physique (Robinson et coll., 2018), de mauvaises expériences vécues (Vader et coll., 2019) vont entraîner une amotivation limitant l'implication du sujet dans la pratique physique. D'autres études ont mis également en avant qu'une mauvaise connaissance de la pathologie et de ses mécanismes (Poltawski et coll., 2015, Boutevillain et coll., 2017 ; Robinson et coll., 2018) vont être à l'origine d'un non engagement dans les activités physiques. Selon Boutevillain et coll. (2017), chez le patient lombalgique chronique, cette mauvaise connaissance de la pathologie va engendrer une peur de l'aggravation de la douleur entraînant kinésiophobie et anxiété, vecteur de limitation de la pratique physique. Cette kinésiophobie est généralement associée à un faible niveau d'auto-efficacité (Zelle et coll., 2016). La lassitude vis-à-vis des exercices ou à l'inverse une trop grande difficulté, ou encore, un manque de perception des bénéfices vont avoir pour effet de diminuer l'intérêt du patient pour la pratique (Escobar-Reina et coll., 2010). Selon Vader et coll. (2019), ces facteurs vont entraîner progressivement une diminution des croyances des individus en leurs capacités à

pratiquer des activités physiques. Pour autant, certains patients souffrant de lombalgie chronique vont maintenir une activité physique après les soins malgré la douleur, afin de retrouver leur activité physique et quotidienne d'avant l'apparition des douleurs ou encore pour retrouver leur niveau de condition physique antérieur (Boutevillain et coll., 2017). Dans ce cas, les sujets qui vont maintenir une activité physique sont ceux qui en pratiquaient déjà une avant l'apparition de la lombalgie.

Les facteurs intra-individuels engendrent davantage de barrières limitant la pratique d'une activité physique que de leviers permettant de favoriser cette pratique. Cependant, l'analyse de ces facteurs va permettre de déterminer des profils de patients qui sont plus sujets à maintenir une activité physique régulière (ex. : ancien sportif) ou ceux pour qui la douleur sera un frein.

3.3.3. Conclusion

L'analyse des facteurs intra-individuels, complétée par celle des autres facteurs (sociaux et environnementaux) permettra de mettre en évidence les freins et les potentiels leviers à la pratique d'une activité physique régulière des patients. L'intérêt de cette analyse sera, comme expliqué par Vallerand (1997), de déterminer les facteurs pouvant influencer positivement sur les médiateurs psychologiques (en commençant par le niveau situationnel) afin d'agir sur la motivation pour un changement de comportement à la pratique d'une activité physique régulière.

Ainsi, il est nécessaire de déterminer quelles sont les techniques permettant d'agir sur la motivation des individus afin de les accompagner vers un changement de comportement de sédentaire à actif.

4. Comment agir sur la motivation et le changement de comportement ?

Chez le patient souffrant de lombalgie chronique, il existe de nombreuses barrières à la pratique d'une activité physique régulière. Certains leviers peuvent être déclenchés pour accompagner les patients vers un changement de comportement. Cependant, il est nécessaire de comprendre comment ces leviers peuvent être utilisés pour agir efficacement sur la motivation et le changement de comportement.

4.1. Méthodes d'intervention favorisant la motivation

En recherche clinique, transformer un sujet inactif en sujet actif et ce, de façon durable (Brun et coll., 2007), est un défi nécessitant de prendre en compte le patient dans sa globalité et d'analyser les facteurs pouvant influencer positivement sur les médiateurs psychologique (autonomie, compétences, affiliation) et donc sur la motivation. Cependant, déterminer ces facteurs ne suffit généralement pas à modifier les comportements. En effet, il est nécessaire d'accompagner les patients vers le changement de comportement. Plusieurs auteurs ont travaillé sur la création de liste, appelées également « taxonomies », regroupant l'ensemble des techniques de changement de comportement (Michi et coll., 2013 ; Bernard et coll., 2019). Bernard et coll. (2019) ont classé 93 techniques de changement de comportement sous 16 grandes thématiques. Ainsi, sous chaque thématique, plusieurs techniques existent pour accompagner les sujets vers un changement de comportement. Boiché et coll. (2020) se sont, quant à eux, intéressés aux méthodes d'interventions identifiées comme des moyens efficaces pour favoriser la motivation en vue d'un changement de comportement vers l'activité physique chez des patients souffrant de pathologie chronique. Ces auteurs ont ciblé dix techniques permettant d'agir sur la motivation en faveur de la pratique d'une activité physique (Tableau 5). Pour Boiché et coll. (2020), l'enjeu principal est de faire en sorte d'impliquer le sujet dès l'initiation du projet afin de développer son autonomie dans une pratique qui a du sens pour lui. De ce fait, il est nécessaire que les soignants partagent le « pouvoir » et le « savoir » en encourageant le patient à développer sa capacité à agir de manière autonome (Labonte, 1994). Pour ce faire, Gurlan et coll. (2016) préconisent de mettre en place des interventions basées sur un modèle théorique tel que le modèle transthéorique du changement de comportement (Prochaska et DiClemente, 1982). En effet, Gurlan et coll. (2016) ont mis en avant l'impact significatif de ces programmes sur les niveaux d'activité physique, à condition qu'ils ciblent les facteurs individuels ainsi que les facteurs intra- et inter- personnels des sujets.

Tableau 5 : Techniques permettant d'agir sur la motivation, selon Boiché et coll., 2020.

Informations	Donner/rappeler des informations sur les effets bénéfiques de l'activité physique régulière, sur un ensemble de dimensions (biologiques, psychologiques et sociales) et les mettre en lien avec les situations vécues et changements constatés sur soi
Opportunités	Proposer différentes possibilités de pratique d'activité physique, prenant en compte les goûts individuels et les préférences personnelles (nature de l'activité, supervision/pratique autonome, pratique conjointe avec d'autres patients ou non)
Anticipation et gestion des barrières	Anticiper individuellement les barrières à l'activité physique, les conflits potentiels entre l'activité physique et les autres activités, anticiper la possibilité que la personne ne pratique plus d'activité physique pendant certaines périodes ; prévoir la meilleure façon de faire face à ces événements pour l'individu
Fixation d'objectifs	Choix personnel de la nature, la fréquence, l'intensité et la durée de l'activité physique pratiquée ; rappel des objectifs fixés et des séances prévues ; système de feedback permettant d'évaluer l'évolution vers les objectifs et de recevoir des encouragements
Monitoring	Suivi de l'adoption du comportement d'activité physique, pouvant être réalisé par la personne (tenue d'un journal) ou un membre de son entourage
Rappel d'expérience	Se remémorer une situation personnelle vécue comme une expérience positive de pratique d'activité physique, ou comme une réussite dans ses tentatives d'inscrire l'activité physique dans son nouveau style de vie
Partage d'expérience	Témoignage d'autres patients indiquant avoir rencontré les mêmes difficultés ou doutes vis-à-vis de la pratique d'activité physique, ayant constaté des bénéfices d'une pratique d'activité physique durable, ou ayant réussi à mettre en place le comportement de façon régulière
Soutien social	Soutien de la démarche et encouragements par les proches, voire pratique conjointe de l'activité physique ; soutien de l'environnement médical et d'autres professionnels
Réévaluation cognitive	Travail sur les pensées récurrentes à l'égard de l'activité physique afin de favoriser une évolution, d'un versant négatif (tourné sur les coûts et les risques) vers des pensées positives tournées vers les capacités et les bénéfices
Entretien motivationnel	Méthode clinique d'accompagnement du changement de comportement, basée sur une approche non directive, regroupant l'initiative du patient, la minimisation de la résistance au changement et la prise en compte de son ambivalence

Il est nécessaire avant la mise en place d'un programme d'identifier les variables du comportement à modifier, ceci afin de sélectionner les techniques de changement de comportement qui sont susceptibles d'impacter les facteurs individuels ainsi que les facteurs intra- et interpersonnels des sujets (Bernard et coll., 2019 ; Boiché et coll., 2020). C'est pourquoi Knittle et coll. (2018) préconisent de réaliser un entretien préalable avec le patient pour déterminer les variables comportementales pouvant être modifiées mais également pour accroître la motivation autonome des sujets face au changement de comportement.

S'appuyant sur ces modèles et ces recommandations, des programmes d'éducation thérapeutique associés à la prise en charge ont été élaborés afin de favoriser l'observance et l'adhésion des patients aux objectifs thérapeutiques.

4.2. Éducation thérapeutique du patient

4.2.1. Définition et cadre législatif

L'éducation thérapeutique du patient est une pratique plutôt récente dans le domaine de la médecine (Lagger et coll., 2010). Toutefois, cette démarche a su se structurer rapidement puisque l'on retrouve une définition dès 1998 (WHO, 1998) : « *l'éducation thérapeutique a pour but d'aider les patients à acquérir ou maintenir les compétences dont ils ont besoin pour gérer au mieux leur vie avec une maladie chronique* ». Selon Sandrin-Berthon (2010), l'éducation thérapeutique permet d'aider les patients souffrant de maladies chroniques à prendre soin d'eux-mêmes en favorisant leur implication dans les décisions et les actions relatives à leur santé. Pour ce faire, il est nécessaire de placer le patient au centre d'une stratégie de traitement de la pathologie afin qu'il devienne un participant dynamique de ses soins (Vargas-Schaffer et Cogan, 2014). En France, cette démarche est soumise à un cadre légal et formel. En effet, l'éducation thérapeutique est régie par des textes de lois portant sur l'encadrement des patients et la formation des professionnels. Ainsi, l'article D.1161-2 précise que l'encadrement de l'éducation thérapeutique nécessite une formation dont l'objectif est de permettre aux professionnels d'acquérir des compétences relationnelles, des compétences pédagogiques et d'animation, des compétences méthodologiques et organisationnelles ainsi que des compétences biomédicales et de soins. De plus, comme l'explique Vargas-Schaffer et Cogan (2014), l'éducation thérapeutique doit être pluridisciplinaire. En effet, selon l'article 1161-3, « *un programme doit être mis en œuvre par au moins deux professionnels*

de santé de professions différentes, régies par les dispositions des livres Ier et II et des titres Ier à VII du livre III de la quatrième partie. » et « lorsque le programme n'est pas coordonné par un médecin, l'un de ces deux professionnels de santé doit être un médecin ».

4.2.2. Parcours éducatif

Selon le guide méthodologique de la Haute Autorité de Santé (2007), « *l'éducation thérapeutique du patient contribue à l'acquisition de compétences d'auto-soins en lien avec la prise en charge de la maladie chronique, les besoins et les attentes du patient* ». Ainsi, l'objectif de l'éducation thérapeutique est de donner des « techniques » pour répondre aux problématiques individuelles de chaque patient afin qu'il puisse gérer sa pathologie au quotidien. Ainsi, de nombreux programmes d'éducation thérapeutique ont vu le jour, tous différents les uns des autres, que ce soit en terme de population prise en charge, de durée de programmes ou encore d'objectifs thérapeutiques. Cependant, tous ces programmes suivent les 4 étapes, recommandées par la Haute Autorité de Santé (2007) à savoir : 1/ Le diagnostic éducatif ; 2/ l'établissement d'un programme personnalisé d'éducation thérapeutique du patient ; 3/ La planification et la mise en œuvre des séances ; 4/ l'évaluation du programme.

▪ Première étape : Le diagnostic éducatif

Comme l'explique Le Breton et coll. (2012), le diagnostic éducatif est la première étape de la démarche d'éducation thérapeutique. Elle consiste en l'évaluation des capacités d'apprentissage et des besoins du patient. C'est lors de cette étape que l'on va chercher à identifier le stade de changement de comportement dans lequel se situe le patient ainsi que les variables du comportement à modifier, ceci afin de sélectionner les techniques les plus appropriées. Ainsi, le diagnostic éducatif doit permettre d'identifier les conditions psychologiques, sociales, pédagogiques et médicales du patient afin d'appréhender le patient dans sa globalité pour mettre en place un programme individualisé à ses besoins et objectifs (Mosnier-Pudar, 2013). Cet entretien permet également au thérapeute d'identifier les freins et les leviers à l'adhérence du projet. Dès cette étape, il est nécessaire de placer le patient au centre du projet thérapeutique et de mettre en place l'alliance thérapeutique (Rotella et coll., 2016). Généralement, durant le diagnostic éducatif, le thérapeute va utiliser la technique de l'entretien motivationnel (Tableau 5) afin de laisser le patient s'exprimer librement sur son ambivalence vis à vis des objectifs.

- **Deuxième étape : définir les objectifs et le programme thérapeutique**

A la suite du diagnostic éducatif, le patient et le thérapeute vont conjointement définir les objectifs thérapeutiques ainsi que les compétences à acquérir au cours du programme d'éducation thérapeutique. Il est nécessaire que ces objectifs soient clairs, bien compris et validés par le patient pour permettre d'instaurer l'adhérence thérapeutique (Rotella et coll., 2016). La validation des objectifs par le patient va créer un contrat moral engageant mutuellement le patient et l'équipe pluridisciplinaire autour des objectifs à atteindre. Bien qu'un contrat moral engage les différentes parties, le patient peut à tout moment redéfinir ses objectifs et les modalités de mise en œuvre de l'éducation thérapeutique.

- **Troisième étape : planification et mise en œuvre des séances**

En fonction des objectifs définis lors de la seconde étape, le patient va entrer dans le programme d'éducation thérapeutique en suivant des séances éducatives individuelles et/ou collectives (Haute Autorité de Santé, 2007). Durant ces séances, il est nécessaire d'utiliser des techniques de communication centrées sur le patient afin de favoriser l'écoute active, l'empathie et une attitude encourageante. Ici, toutes les techniques permettant d'agir sur la motivation peuvent être utilisées, telles que l'information, les opportunités, le rappel et partage d'expérience, le soutien social ou encore l'anticipation et gestion des barrières (Tableau 5). L'objectif de cette troisième étape est d'accompagner efficacement le patient vers son objectif et son changement de comportement en utilisant les leviers qui vont permettre d'interférer efficacement sur les variables du comportement du sujet.

- **Quatrième étape : L'évaluation**

Cette quatrième étape consiste à évaluer l'atteinte des objectifs pédagogiques du contrat éducatif. Toutefois, comme l'expliquent d'Ivernois et Gagnayre (2007), évaluer l'éducation thérapeutique ne se limite pas à mesurer l'atteinte des objectifs fixés, mais aussi ses effets sur un ensemble de transformations.

Au travers ces quatre étapes, les programmes d'éducation thérapeutique doivent permettre l'acquisition de compétences et de ressources afin d'aboutir au résultat, à savoir le changement de comportement vers un mode de vie en adéquation avec les recommandations médicales (dans notre cas réussir à maintenir une activité physique régulière).

4.2.3. Éducation thérapeutique et activité physique

Malgré de nombreux programmes d'éducation thérapeutique qui ont vu le jour en France, très peu ont pour objectif principal la pratique d'une activité physique régulière (ex. : dans le grand-est, sur les 344 programmes d'éducation thérapeutique développés, seuls 3 ont pour objectif la pratique d'une activité physique). Généralement l'activité physique entre dans des programmes d'éducation thérapeutique nutrition santé (Crozet et coll., 2009 ; Gaillard et coll., 2011). Pour autant, ces programmes semblent apporter une amélioration de la pratique d'une activité physique (Riquoir, 2013 ; Racondon et coll., 2019 ; Dordain et coll., 2019 ; Gaillard et coll., 2011). De plus, les études montrent qu'un programme d'éducation thérapeutique orienté vers la pratique d'une activité physique permet d'améliorer les connaissances des patients dans ce domaine (Racondon et coll., 2019 ; Crozet et coll., 2009). Racondon et coll. (2019) ont mis en évidence que ces améliorations restent visibles 6 mois après la prise en charge. Cependant, bien que ces programmes d'éducation thérapeutique semblent fonctionner sur diverses maladies chroniques (obésité, maladie de parkinson, maladies cardiovasculaires), les publications ne décrivent pas les techniques utilisées par les chercheurs pour agir sur la motivation des patients.

En ce qui concerne la lombalgie chronique, il existe peu de traces de programmes d'éducation thérapeutique bien que certains auteurs recommandent la mise en place de ces programmes dans cette population (Foltz et coll., 2013 ; Laroche, 2011). Barbari et coll. (2020) expliquent que l'éducation thérapeutique dans la population souffrant de lombalgie chronique se trouve toujours dans une zone grise de la littérature. Pour autant, des programmes d'éducation thérapeutique axés sur la nécessité de maintenir une activité physique pourraient permettre d'accompagner efficacement les sujets vers le changement de comportement. Ainsi, il serait judicieux de proposer ce type de programmes aux patients lombalgiques chroniques en vue d'améliorer l'observance en activité physique post prise en charge.

Synthèse chapitre 2

Dans ce second chapitre, nous avons mis en évidence le manque d'observance et d'adhésion thérapeutique des patients lombalgiques chroniques et plus particulièrement vis à vis du maintien de la pratique d'une activité physique. Afin d'améliorer cette adhésion, il est nécessaire de comprendre les mécanismes du changement de comportement.

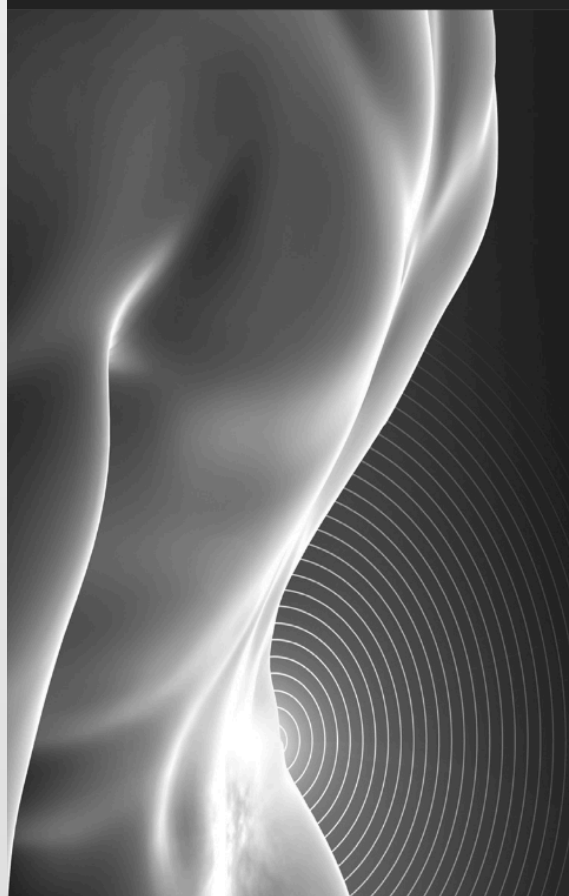
Nous avons mis en avant que, pour modifier un comportement jugé comme problématique (ex : inactivité physique), le sujet va passer par 6 stades de changement de comportement : la pré-contemplation, la contemplation, la préparation, l'action, le maintien et la chute/rechute. Lorsqu'un individu décide de changer de comportement, il va utiliser des stratégies cognitives, affectives et comportementales afin d'évoluer et parfois réussir à changer de comportement. Ces stratégies vont directement dépendre de la motivation des sujets à réaliser ce changement.

Il existe plusieurs sortes de motivation allant de la motivation la moins autodéterminée à la plus autodéterminée (amotivation, motivation extrinsèque, motivation intrinsèque). Il est possible d'utiliser ces différentes formes de motivation pour amener progressivement le patient vers une motivation autodéterminée. Pour cela, il est nécessaire d'identifier les facteurs sociaux, sous-entendu tous les facteurs qui vont interagir avec le patient (les facteurs intra- et interindividuels), pouvant impacter positivement sur les trois besoins psychologiques fondamentaux du patient (autonomie, compétences et affiliation). Lorsque ces facteurs ont été identifiés, il est nécessaire d'accompagner le patient vers le changement de comportement.

Dans le cadre de la pratique d'une activité physique, 10 techniques agissant efficacement sur la motivation ont été mis en évidence. Cependant, ces techniques vont dépendre directement des besoins de l'individu. C'est pourquoi, il est nécessaire que celui-ci soit au centre du projet et de la prise en charge. Pour ce faire, les soignants doivent partager le « pouvoir » et le « savoir » avec les patients en les encourageant à développer leur capacité à agir de manière autonome. Cette autonomie va passer par la fixation d'objectifs communs entre patients et soignants en vue d'instaurer une alliance thérapeutique. S'ensuit la mise en place d'un programme incluant les techniques agissant efficacement sur la motivation à pratiquer une activité physique. L'éducation

thérapeutique semble donner des résultats prometteurs chez les patients souffrant de pathologie chronique. Toutefois, force est de constater le manque de données de cette thérapeutique sur les patients lombalgiques chroniques.

**- OBJECTIFS DU TRAVAIL DE
THÈSE -**



1. Contexte

La revue de littérature a mis en évidence que la lombalgie chronique reste aujourd'hui un problème de santé majeur (Wu et coll., 2020). De par son caractère multidisciplinaire, sa prise en charge est complexe et plurielle. En effet, la douleur récurrente au cours du mouvement, entraînant notamment kinésiophobie, anxiété et dépression, va induire une diminution de la condition physique ainsi que des troubles psychosociaux.

Depuis le début des années 2000, de nombreux travaux scientifiques ont montré que la prise en charge multidisciplinaire centrée autour de l'activité physique permettait de lutter efficacement contre la kinésiophobie et les problèmes psychosociaux (Van Middlkoop et coll., 2011 ; Kamper et coll., 2015). Toutefois, sans un maintien de l'activité physique sur le long terme, force est de constater que les bénéfices de ces programmes de soins ne durent pas dans le temps, entraînant une récurrence de la douleur. Or, dans cette population, il existe une mauvaise observance thérapeutique médicamenteuse et non médicamenteuse (comme la pratique de l'activité physique) que ce soit dans le suivi de la prise en charge comme dans la pratique d'une activité physique régulière. Une des explications possibles : les patients lombalgiques ne seraient pas ou insuffisamment préparés à une démarche autonome envers leur pathologie (Perrot et coll., 2009).

Il est ainsi nécessaire de trouver des solutions permettant d'améliorer l'observance thérapeutique par un changement de comportement de la part des patients pour passer d'un style de vie sédentaire à actif. Ce changement de comportement passe par différentes étapes de la motivation vis à vis de la pratique d'une activité physique régulière. C'est ainsi que les études portant sur ce sujet soulignent l'importance d'impliquer les patients dès le début de la prise en charge et d'individualiser celle-ci en fonction de leurs besoins (Boutevillain et coll., 2017). De plus, il est important de mettre en place des objectifs communs entre le patient et l'équipe soignante afin de faciliter l'adhésion des patients aux soins. Toutefois, malgré une littérature fournie sur ce sujet, il y a peu d'études donnant des moyens d'améliorer l'observance en activité physique dans une population lombalgique chronique.

2. Problématique et objectifs

Dans ce contexte, deux questions ressortent à savoir : « *Comment faire pour individualiser la prise en charge afin de favoriser l'adhésion du patient au programme de*

soins ? » et « Quel(s) "outil(s)" pouvons-nous proposer pour améliorer l'observance en activité physique sur le long cours chez les patients lombalgiques chroniques ? ».

Ainsi, **l'objectif principal de ce travail de thèse** était de déterminer des stratégies d'amélioration de l'observance en activité physique chez des patients souffrant de lombalgie chronique. Notre but était ainsi d'apporter des éléments permettant une individualisation des programmes de soins ainsi que des solutions concrètes pour accompagner les patients lombalgiques chroniques vers un changement de comportement favorisant l'adhésion et l'observance en activité physique.

Notre hypothèse principale était que l'individualisation de la prise en charge, la compréhension des objectifs de soins à travers l'activité physique ainsi que l'acquisition de connaissances sur la gestion de la pathologie favoriseraient l'observance en activité physique.

Pour répondre à cet objectif, ce travail s'est organisé autour de 3 études :

➤ **Étude n°1 : Programme de reconditionnement en activité physique, hors structure de soins conventionnelle, pour une population de lombalgique chronique encore en activité professionnelle** (*article soumis dans la revue American Journal of Preventive Medicine*).

La prise en charge pluridisciplinaire a démontré toute son efficacité comme traitement de la lombalgie chronique contre la douleur. Toutefois, du fait de la durée des programmes, allant de 30 à 100 heures sur 3 à 6 semaines, celle-ci n'est pas adaptée aux patients encore en activité professionnelle car elle nécessite une hospitalisation durant la période de prise en charge. Il est donc nécessaire de se tourner vers un autre type prise en charge plus adapté afin d'éviter les arrêts de travail sur la période des soins. Ainsi, l'objectif de cette étude était de démontrer l'efficacité d'un programme de reconditionnement court en activité physique, pour des patients souffrant de lombalgique chronique en activité professionnelle.

➤ **Étude n°2 : Prise en charge pluridisciplinaire et programme d'éducation** (*article soumis dans la revue Scientific Reports*)

La seconde étude de ce travail consistait à mettre en place un programme d'éducation durant la prise en charge pluridisciplinaire du patient lombalgique chronique et d'en évaluer son efficacité sur le maintien d'une activité physique à court (3 mois post prise en charge) et à moyen terme (6 mois post prise en charge) et à long terme (1 an post prise en charge). L'objectif de cette seconde étude était de donner aux patients des outils permettant de mieux gérer leur pathologie en vue de maintenir une activité physique régulière sur le long terme. Cependant, suite à la pandémie de COVID-19, nous avons dû arrêter notre étude à 6 mois de suivi post prise en charge.

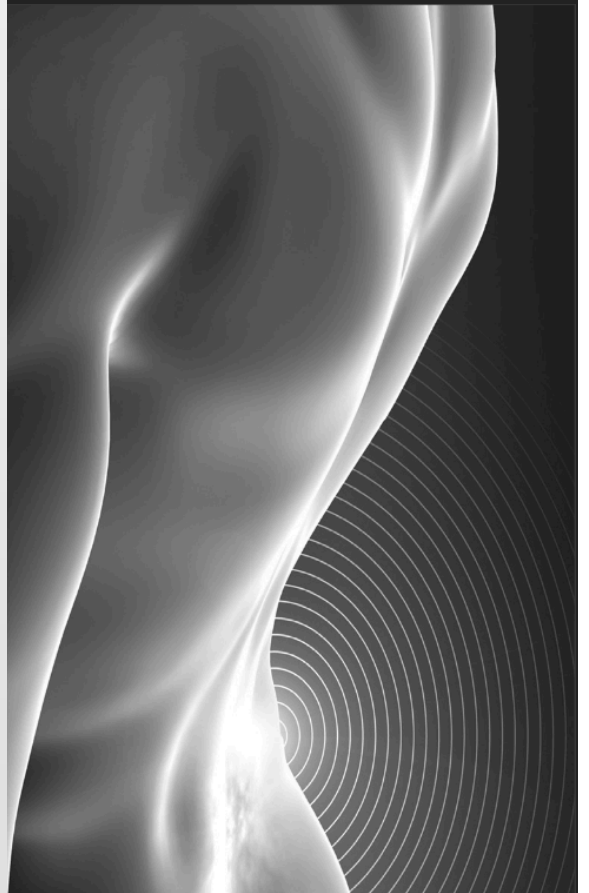
➤ **Étude n°3 : Création de normes d'endurance musculaires isométrique** (*article accepté dans la revue Sport Medicine – Open*)

Le manque d'outils à destination du patient pour assurer son propre suivi sur ses performances musculaires pourrait être une limite à son adhésion à l'activité physique à long terme. Dans ce sens, la création de normes musculaires d'endurance isométrique, intégrées dans une application mobile, permettrait aux patients de s'auto-évaluer et d'être mis face au déclin/maintien de ses performances musculaires. L'application connectée à une plateforme numérique de santé permettrait de traiter les données et d'assurer un programme individualisé à distance. Le choix de mesurer l'endurance isométrique est due au fait que les tests d'évaluation ne nécessitent ni matériel, ni personnel. Ils sont sécuritaires et simples à reproduire au domicile. Mais avant de réaliser les normes musculaires, nous avons dû nous assurer de la reproductibilité de ces tests. En effet, les sujets lombalgiques arrêtent très souvent les tests d'évaluation de la fonction musculaire à cause de douleurs provenant de la position initiale du test. Aussi, nous avons modifié certaines positions initiales ce qui a demandé une nouvelle validation des tests. L'arrivée de la pandémie COVID-19 a modifié notre plan d'intervention. A ce jour, nous avons pu valider les normes musculaires mais nous n'avons pas pu mettre en place le suivi « passerelle » via un programme en activité physique individualisé par outil connecté afin de savoir si cet outil connecté pouvait accroître la motivation à l'activité physique par le suivi du patient lui-même de ses propres performances musculaires.

Ainsi, les objectifs de cette étude étaient :

- i. de valider la reproductibilité des différents tests isométriques musculaires ;
- ii. d'établir des équations de prédiction d'endurance musculaire dans une population saine intégrant les caractéristiques anthropométriques des sujets ;
- iii. de dégager des ratios entre les muscles agonistes et antagonistes.

- CONTRIBUTION PERSONNELLE -



Matériels et méthodes

Les études ont été réalisées en accord avec les principes éthiques de la déclaration d'Helsinki et ses amendements ultérieurs. Le protocole des études cliniques a reçu un avis favorable du comité d'éthique en sciences comportementales de l'Université de Lille (n° d'enregistrement : 2019-380-S77). Chaque participant a reçu et signé une lettre d'informations éclairées et un formulaire de consentement avant de débiter le protocole. Étant donné la pluralité des protocoles utilisés durant cette thèse, nous présenterons cette partie en sous paragraphes tout en regroupant ce qui est commun. Ainsi, le protocole RENODOS, qui correspond à une prise en charge pluridisciplinaire, a été utilisé pour le groupe contrôle des études n°1 et n°2. Ce programme est celui utilisé au centre de réadaptation fonctionnelle « Les Hautois » de Oignies, établissement dans lequel a été réalisé ce travail de thèse. Les autres protocoles, notamment ceux du groupe expérimental des études n°1 et n°2 ainsi que celui de l'étude n°3 seront présentés séparément.

1. Critères d'inclusion et d'exclusion

1.1. Critères d'inclusion et d'exclusion pour les études 1 et 2

Pour les études n°1 et n°2, les sujets ont été recrutés dans une population d'adultes âgés de 18 à 60 ans. Ils devaient souffrir de lombalgie chronique non spécifique depuis plus de trois mois pour être inclus dans l'étude. La lombalgie non spécifique se définit comme une lombalgie ne pouvant être liée à une pathologie sous-jacente telle qu'un cancer, une infection, une fracture, de l'ostéoporose ou encore une ostéomyélite spinale. De plus, chaque patient devait être capable de lire et écrire pour être en mesure de donner son consentement éclairé et, dans le cas de l'étude n°2, participer aux séances du programme d'éducation.

Les sujets étaient exclus s'ils présentaient une lombalgie chronique spécifique, des troubles psychiatriques ou psychologiques sévères, une pathologie cardiaque instable ou une contre-indication médicale restreignant l'activité physique.

Au final, 204 sujets lombalgiques chroniques ont été inclus dans ce travail et 8 sujets en ont été exclus car ne répondant pas aux critères d'inclusion. Ainsi, l'étude n°1 était composée de 68 sujets lombalgiques chroniques et l'étude n°2 de 136 sujets lombalgiques chroniques.

1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion pour l'étude 3

Pour être inclus dans l'étude n°3, les sujets devaient être sains, c'est à dire ne devaient pas présenter d'antécédents de maladie chronique ou aiguë, avoir un score au questionnaire de Baecke inférieur à 9 (ce qui correspond à un mode de vie peu actif), ne pas avoir de troubles psychiatriques ou psychologiques et ne pas avoir de contre-indication à l'exercice.

Au final, 420 sujets sédentaires à actifs modérés ont été inclus dans cette étude. 20 sujets ont été recrutés pour vérifier la reproductibilité des tests et 400 sujets (200 hommes et 200 femmes) pour établir les équations de prédiction d'endurance musculaire.

2. Méthodologie - études n°1 et n°2

2.1. Contenu des programmes

2.1.1. Prise en charge RENODOS - Groupe Témoin études n°1 et n°2

Ce programme pluridisciplinaire, réalisé en ambulatoire ou en hospitalisation complète comprend par semaine (Tableau 6) :

- 7 heures 30 de kinésithérapie incluant deux séances par jour : 1/une séance de renforcement musculaire à poids de corps associée à un travail de proprioception et 2/ une séance d'étirements axée sur les muscles quadriceps, ischio-jambiers, muscles pyramidaux et muscles du rachis.
- 5 heures de balnéothérapie composées d'exercices de renforcement musculaire des membres inférieurs et supérieurs, d'étirements et de relaxation.
- 5 heures d'ergothérapie comprenant un apprentissage de l'économie rachidienne, du lever de charge ainsi qu'un travail de geste et posture.
- 10 heures d'activité physique adaptée englobant l'apprentissage des techniques d'échauffement ; un travail quotidien d'endurance cardio-respiratoire sur cycloergomètre ou sur vélo-elliptique durant 30 minutes à 65% de la fréquence cardiaque cible, déterminée par la formule de Karvonen (Karvonen et coll., 1957) ; et de renforcement musculaire global à poids de corps, sur machine à charge, avec élastique ou encore avec des TRX. Le protocole d'entraînement de renforcement musculaire était de 8 séries de 15 répétitions par exercice avec 1 minute de récupération passive entre les séries. Cependant, le modèle de la douleur acceptable a été utilisé pour faire face à la douleur pendant l'exercice. Ainsi, afin de réajuster l'intensité de l'exercice, il a été demandé aux patients, à chaque fin de

série, de déterminer leur niveau de fatigue via l'échelle de Borg (Borg, 1982) ainsi que le niveau de douleur ressentie via l'échelle visuelle analogique (Huskisson, 1974). Un score supérieur à 15/20 sur l'échelle de Borg ou 80/100 sur l'échelle visuelle analogique induisait une diminution de l'intensité ou l'arrêt de l'exercice. Pendant la période d'entraînement, l'intensité de l'exercice était réajustée lorsque les patients atteignaient les 8 séries de 15 répétitions sans difficulté et avec une douleur acceptable. L'intensité réajustée correspondait à une charge de travail que les patients pouvaient répéter 15 fois. Pendant les entraînements, si la douleur dépassait occasionnellement la limite acceptable, cela était utilisé comme un processus d'apprentissage et la dose d'activité était ajustée en conséquence pour atteindre un niveau de douleur acceptable.

Associé à ces exercices, une découverte de différentes activités physiques adaptées étaient proposées telles que la marche nordique ou encore la gymnastique douce.

- 1 heure de suivi médical où les médecins de Médecine Physique et de Réadaptation renseignaient le patient sur l'anatomie de la colonne vertébrale, les mécanismes de la douleur et les thérapeutiques disponibles.
- Selon les besoins du patient, un rendez-vous avec un(e) psychologue ou un(e) assistant(e) social(e) pouvait être organisé.

Durant cette prise en charge, il est demandé aux patients de stopper tout traitement médicamenteux contre la douleur.

Tableau 6 : Emploi du temps type du sujet lombalgique chronique dans le programme RENODOS

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
8h30 – 9h00	Réveil Musculaire	Réveil Musculaire	Gymnastique douce	Réveil Musculaire	Marche Nordique
9h00 – 9h30					
9h30 – 10h00	Activité physique Adaptée	Activité physique Adaptée	Activité physique Adaptée	Activité physique Adaptée	Activité physique Adaptée
10h00 – 10h30					
10h30 – 11h00		Kinésithérapie			
11h00 – 11h30	Kinésithérapie		Kinésithérapie	Kinésithérapie	Kinésithérapie
11h30 – 12h00					
REPAS					
13h00 – 13h30	Ergothérapie	Ergothérapie	Ergothérapie	Ergothérapie	Ergothérapie
13h30 – 14h00					
14h00 – 14h30	Kinésithérapie	Suivi médical	Kinésithérapie	Kinésithérapie	Kinésithérapie
14h30 – 15h00					
15h00 – 15h30		Kinésithérapie			
15h30 – 16h00	Balnéothérapie	Balnéothérapie	Balnéothérapie	Balnéothérapie	Balnéothérapie
16h00 – 16h30					
16h30 – 17h00					

2.1.2. Programme de prise en charge en activité physique hors structure conventionnelle – Groupe Expérimental étude n°1

Ce programme de reconditionnement en activité physique s'est déroulé en dehors d'un centre de santé conventionnel et il était dispensé par un enseignant en activité physique adaptée.

Le programme, d'une durée six heures, réparti sur deux semaines (trois séances d'une heure par semaine), comprenait une séance individuelle d'endurance musculaire et cardiorespiratoire, une séance individuelle de gymnastique douce et une séance collective de gymnastique aquatique. Pendant toute la durée de la prise en charge, les patients ont dû arrêter les traitements narcotiques comme demandé lors de la prise en charge pluridisciplinaire.

- La séance individuelle d'endurance musculaire et cardiorespiratoire se déroulait suivant ce schéma :

- 15 minutes d'échauffement cardiorespiratoire sur un cycloergomètre ou un vélo elliptique, à 65% de la fréquence cardiaque cible, déterminée par la formule de Karvonen (Karvonen, 1957).
- 30 minutes d'activités de renforcement musculaire stato-dynamique en utilisant le poids du corps ou une bande de résistance élastique. Cette activité ciblait le renforcement musculaire de la région lombaire et dorsale, ainsi que les muscles des membres inférieurs.
- 15 minutes d'étirements des muscles de la colonne vertébrale et des muscles des membres inférieurs.

- La séance individuelle de gymnastique douce se composait de :

- 10 minutes d'échauffement, incluant toutes les articulations du corps.
- 30 minutes d'exercices de proprioception et d'équilibre en utilisant des outils comme un « Gym-Ball » ou « Bosu » ainsi que des exercices de marche pouvant induire un déséquilibre (*ex. : marche en tandem sur une ligne droite, marche en croisant les pieds, etc.*).
- 20 minutes d'exercices de relaxation musculaire, comprenant des étirements et des exercices respiratoires.

- Une séance de gymnastique aquatique en groupe se composait de :

- Un échauffement, consistant à nager 150 à 200 mètres en nage libre.
- Un travail d'endurance des membres inférieurs pendant 20 minutes : par exemple, les patients devaient réaliser des exercices de battements de jambes allongés sur le ventre

ou sur le dos, de pédalages assis sur une frite ou sur une planche, de battements verticaux sur place, etc., exercices réalisés soit sur un temps de travail donné (*ex. : 5 x 15 secondes de battements verticaux sur place, récupération 30 secondes*) soit sur une distance précise (*ex. : réaliser 75 mètres en pédalage assis sur frite*).

- D'un travail d'endurance des membres supérieurs pendant 20 minutes : par exemple, les patients devaient réaliser des mouvements de bras avec des gants de boxe aquatique ou une planche sur un temps donné (*ex. : 30 secondes de travail, 15 secondes de récupération le tout 5 fois*), réaliser des distances précises avec les bras uniquement en mettant un pull-boy entre les jambes (*ex. : 100 mètres crawl en éducatif « retour aquatique »*)

Entre les deux sessions de 20 minutes, une récupération active était proposée à savoir nager 100 à 200 mètres (*en fonction de l'aisance de chacun dans l'eau*) en nage libre.

- La fin de la séance consistait à se relaxer pendant cinq minutes. Les patients pouvaient choisir entre des exercices d'étirement ou s'allonger sur le dos avec plusieurs frites sous les genoux, fesses, nuque pour se laisser bercer par l'eau.

2.1.3. Programme éducatif – Groupe Expérimental étude n°2

Pour l'étude n°2, le groupe expérimental a bénéficié de la même prise en charge pluridisciplinaire que le groupe témoin (*prise en charge RENODOS*). Toutefois, celle-ci comprenait trois à cinq séances d'une heure d'un programme éducatif (Tableau 7), dont l'objectif principal était d'accompagner les patients lombalgiques chroniques vers un changement de comportement en vue de maintenir une activité physique régulière à long terme. Sur les 5 séances éducatives proposées aux patients, 3 séances étaient obligatoires et 2 étaient facultatives. Les trois séances obligatoires étaient : 1/ une séance portant sur la motivation à la pratique d'une activité ; 2/ une séance sur la gestion de la vie quotidienne ; 3/ une séance sur l'activité physique. En résumé, ce programme comprenait une combinaison de conseils théoriques fondés sur les principes du changement de comportement ainsi que l'identification des obstacles connus à la pratique d'une activité physique. Pour ce faire, durant les séances d'éducation, certaines techniques permettant d'agir sur la motivation (Boiché et coll., 2020) ont été utilisées (Tableau 7). Les deux autres séances optionnelles portaient sur : 1/ la gestion du stress et des émotions ; 2/ le projet professionnel. Elles sont proposées après un entretien avec le médecin. Ainsi, si le patient présentait un score supérieur à 8 à l'item anxiété ou dépression de l'échelle d'anxiété et de dépression (Zigmond et Snaith, 1983), il était orienté vers la séance gestion

du stress et des émotions. Si le patient était en arrêt de travail (arrêt maladie, chômage, etc.) ou souhaitait une information spécifique (aménagement du poste de travail, etc.), il était orienté vers la séance sur le projet professionnel. Au final, sur les 68 patients lombalgiques inclus dans le groupe expérimental, 57 patients lombalgiques chroniques ont participé à la session sur la gestion du stress et des émotions, et 34 ont souhaité participer à la session sur le projet professionnel.

Afin de maintenir le même nombre d'heures de soins entre les 2 groupes (groupe témoin et groupe expérimental), les séances d'éducation ont été placées parallèlement aux séances de rééducation fonctionnelle. Ainsi, si un patient ne participait pas à la séance d'éducation, il devait effectuer la séance initialement prévue dans le programme multidisciplinaire.

Tableau 7 : Description du programme éducatif

Professionnels	Activité	Techniques motivationnelles utilisées
Psychologue	<p><i>Séance d'une heure sur la gestion du stress et des émotions</i></p> <p>Au cours de cette séance, les patients ont travaillé sur des stratégies d'adaptation afin de diminuer l'impact émotionnel du stress.</p>	<p>Anticipation et gestion des barrières : prévoir la meilleure façon de faire face au stress et aux émotions</p>
Psychologue	<p><i>Séance d'une heure sur l'approche motivationnelle</i></p> <p>Cette séance servait d'introspection pour les patients afin de déterminer quelles activités physiques les motivaient. L'objectif de cette session était de définir des objectifs d'activité physique à atteindre une fois la prise en charge au centre de rééducation terminée.</p>	<p>Informations : Donner / rappeler les effets bénéfiques de l'activité physique régulière.</p> <p>Rappel d'expérience : Se remémorer une situation personnelle vécue comme une expérience positive de pratique d'activité physique afin de déterminer les activités physiques que le patient aime ou a aimé pratiquer.</p> <p>Réévaluations cognitives : travail sur les pensées du patient à l'égard de l'activité physique afin de favoriser sa pratique après la prise en charge</p>

<p>Enseignant en activité physique adaptée</p>	<p>Séance d'une heure sur les principes de l'activité physique</p> <p>L'objectif de cette séance était d'identifier les bonnes pratiques d'activité physique ainsi que les pratiques déconseillées pour les sujets souffrant de lombalgie chronique. De plus, les patients ont été interrogés sur leur difficulté à pratiquer une activité physique. Enfin, il a également été demandé aux patients de mettre en place un emploi du temps pour encourager la pratique et la pérennisation de l'activité physique au quotidien.</p>	<p>Informations : Donner / rappeler les effets bénéfiques de l'activité physique régulière.</p> <p>Anticipation et gestion des barrières : Analyser les conflits potentiels entre l'activité physique et les autres activités (<i>mise en place d'un emploi du temps</i>)</p> <p>Fixation d'objectifs : Déterminer les activités physiques qui pourront être pratiquées à la suite de la prise en charge. Définir quand et comment ces activités doivent être pratiquées.</p> <p>Réévaluation cognitive : travail sur les pensées du patient à l'égard de l'activité physique afin de favoriser sa pratique après la prise en charge.</p>
<p>Ergothérapeute</p>	<p>Séance d'une heure sur la gestion des activités quotidiennes</p> <p>Au cours de cette séance, les patients ont été interrogés sur l'impact de la lombalgie chronique sur leur vie quotidienne et leur travail. L'objectif était d'identifier dans leurs activités quotidiennes, ce qui les mettaient en difficulté et comment protéger leur dos dans ces situations. Au cours de cette séance, l'ergothérapeute a expliqué comment une activité physique régulière peut améliorer la vie quotidienne.</p>	<p>Informations : Donner / rappeler les effets bénéfiques de l'activité physique régulière.</p> <p>Partage d'expérience : Échange entre les patients sur les difficultés rencontrées dans la vie de tous les jours afin de déterminer des solutions pour améliorer le quotidien.</p>
<p>Assistante sociale</p>	<p>Séance d'une heure d'entretien sur le projet professionnel</p> <p>Cette séance a permis d'analyser la situation professionnelle du patient, de l'informer et de le soutenir sur le maintien ou le changement d'emploi.</p>	<p>Informations : Renseigner le patient et l'accompagner sur le maintien dans l'emploi et / ou la reconversion professionnelle.</p>
<p><i>Note : Toutes ces séances ont été réalisées collectivement, à l'exception de la séance avec l'assistante sociale sur la situation professionnelle.</i></p>		

Afin d'illustrer la méthodologie de ce programme d'éducation, prenons comme exemple la séance sur les principes d'activité physique :

▪ **Premier objectif** : *Définir le stade de changement de comportement*

Au travers d'une discussion ouverte, l'enseignant en activité physique cherchait à déterminer où se situaient les patients au niveau de l'activité physique (*pré-contemplation, contemplation, préparation*). Des questions simples, comme « *qu'est-ce que vous comptez faire après la prise en charge ?* », permettaient de situer le stade de changement de comportement de manière assez simple.

▪ **Second objectif** : *Analyse de la motivation du sujet vis à vis de l'activité physique*

Une fois le stade défini, l'analyse se portait sur la motivation du sujet vis à vis de la pratique. Pour ce faire, l'enseignant en activité physique questionnait les patients sur leur pratique physique en commençant par des questions sur la prise en charge « *pouvez-vous m'expliquer ce que vous faites comme activité au centre ?* », puis en ouvrant sur la pratique antérieure et les raisons de cette pratique « *quels sports avez-vous pratiqué ou pratiquez-vous actuellement ?* ».

▪ **Troisième objectif** : *Utilisation des techniques permettant d'agir sur la motivation*

Les techniques utilisées dépendaient du stade de changement ainsi que de la motivation des sujets. La séance se passant en groupe, tous les patients ont bénéficié de l'ensemble des techniques. Pour autant, en fonction du stade des sujets et de leurs motivations, divers outils étaient utilisés pour accompagner le patient dans sa réflexion de changement de comportement :

- Lorsque le sujet était en phase de pré-contemplation avec une amotivation, la technique utilisée était l'information sur les bénéfices de l'activité physique régulière, la nécessité de la maintenir après le programme, comment doit-on construire une séance d'activité physique et la planifier dans la semaine.

- Lorsque le sujet était en phase de contemplation avec une faible autodétermination à la pratique d'une activité physique, les techniques utilisées étaient l'information (*bénéfices de l'activité physique régulière, les recommandations en matière d'activité physique, etc.*), l'anticipation des gestes barrières (*analyse de l'ambivalence des sujets notamment les conflits entre l'activité physique et les autres activités de la vie quotidienne*), la réévaluation cognitive (*accompagner le patient vers une démarche réflexive sur les bénéfices de l'activité physique*) et la mise en place d'objectifs simples et

réalisables (*ex : marcher 10 minutes en continu par jour*) afin de l'amener progressivement vers le stade de préparation.

- Lorsque le sujet était en phase de préparation, il bénéficiait de l'ensemble des techniques citées ci-dessus. Cependant, la mise en place d'objectifs était plus élaborée avec une analyse des activités qu'il souhaitait et pouvait faire, des conseils pratiques sur la réalisation des objectifs (*ex. : inscription dans une salle*) et une analyse plus poussée de l'organisation des séances dans l'emploi du temps.

2.2. Variables mesurées au cours des études n°1 et n°2

2.2.1. Variables communes aux deux études

2.2.1.1. Évaluation de la douleur

Avant toute séance d'évaluation physique, la douleur globale perçue a été mesurée par une échelle visuelle analogique (EVA) de la douleur de 0 à 100 millimètres (Huskisson, 1974). Chaque extrémité de cette échelle correspond à une valeur extrême : le côté gauche correspond à une « absence de douleur » et le côté droit à une « douleur maximale imaginable ». Le score EVA nous renseigne sur trois niveaux de douleur : léger (score <30), moyen (score compris entre 31 et 69), et sévère (score >70).

2.2.1.2. Évaluation du retentissement de la douleur

Les patients ont rempli un ensemble de questionnaires pour évaluer le retentissement de la douleur sur différents paramètres :

Le retentissement de la douleur sur la qualité de vie : Ce paramètre a été évalué par le biais de l'Auto-questionnaire de Dallas (Lawlis et coll., 1989 ; version française : Marty et coll., 1998). Ce questionnaire évalue quatre domaines de la qualité de vie : 1/ les activités de la vie quotidienne (AQ) ; 2/ les activités professionnelles et de loisirs (AP/L) ; 3/ l'anxiété et la dépression (A/D) ; 4/ la sociabilité (S). Ce questionnaire se traduit par un score exprimé en pourcentage de retentissement de la douleur chronique pour chaque domaine de la qualité de vie. Un score de 0% correspond à une absence de retentissement alors qu'un score de 100% représente une gêne maximale.

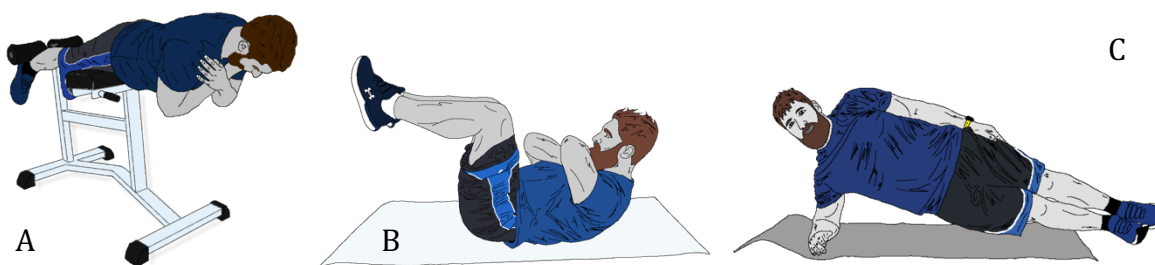
Le retentissement fonctionnel de la douleur : ce paramètre est mesuré à l'aide du questionnaire Eifel, (Rolland et Morris, 1983 ; version française : Coste et coll., 1993). Plus le score final de ce questionnaire est élevé, plus les répercussions fonctionnelles de la lombalgie sont importantes.

Le retentissement de la douleur sur la kinésiophobie : ce paramètre a été mesuré à l'aide du questionnaire Tampa Scale of Kinesiophobia, (Kori et coll., 1990 ; version française : French et coll., 2002). Plus le score est élevé, plus le niveau de kinésiophobie est important. Un score de 40/68 est considéré comme une kinésiophobie significative.

2.2.1.3. Évaluation physique

Le niveau de fatigabilité des muscles extenseurs du tronc, des muscles fléchisseurs du tronc et des muscles carrés des lombes a été évalué respectivement par les tests d'endurance isométrique Sorensen (Biering-Sorensen, 1984), Ito (Ito et coll., 1996) et side bridge test (McGill et coll., 1999). Le sujet devait maintenir le plus longtemps possible la position du tests (Figure 9), après avoir réalisé un échauffement de 10 minutes sur un cycloergomètre, à 65% de la fréquence cardiaque cible, déterminée par la formule de Karvonen (Karvonen, 1957). L'arrêt du test se faisait lorsqu'une douleur apparaissait ou lorsque la position n'était plus respectée. La durée du maintien de la position était mesurée à l'aide d'un chronomètre et le résultat était indiqué en secondes.

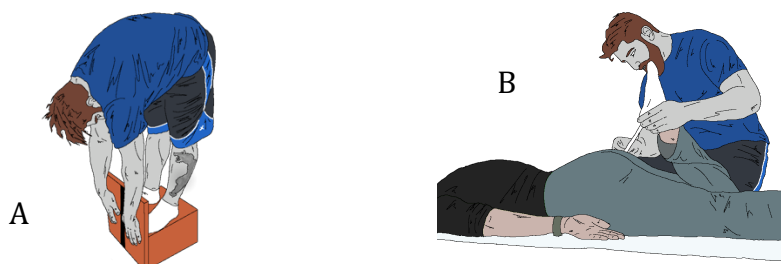
Figure 9. Tests d'endurances musculaires isométriques



(A) évaluation de l'endurance isométrique des muscles extenseurs du tronc ; (B) évaluation de l'endurance isométrique des muscles fléchisseurs du tronc ; (C) évaluation de l'endurance isométrique des muscles obliques

La souplesse de la chaîne postérieure et celle des quadriceps ont été mesurées respectivement à l'aide du test distance doigts-sol (Kippers et Parker, 1987) et distance talon-fesse (Deacon, 1966). Pour chaque test, la distance a été mesurée après trois essais (Figure 10). Le descriptif de chaque test physique est présenté en annexe 1.

Figure 10. Tests de souplesse



(A) évaluation de la souplesse de la chaîne postérieure ; (B) évaluation de la souplesse des muscles quadriceps

2.2.2. Variables mesurées spécifiquement pour l'étude 2

L'étude n°2 portant sur un suivi à 3 mois et 6 mois post prise en charge, le taux de patients ayant réalisé le bilan de suivi ainsi que la reprise de l'activité physique a été évalué.

La reprise de l'activité physique a été évaluée lors d'un entretien entre le patient et un enseignant en activité physique adaptée. Cet entretien a permis de recueillir des informations sur la reprise d'activité physique de loisir du patient autour des questions suivantes :

- Existence ou pas d'une pratique d'activité physique ?
- Quels sont les types d'activités pratiquées ?
- Combien de fois par semaine se déroule ces pratiques ?
- Y-a-t-il des difficultés particulières lors de ces pratiques ?

Durant l'entretien, les patients étaient encouragés à s'exprimer concernant leurs interrogations sur la pratique de l'activité physique. Ce temps d'échange permettait de revenir également sur les difficultés rencontrées par le patient, afin de l'accompagner ou le remotiver en cas d'abandon. Ainsi, l'objectif de cet entretien était : 1/ d'avoir des données sur l'observance en activité physique post prise en charge, et 2/d'apporter un feedback au patient afin qu'il puisse soit maintenir son activité physique, soit se remotiver à la pratiquer.

3. Méthodologie de l'étude n°3 : création de normes musculaires

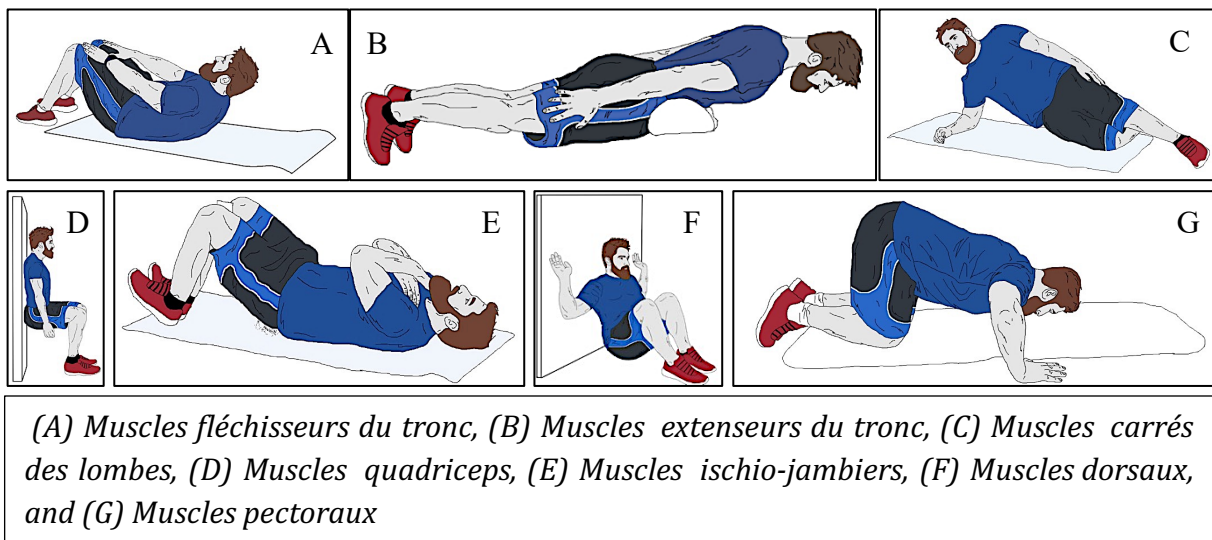
L'étude n°3 s'est déroulée en deux temps avec des méthodologies bien distinctes. Dans un premier temps, il a fallu valider la reproductibilité des tests isométriques ce qui nous a permis par la suite de valider des normes musculaires. En effet, les sujets lombalgiques arrêtent très souvent les tests d'évaluation de la fonction musculaire à cause de douleurs

provenant de la position initiale du test. Aussi, nous avons modifié certaines positions initiales ce qui a demandé une nouvelle validation des tests (cf. Annexe 2). Cette étude a été réalisée chez des sujets sains (hommes et femmes), sédentaires à actifs modérés.

3.1. Partie 1: Reproductibilité des tests musculaires d'endurance isométrique maximale

La reproductibilité intra et inter-évaluateurs a été mesurée sur les groupes musculaires suivants : quadriceps, ischio-jambiers, fléchisseurs du tronc, extenseurs du tronc, carrés des lombes droit et gauche, ainsi que les muscles dorsaux et pectoraux (Figure 11). Le guide des postures de chaque test est présenté en Annexe 2.

Figure 11. Figures illustrant la mesure de l'endurance musculaire isométrique



Deux évaluateurs, A et B, ont chacun effectué deux sessions d'évaluation (A1 et A2 pour l'évaluateur A et B1 et B2 pour l'évaluateur B). Afin d'éviter l'effet d'accoutumance, les données des évaluateurs A et B ont été recueillies de manière aléatoire. Avant la collecte des données, les évaluateurs se sont exercés à utiliser les protocoles des tests afin de s'assurer que les procédures standardisées étaient maîtrisées.

Chaque session d'évaluation a duré deux semaines avec une pause d'au moins 24 heures entre chacune d'elles. Cet intervalle de 24 heures a été choisi afin d'éviter l'impact de la fatigue résultant de deux sessions trop rapprochées (Birmingham, 2000 ; Loss et coll., 2020). Seules les données des trois dernières sessions d'évaluation (A2, B1 et B2) ont été analysées. La première session (A1) servant de familiarisation et ses résultats n'ont pas été pris en compte dans l'analyse des données.

Les mesures des deux évaluateurs ont été enregistrées sur des formulaires de collecte de données distincts afin de s'assurer qu'ils étaient en double aveugle (*face aux résultats de l'autre évaluateur mais également face à leurs propres résultats antérieurs*). Les deux évaluateurs ont effectué deux sessions d'évaluation pour chaque sujet et ont appliqué chaque test isométrique dans un ordre aléatoire. La randomisation a été réalisée avec le logiciel R en attribuant un numéro à chaque test. Pendant l'évaluation, le muscle antagoniste a été testé après le muscle agoniste. Avant l'évaluation de chaque test, les évaluateurs ont expliqué et démontré la procédure de test au sujet.

Chaque session d'évaluation commençait par 10 minutes d'échauffement cardiorespiratoire sur un cycloergomètre à 65% de la fréquence cardiaque cible, déterminée par la formule de Karvonen (Karvonen et coll. 1957), et les sujets bénéficiaient d'au moins 5 minutes de repos entre chaque test.

3.2. Partie 2 : Création de normes musculaires

Les participants ont effectué 10 minutes d'échauffement articulaire avant de réaliser les huit tests d'endurance musculaire isométrique volontaire maximale (Figure 12). Chaque test a été effectué une seule fois par personne. Les tests ont été effectués dans un ordre aléatoire avec un repos d'au moins 5 minutes entre deux tests. Comme pour la première partie, la randomisation a été réalisée à l'aide du logiciel R en attribuant un numéro à chaque test. Les muscles antagonistes étaient systématiquement testés après les muscles agonistes.

Avant la réalisation de chaque test, l'évaluateur a expliqué et démontré le test aux sujets en utilisant des instructions standardisées. Pour cette partie, le même évaluateur a évalué tous les tests.

3.3. Instruction pour la fin des tests pour l'étude n°3, parties 1 et 2

Pour tous les tests d'endurance musculaire, parties 1 et 2, les sujets étaient encouragés à maintenir la position jusqu'à épuisement, et ils recevaient un feedback s'ils s'écartaient de la position. Les tests étaient terminés lorsque le sujet ne parvenait plus à maintenir la position ou s'il présentait des signes évidents de fatigue (incapacité à maintenir la position malgré un retour verbal, par exemple) ou une émergence significative de douleur. Le temps de maintien maximal était enregistré en secondes à l'aide d'un chronomètre. Le chronomètre était déclenché lorsque le sujet était dans la bonne position et était arrêté lorsqu'il ne maintenait plus la bonne position. Le but de ces évaluations

était de déterminer des équations de prédiction pour chaque test. Par conséquent, nous n'avons pas déterminé de temps de maintien maximal pour ces tests, les sujets devaient donc maintenir la position aussi longtemps que possible.

3.4. Variables mesurées au cours de l'étude 3

Les muscles fléchisseurs et extenseurs du tronc ont été évalués à partir des tests d'Ito (Ito et coll., 1996), les muscles carrés des lombes à partir du side bridge test (McGill et coll., 1999), les muscles quadriceps suivant le test Killy (Bernard et coll., 2008), les muscles ischio-jambiers d'après l'exercice du pont (Youdas et coll., 2015), et les muscles dorsaux et pectoraux respectivement à partir des tests du tirage nuque (Sperandei et coll., 2009) et de push-up sur les genoux (Vossen et coll., 2000). Pour chacun des tests, le temps en secondes a été relevé.

4. Analyses statistiques

4.1. Étude n°1

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel Sigma Stat version 3.5. Toutes les valeurs ont été exprimées sous forme de moyennes \pm écart-type (moyenne \pm SD). Pour chaque paramètre, la normalité des données a été testée avec le test de Shapiro-Wilk. La comparaison des caractéristiques démographiques initiales entre les deux groupes a été effectuée à l'aide d'un t-test non apparié. Les comparaisons intra-groupes entre les évaluations initiales et finales ont été faites à l'aide d'un t-test apparié. Le niveau de signification a été fixé à 0,05 pour tous les tests effectués.

4.2. Étude n°2

Les statistiques descriptives des caractéristiques démographiques des patients sont présentées sous forme de moyenne \pm l'écart-type (moyenne \pm SD) ou de pourcentage, selon le cas. Pour chaque paramètre, la normalité des données a été testée avec le test de Shapiro-Wilk. La comparabilité des données de base a été évaluée à l'aide du test t de Student pour échantillons indépendants. Les analyses de variance à mesures répétées à deux voies (ANOVA : temps x groupe) ont été effectuées pour chacune des mesures, le groupe et le temps étant entrés comme effets fixes, et les mesures de résultats comme variables dépendantes. L'effet croisé du temps et du groupe a été saisi comme interaction. Lorsque l'ANOVA était significatif, les moyennes ont été comparées à l'aide de procédures de comparaison multiple par le test post hoc de Duncan. Le test Fisher'exact a été utilisé

pour l'analyse des données catégorielles sur la pratique de l'activité physique et le nombre de patients au cours du suivi longitudinal. Le niveau de signification a été fixé à 0,05 pour tous les tests effectués. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SigmaStat version 3.5.

4.3. Étude n°3

4.3.1. Partie 1: Reproductibilité des tests musculaires d'endurance isométrique maximale.

La reproductibilité intra- et inter-évaluateurs a été estimée à l'aide de coefficients de corrélation intra-classe (ICC). La reproductibilité intra-évaluateur a été quantifiée en calculant l'ICC entre la mesure effectuée par le même évaluateur "B1" et "B2". La reproductibilité inter-évaluateurs a été mesurée en calculant l'ICC entre la mesure de l'évaluateur A ("A2") et celle de l'évaluateur B ("B1" et "B2"). Pour chaque ICC, la plage d'erreur et la répétabilité ont été calculées avec l'erreur standard de la mesure (SEM), les intervalles de confiance (CI) à 95% et les limites de l'accord (LOA) à 95%. L'erreur standard de la mesure (SEM) a été calculée selon la formule $SEM = SD \sqrt{1-ICC}$ (Weir, 2005) pour fournir une estimation de la précision de la mesure, exprimée dans les unités de la mesure. Le SEM a été divisé par la moyenne des deux mesures et multiplié par 100 pour donner une valeur en pourcentage (SEM%) (Svensson et coll., 2008). Un pourcentage de 95% de la LOA démontre l'étendue de l'erreur de mesure au sein de l'échantillon (Bland et Altman, 1986). L'interprétation des ICC a été obtenue selon l'étude de Shrout (1998) : la reproductibilité était considérée comme forte si l'ICC était compris entre 1 et 0,81, modéré entre 0,80 et 0,61, moyen entre 0,60 et 0,41, faible entre 0,40 et 0,11 et non reproductible si inférieur à 0,10.

Afin de déterminer la reproductibilité absolue, le coefficient de variation (CV) a été calculé. Le CV est exprimé en pourcentage (CV%) et il est calculé en divisant l'écart-type par la moyenne, multipliée par 100, pour chaque test. Les valeurs de CV de 10% (Stockes, 1985) et 15% (Carnet et coll., 2000) ont été utilisées pour considérer le niveau de reproductibilité absolue de la mesure (CV<15% = bonne reproductibilité ; CV<10% = excellente reproductibilité).

Le test de Breusch-Pagan a été utilisé pour vérifier si la variance de l'erreur du modèle de régression est constante. Lorsque la variance de l'erreur du modèle de régression est constante, on parle alors d'homoscédasticité, dans le cas contraire on parle

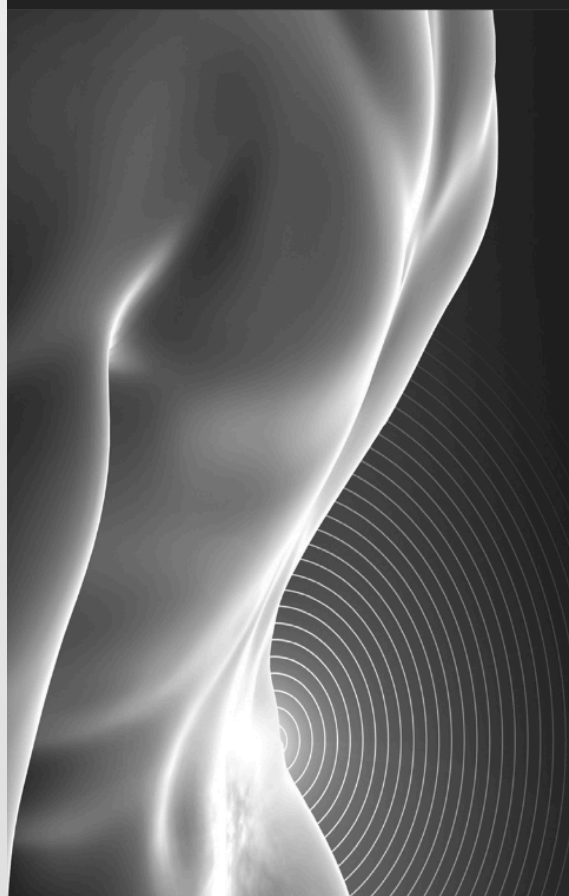
d'hétéroscédasticité. L'hétéroscédasticité du modèle a été confirmée lorsque la valeur p est inférieure à 0.05 (Breusch et Pagan, 1979). Les performances dans tous les tests isométriques pour chaque session d'évaluation ont été exprimées en tant que moyenne \pm écart-type (moyenne \pm SD). L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS version 20.0 et le test de Breusch-Pagan a été réalisé à l'aide du logiciel R version 4.0.4.

4.3.2. Partie 2 : Création de normes musculaires

La sensibilité de tous les tests a été déterminée par une analyse ROC (receiver operating characteristic), en fonction des tranches d'âge 20-29 ans et 50-59 ans pour les groupes d'hommes et de femmes. L'aire sous la courbe ROC (AUC) est largement utilisée pour estimer la précision prédictive des modèles distributionnels dérivés des données de présence/absence (Cohen, 1960). La relation entre l'AUC et la sensibilité a été considérée comme excellente entre 1 et 0,9, très bonne entre 0,9 et 0,8, bonne entre 0,8 et 0,7, moyenne entre 0,7 et 0,6 et mauvaise entre 0,6 et 0,5 (Yesilnacar, 2005).

L'influence du sexe a été évaluée par une ANOVA à un facteur. Pour établir les normes des huit tests isométriques, des analyses de régression multiple ont été effectuées pour déterminer l'influence des données anthropométriques (âge, masse et taille) sur la performance musculaire aux tests isométriques. Toutes les valeurs ont été exprimées sous forme de moyenne \pm écart-type (moyenne \pm SD). Pour le paramètre du sexe, la normalité des données a été testée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Le niveau de signification a été fixé à 0,05. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 3.5.0.

**- LISTE DES COMMUNICATIONS ET
DES PUBLICATIONS -**



Ces travaux de thèse ont fait l'objet de huit communications en congrès dont une distinction :

- XX^{ème} Journée d'Études Francophones en Activités Physiques Adaptées (congrès virtuel)*
- Mai 2021
Caen (14) Communication orale : « **Effet d'un programme éducatif d'informations sur la kinésiophobie chez les patients lombalgiques chroniques** »
Janik F, Toulotte C, Seichepine A.L, Masquelier B, Barbier F, Fabre C.
- XIX^{ème} Journée André Verbert*
- Septembre 2019
Lille (59) Présentation poster: « **Reproducibility of endurance measurements of height isometric muscular tests in healthy subjects** »
Janik F, Toulotte C, Seichepine A.L, Masquelier B, Barbier F, Fabre C.
- 4^{ème} Congrès National des Professionnels des Activités Physiques Adaptées*
- Juin 2019
Bobigny (93) Communication orale : « **Étude de la reproductibilité et de la sensibilité de huit tests isométriques chez des sujets sains en vue de créer des normes anthropométriques - Résultats préliminaires** »
Janik F, Toulotte C, Seichepine A.L, Masquelier B, Barbier F, Fabre C.
- 4^{ème} Congrès National des Professionnels des Activités Physiques Adaptées*
- Juin 2019
Bobigny (93) Atelier pratique : « **Évaluation de la condition physique en rhumatologie** »
Commission APA & Rhumatologie. Janik F.
- 2^{ème} Journée Amiénoise du sport sur ordonnance*
- Avril 2019
Amiens (80) Atelier pratique : « **Comment évaluer la condition physique du patient lombalgique chronique - focus sur l'endurance musculaire** »
Janik F.

- 7^{ème} Congrès International et Salon des Interventions non Médicamenteuses*
- Mars 2019
Montpellier (34) **Communication orale : « Étude prospective comparant des soins kinésithérapiques en libéral, une prise en charge pluridisciplinaire en centre de rééducation fonctionnelle et une prise en charge dynamique en Activités Physiques Adaptées pour des sujets souffrant de lombalgie chronique non spécifique »**
- Janik F, Toulotte C, Caby I, Olivier N, Seichepine A.L, Masquelier B, Barbier F, Thevenon A, Fabre C.*
- Rencontre scientifique de l'ANRT : « Activité Physique et Santé – des mécanismes aux interventions non médicamenteuses »*
- Décembre 2018
Paris (75) **Communication orale : « Intérêt d'une prise en charge en Activités Physiques Adaptées pour les patients lombalgiques chroniques en secteur libéral – étude comparative »**
- Janik F, Caby I, Toulotte C, Olivier N, Seichepine A.L, Masquelier B, Barbier F, Thevenon A, Fabre C.*
- XIX^{ème} Journée d'Études Francophones en Activités Physiques Adaptées*
- Mai 2018
Toulon (83) **Présentation poster : « Effets des tests d'inclusion sur les performances du sujet lombalgique chronique au cours d'une prise en charge en Centre de Réadaptation Fonctionnelle »**
- Janik F, Toulotte C, Caby I, Olivier N, Masquelier B, Barbier F, Fabre C.*

Cette thèse a également fait l'objet d'une distinction :

- 43^{ème} Congrès de la Fédération des Établissements Hospitaliers et d'Aide à la Personne Privés Non Lucratifs*
- Novembre 2018
Rennes (35) **Lauréat du trophée de l'innovation 2018 (catégorie « Espoir ») : « Mise en place d'une stratégie d'amélioration de l'observance à l'activité physique post-réhabilitation chez les patients atteints de lombalgie chronique via l'utilisation d'outils connectés »**
- Janik F.*

À ce jour, ces travaux de thèse ont permis la publication d'un article (étude n°3 – Annexe 3), et la soumission de deux autres articles (étude n°1 et n°2) :

Physical activity care for chronic low back pain workers

Étude n°1 : Janik Frédérick, Toulotte Claire, Caby Isabelle, Olivier Nicolas, Seichepine Anne-Laure, Masquelier Bernadette, Barbier Fabienne, Thevenon André, Fabre Claudine. *Article soumis dans la revue American Journal of Preventive Medicine*

Middle-terms effects of education programme in chronic low back pain patients to an adherence to physical activity: A randomized controlled trial

Étude n°2 : Janik Frédérick, Fabre Claudine, Seichepine Anne-Laure, Masquelier Bernadette, Barbier Fabienne, Toulotte Claire. *Article soumis dans la revue Scientific Reports*

Isometric strength database for muscle maximal voluntary endurance field tests: Normative data

Étude n°3 : Janik Frédérick, Toulotte Claire, Seichepine Anne-Laure, Masquelier Bernadette, Barbier Fabienne, Fabre Claudine. *Article accepté pour publication dans la revue Sports Medicine – Open, 2021 ; 7 :47.*
Doi : 10.1186/s40798-021-00338-2

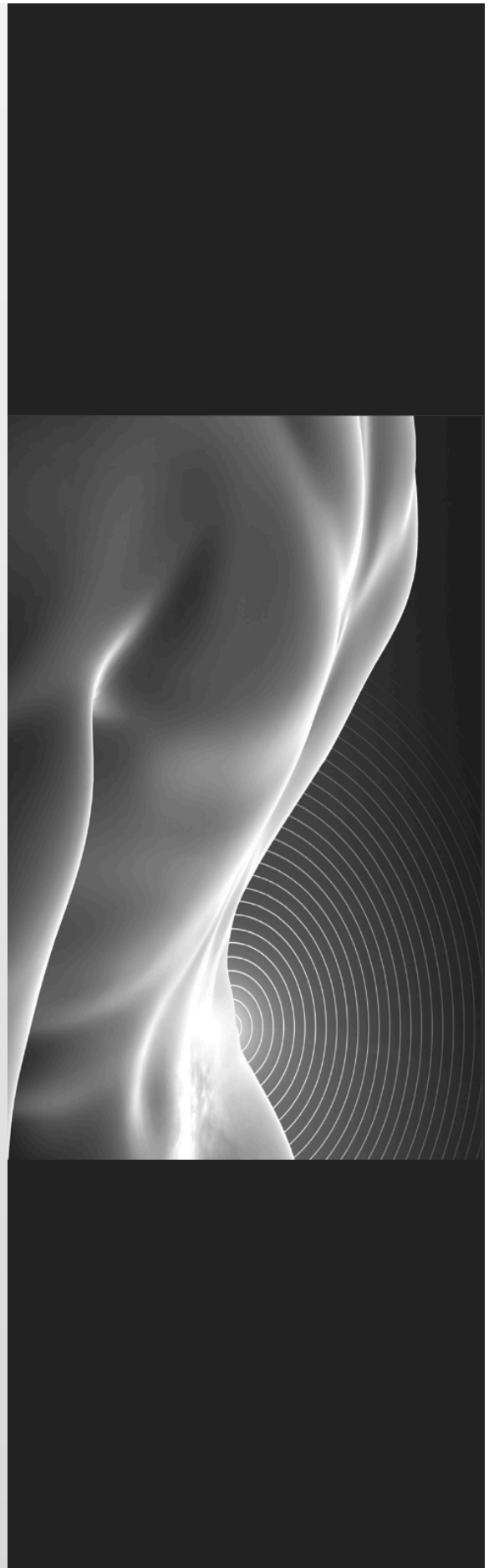
- ÉTUDE N°1 -

**Programme de reconditionnement en
activité physique, hors structure de
soins conventionnelle, pour une
population de lombalgique chronique
encore en activité professionnelle**

**Physical activity care for chronic low
back pain workers**

Janik F, Toulotte C, Caby I, Olivier N, Seichepine A-L,
Masquelier B, Barbier F, Thevenon A, Fabre C.

*Article soumis dans la revue American Journal of
Preventive Medicine*



- RÉSUMÉ -

Objectif :

Cette étude a examiné l'impact d'un programme court de reconditionnement en activité physique, pour des patients souffrant de lombalgie chronique en activité professionnelle.

Matériel et méthodes :

Il s'agissait d'une étude prospective portant sur deux groupes ayant bénéficié de deux prises en charge différentes. Les patients ont été orientés soit vers un centre de rééducation fonctionnelle pour une prise en charge pluridisciplinaire (Groupe G1), soit vers une structure non conventionnelle proposant de l'activité physique adaptée (Groupe G2). Le G1 a bénéficié d'une prise en charge de 140 heures réparties sur quatre semaines. Le G2 a bénéficié d'un programme court de reconditionnement en activité physique de six heures réparties sur deux semaines.

Résultats :

Soixante-huit sujets ont été inclus dans l'étude (G1, n = 38 sujets ; G2, n = 30 sujets). Les évaluations finales ont démontré que les deux programmes de soins ont permis une diminution significative de l'intensité de la douleur ($p < 0,001$) avec une diminution moyenne de $22,6 \pm 18,9$ mm pour le G1 et de $31,0 \pm 12,1$ mm pour le G2.

Conclusion :

Cette étude a démontré qu'un programme court de reconditionnement en activité physique a entraîné une diminution rapide de la douleur. Cette amélioration pourrait être causée principalement par des facteurs psychologiques, tels que la diminution de la kinésiophobie.

1. Contexte

Dans le cadre de la lombalgie chronique, les programmes de réadaptation interdisciplinaires sont les plus efficaces pour améliorer le mal de dos et réduire le handicap (Qaseem et coll., 2017 ; Salathé et coll., 2018). Ces programmes comprennent au moins une composante physique (activité physique ou exercices posturaux, etc.) et une composante psychosociale (psychologique, sociale et/ou éducative). La durée de ces programmes, généralement de 4 à 6 semaines à raison de cinq jours par semaine, sept heures par jour, nécessite une hospitalisation interne ou externe (Hampel et coll., 2019 ; Gagnon et coll., 2009). Ainsi, ces programmes ne sont pas adaptés aux sujets qui sont encore en activité professionnelle. En effet, ce traitement nécessitant une hospitalisation, les travailleurs lombalgiques chroniques doivent prendre un congé maladie pendant la durée des soins, induisant des coûts directs (perte de salaire, frais médicaux, etc.) et indirects (perte de production pour les entreprises, etc.) (Dagenais et coll., 2008). C'est pourquoi, de nombreux auteurs recommandent que ces programmes se réalisent en deuxième ligne de traitement en raison des ressources nécessaires allouées à ce type de programmes (Foster et coll., 2018 ; Kamper et coll., 2015).

D'autres programmes basés sur l'activité physique, en tant que traitement non médicamenteux, pour contrer l'invalidité des patients lombalgiques chroniques (Gordon et Bloxham, 2016 ; Shiri et Falah-Hassani, 2017), semblent être une bonne alternative aux programmes multidisciplinaires pour les patients encore en activité professionnelle. En effet, ces programmes ne nécessitent pas d'hospitalisation et peuvent être dispensés en dehors des structures de soins de santé conventionnelles. Ainsi, les travailleurs souffrant de lombalgie chronique peuvent maintenir leur travail pendant les soins.

L'objectif de la présente étude était de démontrer l'impact d'un programme court de reconditionnement par l'activité physique sur les travailleurs souffrant de lombalgie chronique.

2. Méthodes

Il s'agissait d'une étude prospective portant sur deux groupes ayant bénéficié de deux prises en charge différentes. Le premier groupe de patients lombalgiques chroniques (G1) était constitué de patients ayant suivi un programme de soins multidisciplinaire dans un centre de rééducation pendant quatre semaines, cinq jours par semaine, sept heures par

jour soit 140 heures de prise en charge au total. Le second groupe (G2) était constitué de patients lombalgiques chroniques, toujours en activité professionnelle, ayant suivi un programme de reconditionnement à l'activité physique en dehors d'une structure de soins conventionnelle. Le programme de reconditionnement était constitué de trois séances d'une heure par semaine durant deux semaines soit 6 heures de prise en charge au total. Le G1 nous a servi de groupe de référence puisque l'efficacité de la prise en charge multidisciplinaire intensive n'est plus à démontrer (Qassem et coll., 2017).

68 patients lombalgiques chroniques (35 hommes, 33 femmes) ont été inclus dans cette étude. G1 comptait 38 patients (22 hommes et 16 femmes) âgés de $41,5 \pm 10,0$ ans, et le G2 était composé de 30 patients (13 hommes et 17 femmes) âgés de $42,5 \pm 15,7$ ans. Leurs caractéristiques sont résumées dans le Tableau 8. Au début de l'étude, le groupe G2 était composé de 36 patients, mais six patients ont été exclus de l'étude car ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion, trois en raison du manque de temps, deux pour des raisons personnelles et un pour une lombalgie secondaire.

Tableau 8 : Caractéristiques des patients lombalgiques chroniques

	G1		G2	
	Moyenne \pm SD ou %	Min - Max	Moyenne \pm SD ou %	Min - Max
Age (Année)	41.5 \pm 10.1	26 - 60	42.6 \pm 15.7	30 - 60
Masse (kg)	80.9 \pm 13.6	53 - 116	73.9 \pm 17.4	47 - 114
Taille (cm)	172.3 \pm 8.0	158 - 188	169.0 \pm 7.9	156 - 187
IMC (kg/m ²)	26.9 \pm 4.2	16.2 - 37.2	25.9 \pm 5.8	16.7 - 40.9
Durée des douleurs (mois)	25.3 \pm 8.2	9 - 48	19.9 \pm 9.3	6 - 32
Situation professionnelle				
Emploi (%)	23.7		100	
Arrêt de travail (%)	52.6		-	
Chômage (%)	15.8		-	
Retraité (%)	7.9		-	

G1 = prise en charge pluridisciplinaire ; G2 = programme de reconditionnement en activité physique ; SD = Écart Type; % = pourcentage; Min = valeur minimale; Max = valeur maximale; kg = kilogramme; cm = centimètre; IMC = Indice de Masse Corporel

Pour le G1, toutes les évaluations ont été faites dans le centre de rééducation, la première avant le début de la prise en charge (évaluation initiale) et la dernière après quatre semaines (évaluation finale). Le G2 a été évalué en dehors de la structure de soins conventionnelle avant le début de la première séance (évaluation initiale) et après la 6^{ème}

séance (évaluation finale). Chaque évaluation pour les deux groupes a été réalisée par le même évaluateur et chaque patient a rempli la même évaluation de la même manière.

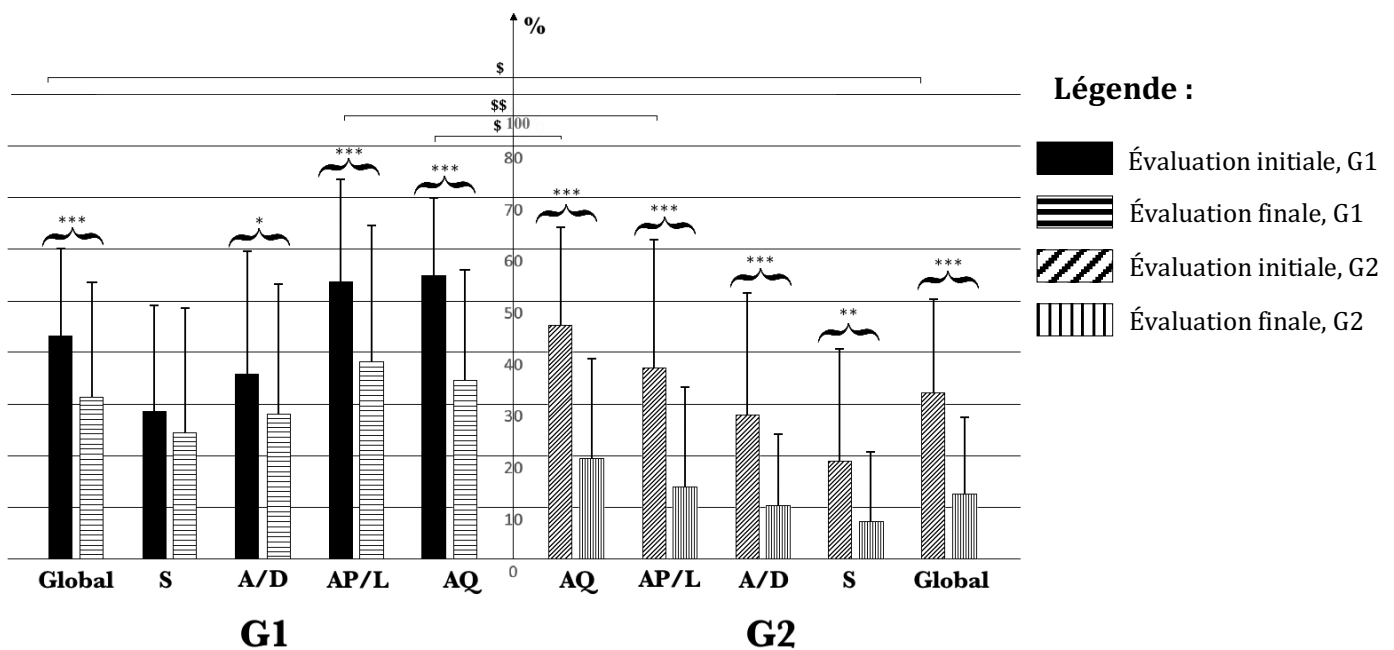
3. Résultat

3.1. Évaluations initiales des deux groupes

Il n'y avait pas de différence entre les groupes en terme d'âge, d'indice de masse corporelle (IMC) et de durée de la douleur au début de l'étude (Tableau 8). Seul le statut professionnel différait. Pour le G1, 9 sujets étaient encore au travail (23.7%), 20 étaient en congé de maladie (52.6%), 6 étaient au chômage (15.8%) et 3 étaient retraités (7.9%), alors que les 30 patients du G2 étaient encore en activité professionnelle (100%) (Tableau 8).

Les patients du G2 présentaient des différences significatives par rapport aux patients du G1 concernant le retentissement fonctionnel de la douleur ($p=0.002$, questionnaire Eifel ; Tableau 9) et le retentissement de la douleur sur la qualité de vie ($p=0.039$ pour l'item AQ ; $p=0.003$ pour l'item AP/L ; $p=0.014$ pour le score global du questionnaire de Dallas ; Figure 12). De même, il y avait des différences significatives entre les deux groupes pour la souplesse de la chaîne postérieure (distance doigt-sol) avec une différence de 6.0 ± 11.5 cm ($p=0.024$) et le temps de maintien du test d'endurance des fléchisseurs de tronc (test Ito-Shirado) avec une différence de 20.8 ± 41.2 sec. ($p=0.045$) (Tableau 10).

Figure 12. Évolution des scores du questionnaire de Dallas au début et à la fin de la prise en charge, pour les deux groupes



AQ = Activités de la vie quotidienne ; AP/L = activités professionnelles et de loisirs ; A/D = anxiété/dépression ; S = Sociabilité ; les scores sont indiqués en pourcentage d'impact de la douleur sur la qualité de vie : de 0% (aucun impact) à 100% (impact maximal) ; Différence significative intra-groupe entre l'évaluation initiale et finale : * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; Différence significative inter-groupe lors de l'évaluation initiale : \$ $p < 0.05$, \$\$ $p < 0.01$

3.2. Évaluations finales des deux groupes

3.2.1. Programme pluridisciplinaire (G1)

Les quatre semaines de programme de soins multidisciplinaire ont permis une amélioration significative de tous les paramètres mesurés. L'intensité de la douleur a diminué de 22.6 ± 18.9 mm ($p < 0.001$), le score du retentissement de la douleur sur la kinésiophobie mesuré par le questionnaire TSK a diminué de 3.9 ± 8.9 u.a. ($p < 0.001$) ; le score du retentissement fonctionnel de la douleur du questionnaire Eifel portant sur le handicap a été réduit de 9.9 ± 4.0 u.a. à 5.8 ± 4.6 u.a. ($p < 0.001$) ; Tableau 9. Enfin, le score global du questionnaire de Dallas a été significativement amélioré ($p < 0.001$) et trois des quatre items de ce questionnaire ont également été améliorés par une diminution de AQ : $-20.2 \pm 19.3\%$, $p < 0.001$; AP/L : $-15.4 \pm 23.0\%$, $p < 0.001$; A/D : $-7.8 \pm 24.5\%$, $p = 0.014$ (Figure 12).

Tableau 9 : Résumé des paramètres de la douleur et de leurs répercussions sur la vie quotidienne au début et à la fin des soins

		G1	G2
		Moyenne ± SD	Moyenne ± SD
Paramètres liés à la douleur	Douleur EVA (mm)		
	Évaluation initiale	50.8 ± 16.1	56.7 ± 11.6
	Évaluation finale	28.2 ± 21.8 ***	25.7 ± 12.5 ***
	TSK (u.a.)		
	Évaluation initiale	40.3 ± 8.2	39.2 ± 7.3
	Évaluation finale	36.4 ± 9.6 ***	30.7 ± 7.7 ***
	Eifel (u.a.)		
	Évaluation initiale	9.9 ± 4.0	6.7 ± 4.3 \$\$\$
Évaluation finale	5.8 ± 4.6 ***	2.7 ± 2.8 ***	

Les données sont présentées en moyenne ± SD ; G1 = programme pluridisciplinaire ; G2 = programme de reconditionnement à l'activité physique ; SD = écart-type ; mm = millimètre ; u.a. = unité arbitraire ; EVA = échelle visuelle analogique ; TSK = échelle de kinésiophobie de Tampa ; Différence significative intra-groupe entre l'évaluation initiale et finale : * p<0,05 ; ** p<0,01 ; *** p<0,001 ; Différence significative inter-groupe lors de l'évaluation initiale: \$\$\$ p<0,001

Concernant les paramètres physiques, la distance doigt-sol a été significativement améliorée (p<0.001) ainsi que la distance talon-fesse (p<0.001 pour les deux côtés). Le temps de maintien des tests d'endurance musculaire a été significativement augmenté de 51.7 ± 56.2 secondes pour le test d'endurance des fléchisseurs du tronc (p<0.001 ; test d'Ito-Shirado) et de 38.4 ± 49.1 secondes pour le test d'endurance des extenseurs du tronc (p<0.001 ; test Biering-Sorensen) ; Tableau 10.

3.2.2. Programme de reconditionnement en activité physique (G2)

L'intensité de la douleur (p<0.001, Tableau 9), le score de kinésiophobie (p<0.001 ; Tableau 9) ainsi que le retentissement fonctionnel de la douleur (p<0.001, questionnaire Eifel ; Tableau 9) ont été significativement diminués respectivement de 31.0 ± 12.1 mm ; 8.5 ± 7.5 u.a. et 4.0 ± 3.0. Le questionnaire de Dallas a présenté une amélioration significative pour tous les items (AQ : -26.0 ± 19.1%, p <0.001 ; AP/L : -23.2 ± 21.9%, p<0.001 ; A/D : -17.4 ± 18.9%, p<0.001 ; S : -11.8 ± 17.6%, p=0.008). Le score global du questionnaire de Dallas a diminué de manière significative (p<0.001, Figure 12).

La souplesse a été significativement améliorée de 7.3 ± 12.0 cm dans le test de distance doigt-sol (p=0.006, Tableau 10) et de 3.9 ± 3.2 cm du côté gauche et de 4.0 ± 3.1 cm du côté droit du test de distance talon-fesse (p<0.001, pour les deux côtés, Tableau 10). Le temps de maintien de l'endurance musculaire a été significativement amélioré de 35.9 ±

65.7 secondes pour fléchisseurs du tronc ($p=0.041$, test Ito-Shirado ; Tableau 10) et de 52.1 ± 48.9 secondes pour extenseur du tronc ($p<0.001$, test Biering-Sorensen ; Tableau 10).

Tableau 10 : Résumé des paramètres physiques au début et à la fin des soins

		G1	G2
		Moyenne \pm SD	Moyenne \pm SD
Souplesse	Distance doigts/sol (cm)		
	Évaluation initiale	13.6 \pm 10.5	7.6 \pm 12.6 \$
	Évaluation finale	4.5 \pm 8.9 ***	0.3 \pm 11.4 **
	Distance talon/fesse côté gauche (cm)		
	Évaluation initiale	6.1 \pm 6.2	4.7 \pm 5.2
	Évaluation finale	1.1 \pm 2.7 ***	0.8 \pm 1.2 ***
Endurance musculaire	Distance talon/fesse côté droit (cm)		
	Évaluation initiale	6.8 \pm 4.3	5.2 \pm 4.1
	Évaluation finale	1.2 \pm 3.4 ***	1.2 \pm 2.2 ***
	Endurance des fléchisseurs du tronc (sec.)		
	Évaluation initiale	71.5 \pm 46.4	92.3 \pm 61.7 \$
	Évaluation finale	123.2 \pm 66.1 ***	128.2 \pm 69.7 *
	Endurance des extenseurs du tronc (sec.)		
	Évaluation initiale	75.5 \pm 46.3	66.2 \pm 36.2
	Évaluation finale	113.9 \pm 51.8 ***	118.3 \pm 61.5 ***

Les données sont présentées en moyenne \pm SD ; G1 = programme pluridisciplinaire ; G2 = programme de reconditionnement à l'activité physique ; SD = écart-type ; cm = centimètre ; sec. = seconde ; Différence significative intra-groupe entre l'évaluation initiale et finale: * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$; Différence significative inter-groupe lors de l'évaluation initiale : \$ $p<0.05$

4. Discussion

Un programme court de reconditionnement proposant plusieurs activités physiques à des travailleurs souffrant de lombalgie chronique en dehors d'une structure de soins conventionnelle a permis une amélioration significative de l'ensemble des paramètres physiques ainsi que de la douleur et de son retentissement sur la qualité de vie, sur la kinésiophobie et sur les aspects fonctionnels.

L'intérêt de proposer plusieurs types d'activités physiques aux patients était de leur faire vivre des expériences positives dans un environnement sûr afin de démontrer que le mouvement n'est pas nécessairement associé à la survenue d'une douleur ou à une douleur accrue. Cette méthode, nommée exposition graduelle à l'activité physique (Hodges et Smeets, 2015), permet de réduire notamment la kinésiophobie et d'augmenter l'auto-efficacité des sujets lombalgiques (George et coll., 2010). Ogston et coll. (2016)

précisent que la diminution de la kinésiophobie viendrait d'une prise de conscience de la possibilité de pratiquer une activité physique en toute sécurité. Ainsi, la réduction de la kinésiophobie dans notre étude pourrait expliquer l'amélioration significative des autres paramètres liés à la douleur. En effet, la kinésiophobie est un des médiateurs du handicap dans cette population (Varallo et coll., 2021). De plus, la diminution de la kinésiophobie semble être également à l'origine de l'amélioration des paramètres physiques. En effet, pour améliorer les capacités physiques, il est nécessaire de proposer une période d'entraînement plus longue que la nôtre. Dans ce sens, Häkkinen et coll. (1985) ont démontré que pour obtenir une hypertrophie musculaire, il était nécessaire de suivre une période de renforcement musculaire supérieure à 10 semaines. Pour améliorer les paramètres neuromusculaires, la littérature a également démontré la nécessité d'une période d'entraînement supérieure à 2 semaines (Milner-brown et coll., 1975 ; Aagaard et coll., 2002 ; Van Cutsem et coll., 1998).

A l'inclusion, le G2 présentait des différences significatives concernant la répercussion de la douleur par rapport au G1. Dans la littérature, les scores du questionnaire de Dallas sont proches de ceux de notre groupe G1, avec des valeurs généralement comprises entre 50 et 60% pour l'item « activités quotidiennes » et l'item « activités professionnelles et de loisirs », et entre 30% et 40% pour l'item « anxiété-dépression » et l'item « sociabilité » (Roche et coll., 2007 ; Steiner et coll., 2013). Cette affirmation s'applique également au questionnaire de retentissement fonctionnel de la douleur Eifel dont le score moyen pour les patients lombalgiques chroniques dans la littérature se situe généralement autour de 12 u.a. (Van der Hulst et coll., 2008 ; Schiphorst Preuper et coll., 2008). En ce qui concerne le retentissement de la douleur, les différences rencontrées dans notre étude entre les groupes pourraient s'expliquer par le fait que les patients du G2 étaient encore en activité professionnelle. En effet, les travailleurs souffrant de lombalgie chronique doivent maintenir au moins un niveau d'activité physique suffisant pour répondre aux exigences physiques de leur travail (Verbunt et coll., 2003). Ce résultat a été récemment confirmé par l'étude de Davergne et coll. (2020), qui ont démontré que les patients atteints de lombalgie chronique encore en activité professionnelle présentaient de meilleures performances aux tests d'endurance et de souplesse que les patients atteints de lombalgie chronique bénéficiant d'un programme de réhabilitation multidisciplinaire (Roche-Leboucher et coll., 2011 ; Henchoz et coll., 2010). Ce résultat a été également mis en évidence dans notre étude au

niveau des paramètres physiques lors de l'évaluation initiale, significativement plus faible dans le G1 que dans le G2. C'est pourquoi, il est nécessaire de proposer aux travailleurs lombalgiques chroniques une prise en charge précoce afin d'éviter notamment une progression de la kinésiophobie, ce qui limiteraient les activités physiques (Panhale et coll., 2016).

5. Conclusion

Notre programme de reconditionnement en activité physique pour des travailleurs lombalgiques chroniques en dehors d'une structure de soins conventionnelle permet de réduire significativement la douleur ainsi que sa répercussion sur la qualité de vie des sujets. De plus, ce programme permet, par une exposition graduelle à l'activité physique, de faire vivre des expériences positives aux patients entraînant ainsi une diminution de la kinésiophobie et une augmentation de leur aptitude physique. Les résultats prometteurs de cette étude montrent qu'un programme court de reconditionnement à l'activité physique en dehors des structures de soins conventionnelles est une bonne alternative à la prise en charge multidisciplinaire des patients lombalgiques chroniques en activité professionnelle.

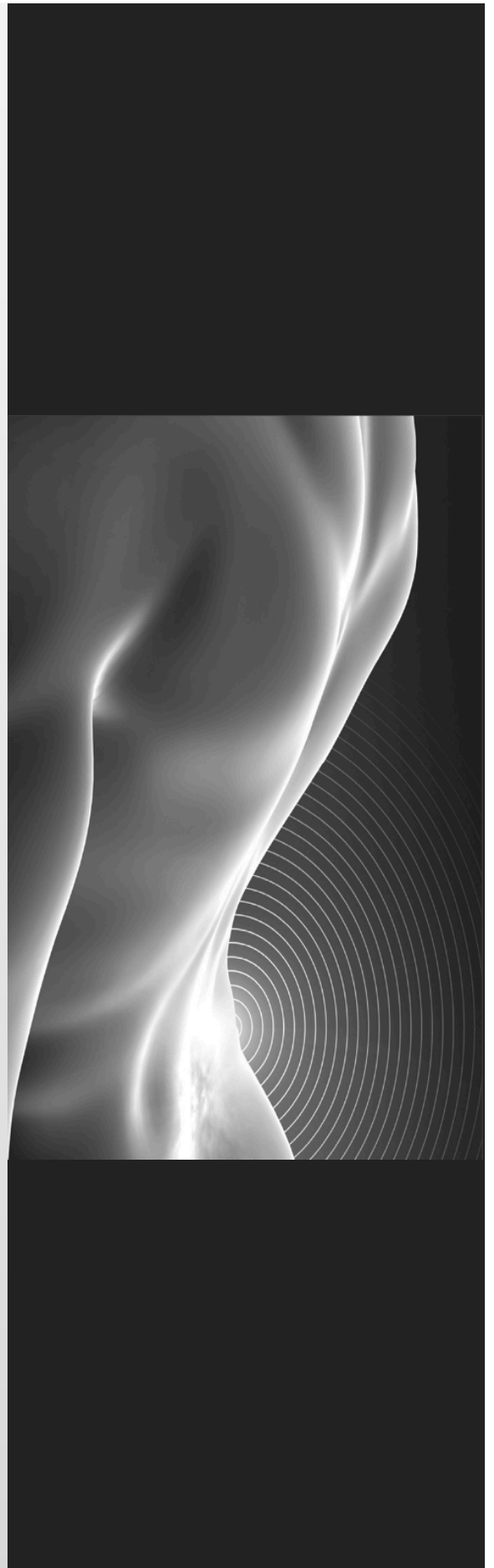
- ÉTUDE N°2 -

**Effets à moyen terme d'un
programme d'éducation sur
l'adhésion à l'activité physique chez
les patients souffrant de lombalgie
chronique : Essai contrôlé randomisé**

**Middle-term effects of education
programme in chronic low back pain
patients to an adherence to physical
activity: A randomized controlled trial**

Janik F, Fabre C, Seichepine A-L, Masquelier B, Barbier F,
Toulotte C.

Article soumis dans la revue Scientific Reports



- RÉSUMÉ -

Objectif :

Les programmes multidisciplinaires sont connus pour diminuer la douleur chez les patients lombalgiques chroniques mais il existe un taux de rechute allant de 25 à 80%. Pour éviter la rechute, il est nécessaire que les patients restent physiquement actifs après la prise en charge. Le but de cette étude était d'évaluer l'efficacité d'un programme d'éducation sur le changement de comportement et en particulier sur la reprise ou le maintien de l'activité physique à 3 et 6 mois après les soins.

Matériel et méthodes :

Il s'agissait d'une étude randomisée contrôlée incluant un total de 136 patients souffrant de lombalgie chronique non spécifique (75 hommes, 61 femmes). Les patients ont été répartis dans deux groupes : le groupe témoin (GT : n=68) et le groupe expérimental (GE : n=68). Les deux groupes ont bénéficié d'un programme multidisciplinaire de 140 heures sur 4 semaines comprenant, uniquement pour le GE, un programme de trois à cinq séances d'une heure de programme éducatif.

Résultats :

Les évaluations de suivi post prise en charge ont mis en évidence un niveau de pratique physique plus élevé, 3 mois après la prise en charge, pour le GE par rapport au GT ($p < 0,001$). Cependant, à 6 mois de suivi, le niveau d'activité physique était similaire pour les deux groupes. A l'inverse, le taux d'abandon des patients était homogène entre les deux groupes à 3 mois après la prise en charge mais significativement plus élevé pour le GT en comparaison avec le GE à 6 mois après la prise en charge ($p = 0.017$).

Conclusions :

Le programme éducatif ajouté à une prise en charge multidisciplinaire a permis d'améliorer le suivi de l'adhésion aux soins à moyen terme. Cependant, l'objectif de maintien de l'activité physique a été partiellement atteint, car le programme éducatif n'a permis, qu'à court terme, une meilleure adhésion à l'activité physique.

1. Contexte

En cas de lombalgie chronique, il est fortement recommandé d'orienter les patients vers une prise en charge pluridisciplinaire (Kamper et coll., 2015 ; Qaseem et coll., 2017 ; Traeger et coll., 2019). Ces programmes de soins ont pour objectif de restaurer les capacités physiques et l'état psychologique des patients (Kamper et coll., 2015). Cependant, il est clair que sans le maintien d'un minimum d'activité physique, les bénéfices de la prise en charge pluridisciplinaire ne perdurent pas dans le temps (Ben-Ami et coll., 2017 ; Weiner et Nordin, 2010). Il est donc nécessaire d'encourager les patients lombalgiques chroniques à être plus actifs physiquement. Cependant, comme l'ont souligné Boutevillain et coll. (2017), l'un des principaux obstacles à l'observance chez le patient lombalgique chronique ayant bénéficié d'une prise en charge pluridisciplinaire est la discordance entre les objectifs thérapeutiques et les objectifs du patient. En effet, alors que l'objectif principal du programme de rééducation pluridisciplinaire concerne l'entraînement à l'exercice pour lutter contre le syndrome de déconditionnement (Kamper et coll., 2015), les patients sont plus intéressés par la réduction de leur niveau de douleur (Boutevillain et coll., 2017). Ainsi, comme l'exposent Boutevillain et coll. (2017), trois raisons pourraient expliquer le taux de rechute après une prise en charge pluridisciplinaire : 1/ le manque de compréhension des objectifs du traitement par le patient, 2/ le manque d'informations sur les bénéfices attendus de la prise en charge pluridisciplinaire et 3/ le manque d'informations sur les bénéfices du maintien de l'activité physique. Par conséquent, nous avons émis l'hypothèse qu'un programme éducatif axé sur la nécessité de maintenir une activité physique post-soins améliorerait l'adhésion des patients souffrant de lombalgie chronique.

L'objectif de cette étude était de mesurer l'impact d'un programme éducatif chez des patients lombalgiques chroniques sur leur changement de comportement et en particulier sur la reprise ou le maintien d'une activité physique à court (3 mois) et moyen terme (6 mois) après les soins.

2. Méthodes

Cet essai contrôlé randomisé a été réalisé en deux étapes [de mars à octobre 2019, groupe témoin (GT) ; de novembre 2019 à juin 2020, groupe expérimental (GE)] car le protocole a été réalisé dans le même centre de rééducation (Oignies, France). Ainsi, les patients ne pouvaient pas savoir s'ils étaient inclus dans le GT ou le GE. Les patients ont été inclus lors

d'une consultation médicale et ont réalisé le programme par groupes de 5 patients maximum. Les deux groupes ont bénéficié d'un programme pluridisciplinaire de 4 semaines de 140 heures avec 3 à 5 heures de programme éducatif uniquement pour le GE. Au total, 136 sujets (75 hommes, 61 femmes) ont été inclus dans l'étude. Le GT était constitué de 38 hommes et 30 femmes (39,3 ± 9,1 ans), et le GE était composé de 37 hommes et 31 femmes (39,6 ± 8,8 ans). Deux patients ont été exclus de l'étude car ils ne savaient ni lire, ni écrire. Les caractéristiques démographiques et cliniques des patients sont résumées dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Caractéristiques démographiques et cliniques des deux groupes de patients lors de l'évaluation initiale

	GT (n=68) Moyenne ± SD ou %	GE (n=68) Moyenne ± SD ou %
Genre (% hommes)	55.8 (n = 38)	54.4 (n =37)
Age (Année)	39.3 ± 9.1	39.6 ± 8.8
Masse (kg)	83.6 ± 18.4	79.3 ± 19.7
Taille (cm)	174.7 ± 7.6	172.3 ± 9.7
IMC (kg/m ²)	27.3 ± 5.2	26.5 ± 5.0
Durée des douleurs (mois)	6.7 ± 8.4	6.1 ± 4.1

GT = prise en charge pluridisciplinaire sans programme d'éducation ; GE = prise en charge pluridisciplinaire avec programme d'éducation ; SD = Écart Type ; IMC = Indice de Masse Corporel

Pour chaque groupe, les évaluations ont été faites, dans le centre de rééducation, avant le début de la prise en charge (évaluation initiale) et après les quatre semaines de soins (évaluation finale). Suite au programme, les patients ont été convoqués au centre de réadaptation à 3 mois et 6 mois post prise en charge afin de réaliser un bilan de suivi. Chaque évaluation pour les deux groupes a été réalisée par le même évaluateur et chaque patient a rempli la même évaluation de la même manière.

3. Résultat

Sur 136 patients ayant suivi le programme de soins pluridisciplinaire avec ou sans programme éducatif, 59 patients (26 dans le GT et 33 dans le GE) ont été analysés lors des données de suivi à 3 mois et 45 patients (18 dans le GT et 27 dans le GE) à 6 mois.

3.1. Évaluation de la douleur et de son retentissement

Le Tableau 12 présente les scores moyens pour l'évolution des paramètres liés à la douleur lors de l'évaluation initiale et finale, ainsi que lors du suivi longitudinal à 3 et 6 mois post prise en charge pour les deux groupes.

Intensité de la douleur (Douleur EVA) : A la fin des soins, pour les deux groupes, une diminution significative de l'intensité de la douleur a été mesurée par rapport aux valeurs initiales ($p < 0.001$). Après 3 mois de suivi, le GT a présenté une récurrence de l'intensité de la douleur ($p = 0.003$) avec une augmentation de 38,5%, tandis que sur le même temps, le GE a montré une diminution de 11,2%. La comparaison intergroupe à 3 mois de suivi a montré une différence significative de l'intensité de la douleur entre les deux groupes en faveur du GE. A 6 mois de suivi, les 2 groupes ne présentaient plus de différence significative.

Retentissement de la douleur sur la kinésiophobie (questionnaire TSK) : A la fin des soins, la kinésiophobie a significativement diminué dans les 2 groupes ($p = 0.003$) sans différence significative entre les groupes. Lors du bilan de suivi à 3 mois, le score moyen au questionnaire TSK avait augmenté de 0.99 u.a. pour le GT, alors que pour le GE, il avait diminué de 1.85 u.a. entraînant ainsi une différence significative entre les deux groupes en faveur du GE ($p = 0.032$). Après 6 mois de suivi, la kinésiophobie ne présentait plus de différence entre les deux groupes.

Retentissement fonctionnel de la douleur (questionnaire Eifel) : Les scores moyens au questionnaire Eifel ont diminué significativement ($p < 0.001$) dans les deux groupes après la prise en charge pluridisciplinaire, sans différence significative entre les deux groupes. A 3 mois de suivi, le GE présentait une amélioration significative par rapport au GT ($p = 0.025$). À 6 mois de suivi, ce score était de nouveau homogène entre les deux groupes.

Tableau 12 : Récapitulatif des paramètres de la douleur et de ses répercussions sur la vie quotidienne des sujets lombalgiques au cours de la prise en charge et du suivi longitudinal

	GT	P value	GE	P value	P value	
	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>(intra-groupe)</i>	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>(intra-groupe)</i>	<i>(inter-groupe)</i>	
Évaluation de la douleur et de son retentissement	Douleur EVA (mm)					
	Évaluation initiale	47.1 ± 16.3		42.6 ± 19.7	NS	
	Évaluation finale	29.1 ± 21.4 *§	<0.001	32.1 ± 20.0 *	<0.001	NS
	3-mois	40.3 ± 20.7	0.003	28.5 ± 20.2 §	NS	0.003
	6-mois	32.2 ± 14.8	NS	30.4 ± 19.1	NS	NS
	TSK (u.a.)					
	Évaluation initiale	42.5 ± 8.4		40.1 ± 7.3		NS
	Évaluation finale	39.5 ± 9.0 *	0.003	36.9 ± 8.5 *	0.003	NS
	3-mois	40.4 ± 9.5	NS	33.7 ± 8.1 §	NS	0.032
	6-mois	40.4 ± 6.8	NS	35.6 ± 8.4	NS	NS
	Eifel (u.a.)					
	Évaluation initiale	10.3 ± 4.6		8.9 ± 4.3		NS
	Évaluation finale	7.2 ± 6.4 *	<0.001	5.7 ± 3.8 *	<0.001	NS
	3-mois	6.4 ± 4.9	NS	3.6 ± 4.3 §	NS	0.025
	6-mois	4.7 ± 3.9	NS	4.6 ± 5.0	NS	NS
	Dallas Global (%)					
	Évaluation initiale	48.4 ± 16.2		43.5 ± 14.6		NS
	Évaluation finale	37.1 ± 20.7 *	<0.001	33.4 ± 15.9 *	<0.001	NS
	3-mois	30.3 ± 18.4	NS	25.2 ± 18.6 §	0.002	NS
	6-mois	28.5 ± 17.9	NS	28.7 ± 18.5	NS	NS
	Dallas AQ (%)					
	Évaluation initiale	57.5 ± 15.6		55.2 ± 12.9		NS
	Évaluation finale	42.7 ± 21.2 *	<0.001	39.5 ± 19.5 *	<0.001	NS
	3-mois	40.8 ± 20.0	NS	32.2 ± 19.2	NS	NS
	6-mois	37.2 ± 21.7	NS	37.3 ± 21.5	NS	NS
	Dallas AP/L (%)					
	Évaluation initiale	60.7 ± 18.6		55.1 ± 18.4		NS
	Évaluation finale	45.3 ± 24.0 *	<0.001	42.2 ± 21.2 *	<0.001	NS
3-mois	39.6 ± 25.2	NS	29.8 ± 24.0 §§	<0.001	0.035	
6-mois	39.5 ± 22.5	NS	33.1 ± 25.1	NS	NS	
Dallas A/D (%)						
Évaluation initiale	40.8 ± 23.0		35.4 ± 21.6		NS	
Évaluation finale	31.5 ± 26.2 *	0.001	27.9 ± 19.5 *	0.014	NS	
3-mois	24.6 ± 21.0	NS	22.4 ± 22.2	NS	NS	
6-mois	22.5 ± 19.6	NS	25.8 ± 23.6	NS	NS	
Dallas S (%)						
Évaluation initiale	34.7 ± 21.9		28.3 ± 20.4		NS	
Évaluation finale	28.9 ± 23.6	NS	24.2 ± 19.1	NS	NS	
3-mois	16.1 ± 18.6 §	0.017	16.2 ± 21.1 §	0.024	NS	
6-mois	15.0 ± 19.2	NS	18.6 ± 19.2	NS	NS	

GT : prise en charge pluridisciplinaire sans programme d'éducation ; GE : prise en charge pluridisciplinaire avec programme d'éducation ; SD : écart type ; mm : millimètre ; u.a. : unité arbitraire ; % : pourcentage ; EVA : échelle visuelle analogique ; AQ : Activités de la vie quotidienne ; AP/L : activités professionnelles et de loisirs ; A/D : anxiété/dépression ; S : Sociabilité ; TSK : Tampa Scale Kinesiophobia ; NS : non-significatif ; * Différence significative intra-groupe entre l'évaluation initiale et finale ; § Différence significative intra-groupe entre l'évaluation finale et l'évaluation à 3 mois ; §§ Différence significative inter-groupe

Retentissement de la douleur sur la qualité de vie (questionnaire de Dallas) : A la fin des soins, pour tous les items du questionnaire de Dallas, à l'exception de l'item « *sociabilité* », les deux groupes ont présenté une amélioration significative ($p < 0.001$) par rapport aux données de base sans présence de différence entre les deux groupes. Lors du suivi à 3 mois, avec une diminution de 12,8%, le GT a présenté une amélioration significative pour l'item « *sociabilité* » ($p = 0.017$). Dans le même temps, le GE a montré une diminution significative de 8,2% du score global ($p = 0.002$), caractérisée par une diminution de 12,4% pour l'item « *activités professionnelles et de loisirs* » ($p < 0.001$) et de 8% pour l'item « *sociabilité* » ($p = 0.024$). La comparaison inter-groupe a montré une différence significative entre les deux groupes en faveur du GE pour l'item « *activités professionnelles et de loisirs* » ($p = 0.035$). A 6 mois de suivi, il n'y avait pas de différence intra et inter- groupes.

3.2. Évaluation physique

Les résultats de la souplesse et de l'endurance musculaire maximale sont présentés dans le Tableau 13.

Souplesse de la chaîne postérieure (test distance doigts/sol) : A la fin de la prise en charge, la mesure de la distance doigt-sol était significativement améliorée pour les deux groupes ($p < 0.001$). Le GT a diminué la distance de $13,0 \pm 2,6$ centimètres en moyenne et le GE de $11,6 \pm 1,6$ centimètres. Au suivi à 3 et 6 mois, cette évolution s'est maintenue pour les deux groupes sans différence entre eux.

Souplesse des quadriceps (distance talon/fesse) : Après la prise en charge pluridisciplinaire, la souplesse des quadriceps côtés droit et gauche a été significativement améliorée pour les deux groupes ($p < 0.001$). Lors du suivi à 3 et 6 mois, la mesure de la distance talon-fesse a été maintenue pour les deux groupes sans différence entre eux.

Endurance musculaire isométrique : Les mesures de l'endurance musculaire maximale ont toutes été améliorées de manière significative dans les deux groupes ($p < 0.001$) entre les évaluations initiales et finales. À 3 mois de suivi, à l'exception du temps d'endurance du quadriceps dans le GE qui a significativement diminué de 38,8 secondes par rapport à l'évaluation finale ($p = 0.003$), les autres tests d'endurance musculaire n'ont présenté aucune modification pour les deux groupes. Au suivi à 6 mois, les deux groupes sont restés homogènes.

Tableau 13 : Récapitulatif des évaluations physiques au cours de la prise en charge et du suivi longitudinal

	GT <i>Moyenne ± SD</i>	P value <i>(intra-groupe)</i>	GE <i>Moyenne ± SD</i>	P value <i>(intra-groupe)</i>	P value <i>(inter-groupe)</i>	
Souplesse	Distance doigts/sol (cm)					
	Évaluation initiale	16.8 ± 11.6		14.8 ± 12.3		NS
	Évaluation finale	3.8 ± 9.5 *	<0.001	3.2 ± 10.7 *	<0.001	NS
	3-mois	2.4 ± 9.3	NS	3.9 ± 10.2	NS	NS
	6-mois	4.7 ± 9.6	NS	1.2 ± 10.9	NS	NS
	Distance talon/fesse côté gauche (cm)					
	Évaluation initiale	5.9 ± 8.8		4.9 ± 6.6		NS
	Évaluation finale	1.5 ± 3.5 *	<0.001	1.2 ± 3.2 *	<0.001	NS
	3-mois	1.0 ± 2.5	NS	2.5 ± 3.9	NS	NS
	6-mois	2.1 ± 4.0	NS	2.5 ± 4.3	NS	NS
	Distance talon/fesse côté droit (cm)					
	Évaluation initiale	5.5 ± 9.9		4.5 ± 6.9		NS
Évaluation finale	1.2 ± 3.1*	<0.001	1.1 ± 3.1 *	<0.001	NS	
3-mois	1.0 ± 2.4	NS	1.2 ± 2.8	NS	NS	
6-mois	1.1 ± 2.4	NS	2.6 ± 4.9	NS	NS	
Endurance Maximale volontaire	Test de Ito (sec.)					
	Évaluation initiale	69.8 ± 47.9		68.9 ± 46.7		NS
	Évaluation finale	126.1 ± 63.1 *	<0.001	118.8 ± 48.5 *	<0.001	NS
	3-mois	118.6 ± 73.1	NS	102.1 ± 46.4	NS	NS
	6-mois	143.9 ± 79.1	NS	98.3 ± 45.5	NS	NS
	Test de Sorensen (sec.)					
	Évaluation initiale	67.4 ± 40.4		66.5 ± 41.9		NS
	Évaluation finale	113.1 ± 47.9 *	<0.001	123.6 ± 43.4 *	<0.001	NS
	3-mois	111.9 ± 42.1	NS	127.1 ± 45.7	NS	NS
	6-mois	121.3 ± 37.9	NS	123.2 ± 38.3	NS	NS
	Side Bridge test, côté gauche (sec.)					
	Évaluation initiale	35.2 ± 21.6		31.6 ± 27.9		NS
	Évaluation finale	64.8 ± 32.3 *	<0.001	57.7 ± 28.6 *	<0.001	NS
	3-mois	64.2 ± 41.7	NS	44.2 ± 20.7	NS	NS
	6-mois	66.8 ± 25.7	NS	45.5 ± 18.8	NS	NS
	Side Bridge test, côté droit (sec.)					
	Évaluation initiale	34.2 ± 21.1		29.8 ± 24.6		NS
	Évaluation finale	66.7 ± 31.4 *	<0.001	59.1 ± 31.0 *	<0.001	NS
3-mois	66.1 ± 43.0	NS	46.9 ± 21.0	NS	NS	
6-mois	66.8 ± 25.7	NS	45.5 ± 18.8	NS	NS	
Test Killy (sec.)						
Évaluation initiale	62.5 ± 42.5		55.4 ± 38.0		NS	
Évaluation finale	122.1 ± 69.5 *	<0.001	118.2 ± 62.9 *§	<0.001	NS	
3-mois	114.4 ± 66.0	NS	79.4 ± 49.5	0.003	NS	
6-mois	121.2 ± 71.1	NS	75.4 ± 44.6	NS	NS	

GT : prise en charge pluridisciplinaire sans programme d'éducation ; GE : prise en charge pluridisciplinaire avec programme d'éducation ; SD : écart type ; cm : centimètre ; sec. : seconde ; NS : non-significatif ; * Différence significative intra-groupe entre l'évaluation initiale et finale ; § Différence significative intra-groupe entre l'évaluation finale et l'évaluation à 3 mois

3.3. Niveau de pratique d'activité physique

Après trois mois de suivi, le nombre de patients déclarant pratiquer une activité physique régulière pendant leurs loisirs était plus élevé dans le GE que dans le groupe GT ($p < 0,001$). 30 (91%) des 33 patients du GE et 20 (77%) des 26 patients du GT pratiquaient une activité physique régulière. Sur les 33 patients du GE, 24 (73%) avaient un niveau de pratique élevé, 4 (12%) une pratique modérée, 2 (6%) une pratique faible et 3 (9%) avaient arrêté toute activité. Pour le GT, sur les 26 patients, 7 (27%) avaient un niveau de pratique élevé, 3 (12%) une pratique modérée, 10 (38%) une pratique faible et 6 (23%) n'avaient aucune pratique (Tableau 14).

Au suivi à 6 mois, la pratique du niveau d'activité physique était homogène entre les deux groupes. Sur les 27 patients du GE, 9 (33%) maintenaient un niveau de pratique élevé, 8 (29%) une pratique modérée, 5 (19%) une pratique faible et 5 (19%) avaient arrêté toute activité. Pour le GT, sur les 18 patients, 3 (17%) maintenaient un niveau de pratique élevé, 3 (17%) une pratique modérée, 3 (17%) avaient une pratique faible et 9 (50%) n'avaient aucune pratique (Tableau 14).

Tableau 14: Niveau de pratique de l'activité physique lors du suivi à 3 et 6 mois post prise en charge

Niveau de pratique de l'AP	Suivi à 3 mois			Suivi à 6 mois		
	GT (n=26)	GE (n=33)	Fisher exact test	GT (n=18)	GE (n=27)	Fisher exact test
Pas de pratique	6	3	P<0.001	9	5	P=0.159
Pratique faible	10	2		3	5	
Pratique modérée	3	4		3	8	
Pratique élevée	7	24		3	9	

GT: prise en charge pluridisciplinaire sans programme d'éducation; GE: prise en charge pluridisciplinaire avec programme d'éducation

3.4. Taux d'abandons lors du suivi longitudinal

A 3 mois de suivi, 42 patients pour le GT et 35 patients pour le GE ne sont pas revenus au centre pour participer aux évaluations. A 6 mois de suivi, le nombre de patients qui ont participé à l'évaluation était plus élevé pour le GE ($p=0.017$). Par ailleurs, il faut noter que

4 patients de ce groupe n'ont pas pu réaliser les évaluations à cause de l'épidémie de COVID-19 car le centre de réadaptation a dû arrêter les suivis longitudinaux (Tableau 15).

Tableau 15 : nombre de patients ayant participé au suivi longitudinal à 3 et 6 mois post prise en charge

Nombre de patients	Suivi à 3 mois			Suivi à 6 mois		
	GT	GE	Fisher exact test	GT	GE	Fisher exact test
Participation à l'évaluation	26	33		18	27	
Abandons	42	35	P=0.659	50	37	P=0.017
Absence pour cause de COVID	0	0		0	4	

GT : prise en charge pluridisciplinaire sans programme d'éducation ; GE : prise en charge pluridisciplinaire avec programme d'éducation

4. Discussion

L'objectif principal de cette étude était de mesurer l'impact d'un programme d'éducation chez des patients lombalgiques chroniques sur leur changement de comportement, en particulier sur le maintien de l'activité physique à court et moyen terme. Les résultats soutiennent l'hypothèse initiale selon laquelle un programme d'éducation est efficace sur le maintien de l'activité physique mais uniquement à court terme. En effet, à 3 mois de suivi, ce programme d'éducation a permis une meilleure adhésion à l'activité physique conduisant à une amélioration des paramètres liés à la douleur et ses répercussions sur la vie quotidienne. A 6 mois de suivi, le niveau d'activité physique dans les deux groupes était à nouveau homogène. Cependant, ce programme d'éducation a permis également une meilleure adhésion au programme de soins mesurée par un plus grand nombre de retours des patients au centre pour les évaluations de suivi à moyen terme.

Suite au programme de réhabilitation pluridisciplinaire, il a été demandé aux patients souffrant de lombalgie chronique de maintenir une activité physique. Cependant, comme l'expliquent Perrot et coll. (2009), les patients souffrant de lombalgie sont peu préparés à une approche autonome, centrée sur la pratique de l'activité physique afin d'améliorer/maintenir les capacités physiques. En effet, la littérature a montré que la non-adhésion à la pratique d'une activité physique se situe entre 50% et 70% pour les patients lombalgiques chroniques (Escolar-Reina et coll., 2010 ; Bassett, 2003). Ces taux

de non-adhésion sont similaires à ceux retrouvés dans notre étude dans le GT à 3 et 6 mois de suivi. Les raisons de la non-adhésion à l'activité physique pourraient être expliquées par le manque de soutien après la prise en charge pluridisciplinaire, par le fait de ne plus avoir de suivi régulier, mais également par la diminution de la motivation à l'exercice (Palazzo et coll., 2016 ; Boutevillain et coll., 2017). De plus, Palazzo et coll. (2016) ont montré que les patients lombalgiques chroniques ont des difficultés à planifier ou organiser une activité physique lors du retour à domicile. C'est pourquoi, dans notre étude, le GE a bénéficié durant la prise en charge pluridisciplinaire d'un programme éducatif utilisant des leviers motivationnels afin de faciliter le maintien de l'activité physique et d'améliorer l'autonomie des patients.

Les études portant sur l'adhésion à l'activité physique montrent que les personnes qui abandonnent, présentent des niveaux de motivations autodéterminés plus faibles et des niveaux d'amotivation plus élevés que les patients persistants (Brunet et coll., 2013 ; Calvos et coll., 2010 ; Stephan et coll., 2010). Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il existe une divergence entre les objectifs thérapeutiques, à savoir apporter une amélioration fonctionnelle avec une réduction du handicap et de l'invalidité, et les attentes des patients, à savoir la réduction de la douleur (Boutevillain et coll., 2017). Selon Sloots et coll. (2010), des attentes divergentes concernant le contenu du traitement peuvent entraîner un abandon du traitement dans la population souffrant de lombalgie chronique. C'est pourquoi, lors de notre programme d'éducation, un objectif commun a été déterminé avec le patient afin de favoriser l'adhésion à l'activité physique. En effet, selon Pozhar et coll. (2019), il est nécessaire que les thérapeutes et le patient s'entendent sur les objectifs de la prise en charge avant de s'y engager afin de faciliter l'adhésion de ce dernier. En ce sens, notre programme d'éducation a partiellement atteint l'objectif car à 6 mois de suivi, le taux d'abandon des patients du GE de notre étude a diminué par rapport au GT.

Dans notre étude, la diminution de l'observance à l'activité physique à 6 mois pourrait être due à un manque de retour d'informations concernant la pratique du patient après les soins. En effet, en dehors des deux sessions d'évaluation à 3 et 6 mois après la prise en charge, les patients n'avaient plus de contact avec les professionnels du centre. Cependant, Boutevillain et coll. (2017) ont mis en avant qu'un des facilitateurs de l'activité physique chez les personnes souffrant de lombalgie chronique était une supervision par des professionnels de santé. Dans ce sens, Ha Dinh et coll. (2016) ont souligné l'importance du feedback pour améliorer divers résultats de santé, notamment les

connaissances spécifiques sur la maladie, l'adhésion et l'auto-efficacité. De nombreuses études portant sur l'ajout d'un feedback après les soins ont montré des résultats prometteurs concernant le maintien de l'activité physique (Guiraud et coll., 2012 ; Plow et Golding, 2017). Ainsi, le feedback semble être un outil essentiel pour le maintien de l'activité physique après une prise en charge pluridisciplinaire.

5. Conclusion

Un programme d'éducation centré sur les séances autour de la motivation, de l'activité physique, de la gestion du stress et des activités quotidiennes a partiellement atteint l'objectif de maintien de l'activité physique, car le groupe expérimental avait une meilleure adhésion à l'activité physique lors du suivi à 3 mois mais pas à 6 mois. Cependant, notre programme d'éducation a permis une meilleure adhésion au programme de soins avec un plus grand nombre de retours des patients au centre pour les évaluations de suivi.

- ÉTUDE N°3 -

**Création de normes d'endurance
musculaire isométrique**

**Isometric Strength Database for
Muscle Maximal Voluntary Endurance
Field Tests: Normative Data**

Janik F, Fabre C, Seichepine A-L, Masquelier B, Barbier F,
Toulotte C.

*Article publié dans la revue Sport Medicine – Open
(2021) 7 :47. Doi : 10.1186/s40798-021-00338-2*



- RÉSUMÉ -

Objectif :

L'objectif de cette étude était d'examiner la reproductibilité test-retest de huit tests d'endurance musculaire isométriques pour lesquels un changement de posture par rapport aux tests originaux avait été effectué, puis, d'établir dans une population saine, des normes prenant en compte les caractéristiques anthropométriques des sujets.

Méthode :

Cette étude a été menée en deux phases. La première phase consistait à vérifier la reproductibilité intra- et inter-évaluateurs pour huit tests d'endurance musculaire isométriques sur 20 sujets volontaires âgés de 40.9 ± 11.6 ans (fourchette d'âge, 21-58 ans). La seconde partie consistait à établir des normes musculaires d'endurance isométrique maximale pour ces huit tests en incluant les caractéristiques anthropométriques des sujets. Pour cette seconde phase, un total de 400 participants sains regroupés par tranche d'âge (50 hommes et femmes dans chacune des tranches d'âge, 20-29 ; 30-39 ; 40-49 ; 50-59 ans, pour un total de 200 hommes et 200 femmes) a participé à l'étude.

Résultats :

Les tests de reproductibilité intra- et inter-évaluateurs ont été jugés comme bons pour toutes les mesures musculaires (les coefficients de corrélation intra-classe variaient entre 0.915 et 0.996 et le coefficient de variation entre 3.6 et 11.8%). L'aire sous les courbes caractéristiques d'exploitation du récepteur démontre une bonne sensibilité avec des valeurs supérieures à 0.7 pour chaque test. Chaque ceinture musculaire présente le même ratio quel que soit le groupe d'âge et de sexe. Les analyses de régression multiple simultanées ont mis en évidence que les caractéristiques anthropométriques des sujets influencent significativement la performance des tests isométriques.

Conclusions :

Après avoir démontré une bonne reproductibilité de tous les tests, cette étude a permis d'établir des équations de prédiction dans une population saine en fonction de leurs caractéristiques anthropométriques ainsi que des ratios agonistes/antagonistes pour huit tests d'endurance musculaire isométriques.

1. Contexte

Une façon d'évaluer simplement les performances musculaires est d'utiliser des tests de terrain, qui permettent de mesurer l'endurance isométrique maximale. Dans la littérature, de nombreux tests de terrain évaluant cette dernière ont été validés, mais, bien que des valeurs normatives peuvent exister pour certains de ces tests (Claxton et coll., 2009 ; Evans et coll., 2007), ces normes ne prennent pas en compte la masse, la taille, le sexe et l'âge des individus. Or, toutes ces données anthropométriques sont des facteurs bien connus qui influencent positivement ou négativement les performances musculaires (Samson et coll., 2000). De plus, la position posturale de certains tests isométriques peut induire une gêne ou une douleur (Ito et coll., 1996), ce qui conduit à une sous-estimation de la capacité musculaire car le test peut être arrêté prématurément. Il semble donc important de modifier les positions des tests afin de diminuer les facteurs limitants et de considérer les données anthropométriques de chaque sujet tout en respectant la validité des tests. Enfin, l'évaluation rencontrée dans la littérature sur l'endurance musculaire isométrique est généralement limitée à quatre groupes musculaires : les quadriceps, les abdominaux, les lombaires et les carrés des lombes (Evans et coll., 2007 ; Demoulin et coll., 2005). Par conséquent, cette évaluation fournit un aperçu quelque peu limité de la performance musculaire.

Une autre variable qui doit être prise en compte dans l'évaluation de la performance musculaire est le déséquilibre musculaire ou les ratios de muscles agonistes/antagonistes. En effet, en cas de déséquilibre musculaire, un trouble articulaire et/ou des douleurs peuvent en résulter car la stabilisation de l'articulation n'est plus assurée (Padasala et coll., 2020). En connaissant les déficits musculaires, il est possible de proposer un programme d'entraînement individualisé permettant de rétablir un ratio normal (Padasala et coll., 2020). Généralement, pour obtenir les valeurs des ratios musculaires, il est nécessaire de mesurer la force des muscles agonistes et antagonistes puis de calculer leurs ratios. La méthode la plus utilisée est la méthode isocinétique, mais ces appareils restent très chers, encombrants et nécessitent un personnel formé pour les manipuler et interpréter les résultats. McGill et coll. (1999) ont proposé une méthode plus simple que la méthode isocinétique pour déterminer les ratios dans une population de jeunes adultes en bonne santé, en utilisant le temps d'endurance des tests de terrain. Cependant, dans leur étude, les ratios musculaires étaient limités à trois groupes de

muscles, à savoir les abdominaux, les lombaires et les carrés des lombes. En outre, dans l'étude de McGill et coll., (1999) tous les ratios musculaires ont été déterminés à partir de la performance des muscles lombaires. Par conséquent, il n'est pas possible de détecter le déséquilibre spécifique en fonction du muscle agoniste et antagoniste et cette forme d'évaluation reste marginale. De plus, comme le soulignent les auteurs, leurs ratios ont été établis à partir d'une population jeune, ce qui pourrait ne pas être applicable à une population plus âgée (McGill et coll., 1999).

Par conséquent, nous émettons l'hypothèse, dans un premier temps, qu'il serait possible de valider des tests d'endurance musculaire isométrique maximale avec des positions posturales adaptées pour mesurer au mieux la performance musculaire ; dans un deuxième temps, nous émettons l'hypothèse que les données anthropométriques des sujets pourraient influencer la performance musculaire lors de tests isométriques maximaux.

Les objectifs de cette étude étaient (1) de valider huit tests d'endurance musculaire isométriques maximale avec des positions posturales adaptées ; (2) d'établir des équations prédictives de l'endurance musculaire pour ces huit tests, dans une population saine sur la base des caractéristiques anthropométriques des sujets. Ces équations prédictives pourraient permettre de prévenir les blessures musculaires et/ou d'optimiser l'individualisation des programmes d'entraînement de manière rapide et peu coûteuse.

2. Méthodes

Cette étude a été menée en deux phases. La première phase consistait à vérifier la reproductibilité intra- et inter-évaluateurs pour huit tests d'endurance musculaire isométriques, et la seconde partie consistait à établir des normes d'endurance isométrique pour ces huit tests en fonction des caractéristiques anthropométriques des sujets. Les tests isométriques permettaient d'évaluer les fléchisseurs du tronc, les extenseurs du tronc, les carrés des lombes, les quadriceps, les ischio-jambiers, ainsi que les muscles dorsaux et pectoraux (Figure 11).

Pour la première phase, vingt sujets (9 hommes, 11 femmes), d'un âge moyen de 40.9 ± 11.6 ans, ont été inclus (Tableau 16). Les sujets ont rempli le questionnaire de Baecke (Bigard et coll., 1992) pour déterminer leur niveau d'activité physique et ont été interrogés sur leurs antécédents médicaux afin de vérifier les critères d'inclusion/exclusion.

Pour la seconde phase, quatre cent participants caucasiens en bonne santé, répartis par tranche d'âge (50 hommes et 50 femmes dans chaque tranche d'âge, 20-29 ans, 30-39 ans, 40-49 ans et 50-59 ans, soit 200 hommes et 200 femmes au total) ont été inclus. Le groupe des femmes était âgé de 39.7 ± 11.5 ans et celui des hommes de 39.4 ± 11.4 ans (Tableau 16).

Tableau 16 : Caractéristiques de la population étudiée

	Reproductibilité des tests		Normes musculaire		p Value	
	Participants (n=20)	Hommes (n=200)	Femmes (n=200)			
	Moyenne \pm SD	Moyenne \pm SD	Moyenne \pm SD			
Age (année)	40.9 \pm 11.6	39.4 \pm 11.4	39.7 \pm 11.5		NS	
Masse (kg)	79.9 \pm 16.8	82.9 \pm 13.7	66.3 \pm 14.6		***	
Taille (cm)	172.6 \pm 7.9	178.0 \pm 7.5	165.8 \pm 5.9		***	
IMC (Kg/m ²)	26.7 \pm 4.3	26.2 \pm 4.3	24.1 \pm 5.0		NS	
Baecke score (a.u)	7.1 \pm 1.1	7.9 \pm 2.1	7.5 \pm 1.8		NS	
Endurance Musculaire	Fléchisseurs du tronc (s)	147.3 \pm 77.8	121.7 \pm 47.9	120.0 \pm 67.8		NS
	Extenseurs du tronc (s)	210.0 \pm 76.8	181.0 \pm 66.8	183.2 \pm 92.8		NS
	Carrés des lombes côté droit (s)	80.5 \pm 35.7	76.9 \pm 34.7	76.7 \pm 35.2		NS
	Carrés des lombes côté gauche (s)	81.9 \pm 30.3	77.7 \pm 33.1	77.4 \pm 32.8		NS
	Quadriceps (s)	75.3 \pm 28.4	81.7 \pm 29.8	76.8 \pm 32.4		NS
	Ischio-jambiers (s)	243.2 \pm 110.3	240.2 \pm 76.5	224.2 \pm 90.2		NS
	Dorsaux (s)	185.7 \pm 77.4	183.7 \pm 58.8	186.3 \pm 79.8		NS
	Pectoraux (s)	76.3 \pm 25.5	64.3 \pm 19.4	63.7 \pm 28.8		NS

La moyenne et l'écart-type de tous les tests d'endurance musculaire pour la reproductibilité des tests correspondent à la moyenne générale des trois dernières évaluations "A2", "B1" et "B2" ; IMC : Indice de masse corporelle ; u.a. : unités arbitraires ; NS : non significatif ; *** $p < 0,001$; A2 : deuxième évaluation de l'évaluateur A ; B1 : première évaluation de l'évaluateur B ; B2 : deuxième évaluation de l'évaluateur B.

3. Résultat

Les caractéristiques anthropométriques de tous les sujets inclus dans cette étude et les moyennes générales des trois dernières évaluations "A2", "B1" et "B2" pour tous les tests isométriques sont présentées dans le Tableau 16.

3.1. Partie 1 : Reproductibilité des tests d'endurance musculaire

Le Tableau 17a présente les résultats des tests de reproductibilité intra-évaluateur ("B1" et "B2") pour toutes les mesures musculaires. Les valeurs ICC des mesures d'endurance musculaire varient entre 0.946 et 0.989, indiquant ainsi une excellente reproductibilité. Les valeurs de biais vont de -3.9 à 1.0, restant proches de zéro et indiquant une légère amélioration systématique entre les mesures.

Les Tableaux 17.b et 17.c présentent les résultats des tests de reproductibilité inter-évaluateurs (entre les évaluations de "B1" et "A2" et entre les évaluations de "B2" et "A2") pour toutes les mesures musculaires. Les valeurs ICC indiquent une excellente reproductibilité inter-évaluateurs, les mesures variant entre 0.915 et 0.996 pour les mesures des évaluations "B1" et "A2" et entre 0.955 et 0.996 pour les mesures des évaluations "B2" et "A2". Pour la comparaison inter-évaluateurs, les valeurs de biais sont négatives (allant de -5.6 à -0.8 pour la mesure entre "B1" et "A2" et de -4.9 à -0.6 pour la mesure entre "B2" et "A2"), indiquant une légère amélioration systématique entre les mesures.

En ce qui concerne la reproductibilité absolue, les valeurs de CV varient entre 3.6 % et 11.8 % (Tableaux 17a, b, c). La reproductibilité absolue intra-évaluateur (Tableau 17.a) se situe entre une bonne et une excellente reproductibilité pour tous les tests (mesure minimale : 6.6 % pour le test des ischio-jambiers ; mesure maximale : 11.3 % pour le test des carrés des lombes côté droit). La reproductibilité absolue entre les évaluateurs (Tableaux 17.b et 17.c) se situe également entre bonne et excellente pour tous les tests (mesure minimale : 3.6% pour le test des ischio-jambiers entre "B2" et "A2" ; mesure maximale : 11.8% pour le test des muscles pectoraux entre "B1" et "A2").

En ce qui concerne la reproductibilité absolue, les valeurs de SEM% démontrent une bonne reproductibilité de l'exactitude et de la précision des valeurs mesurées. En effet, les valeurs SEM des mesures intra- ou inter-évaluateurs sont inférieures à 10% de la valeur moyenne mesurée, les erreurs de mesure sont donc faibles et la mesure est donc fiable (Liaw et coll., 2008).

Les valeurs p de Breusch-Pagan (BP) pour tous les tests sont supérieures à 0,05 (la valeur la plus faible : BP = 3.6, df = 1, p-value = 0.07 pour les tests des muscles pectoraux entre "B1" et "A2") ; l'hypothèse nulle est donc acceptée, c'est-à-dire que les données sont homoscédastiques.

Tableau 17.a : Coefficients de corrélation intra-classe, intra-évaluateur

Test musculaire isométrique	B1 (sec.)	B2 (sec.)	Biais (sec.)	CV	ICC	95% LOA (sec.)		SEM (sec.)	SEM (%)
	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>	(%)	[95% CI]	bas	haut		
Fléchisseurs du tronc (s)	145.2 ± 79.3	146.0 ± 79.1	-0.8 ± 20.1	9.1	0.984 [0.961 – 0.994]	-40.15	38.65	2.54	1.75
Extenseurs du tronc (s)	207.4 ± 81.9	210.9 ± 71.9	-3.5 ± 26.9	8.9	0.970 [0.924 – 0.988]	-56.27	49.27	4.66	2.23
Carrés des lombes côté droit (s)	77.5 ± 36.0	81.4 ± 36.4	-3.9 ± 14.7	11.3	0.956 [0.891 – 0.983]	-32.71	24.91	3.08	3.88
Carrés des lombes côté gauche (s)	79.2 ± 32.5	82.8 ± 30.6	-3.6 ± 12.9	11.1	0.955 [0.889 – 0.982]	-28.85	21.65	2.73	3.37
Quadriceps (s)	74.1 ± 27.8	74.5 ± 31.2	-0.4 ± 11.9	10.3	0.959 [0.897 – 0.984]	-23.84	22.94	2.42	3.25
Ischio-jambiers (s)	241.8 ± 114.3	242.2 ± 112.6	-0.5 ± 24.3	6.6	0.989 [0.972 – 0.996]	-48.11	47.21	2.55	1.05
Dorsaux (s)	185.8 ± 80.6	184.8 ± 75.5	1.0 ± 19.0	6.9	0.986 [0.964 – 0.994]	-36.18	38.18	2.24	1.21
Pectoraux (s)	74.2 ± 26.2	77.1 ± 27.6	-2.9 ± 12.1	10.5	0.946 [0.866 – 0.978]	-26.69	20.89	2.82	3.73

CV : coefficient de variation ; ICC : coefficients de corrélation intra-classe ; CI : intervalles de confiance ; SEM : erreur standard de mesure ; LOA : limites de l'accord ; sec : secondes ; % : pourcentage ; SD : écart-type ; B1 : première évaluation de l'évaluateur B ; B2 : deuxième évaluation de l'évaluateur B.

Tableau 18.b : Coefficients de corrélation intra-classe entre les évaluations "B1" et "A2".

Test musculaire isométrique	B1 (sec.)	A2 (sec.)	Biais (sec.)	CV	ICC	95% LOA (sec.)		SEM (sec.)	SEM (%)
	Moyenne ± SD	Moyenne ± SD	Moyenne ± SD	(%)	[95% CI]	bas	haut		
Fléchisseurs du tronc (s)	145.2 ± 79.3	150.8 ± 78.9	-5.6 ± 10.2	5.1	0.995 [0.983 – 0.998]	-25.66	14.46	0.72	0.50
Extenseurs du tronc (s)	207.4 ± 81.9	211.8 ± 80.2	-4.5 ± 13.0	4.5	0.993 [0.982 – 0.997]	-30.01	21.11	1.09	0.52
Carrés des lombes côté droit (s)	77.5 ± 36.0	82.6 ± 36.6	-5.1 ± 9.1	9.3	0.980 [0.937 – 0.993]	-22.80	12.70	1.28	1.61
Carrés des lombes côté gauche (s)	79.2 ± 32.5	83.6 ± 29.2	-4.4 ± 10.1	8.6	0.969 [0.916 – 0.988]	-24.29	15.49	1.79	2.21
Quadriceps (s)	74.1 ± 27.8	77.3 ± 27.3	-3.2 ± 9.7	8.7	0.966 [0.914 – 0.987]	-22.27	15.87	1.79	2.42
Ischio-jambiers (s)	241.8 ± 114.3	245.6 ± 109.7	-3.9 ± 14.5	4.6	0.996 [0.989 – 0.998]	-32.21	24.51	0.91	0.38
Dorsaux (s)	185.8 ± 80.6	186.6 ± 80.1	-0.8 ± 15.7	5.3	0.991 [0.977 – 0.996]	-31.51	29.91	1.49	0.80
Pectoraux (s)	74.2 ± 26.2	77.7 ± 23.7	-3.5 ± 13.9	11.8	0.915 [0.788 – 0.966]	-30.81	23.81	4.06	5.37

CV : coefficient de variation ; ICC : coefficients de corrélation intra-classe ; CI : intervalles de confiance ; SEM : erreur standard de mesure ; LOA : limites de l'accord ; sec : secondes ; % : pourcentage ; SD : écart-type ; B1 : première évaluation de l'évaluateur B ; A2 : deuxième évaluation de l'évaluateur A.

Tableau 19.c : Coefficients de corrélation intra-classe entre les évaluations "B2" et "A2".

Test musculaire isométrique	B2 (sec.)	A2 (sec.)	Biais (sec.)	CV	ICC	95% LOA (sec.)		SEM (sec.)	SEM (%)
	Moyenne ± SD	Moyenne ± SD	Moyenne ± SD	(%)	[95% CI]	bas	haut		
Fléchisseurs du tronc (s)	146.0 ± 79.1	150.8 ± 78.9	-4.9 ± 13.8	5.8	0.992 [0.979 – 0.997]	-31.93	22.23	1.24	0.85
Extenseurs du tronc (s)	210.9 ± 71.9	211.8 ± 80.2	-1.0 ± 20.2	6.4	0.983 [0.957 – 0.993]	-40.58	38.68	2.64	1.26
Carrés des lombes côté droit (s)	81.4 ± 36.4	82.6 ± 36.6	-1.2 ± 11.7	8.5	0.975 [0.936 – 0.990]	-24.08	21.78	1.85	2.33
Carrés des lombes côté gauche (s)	82.8 ± 30.6	83.6 ± 29.2	-0.8 ± 12.7	8.1	0.955 [0.886 – 0.982]	-25.71	24.11	2.70	3.33
Quadriceps (s)	74.5 ± 31.2	77.3 ± 27.3	-2.8 ± 11.9	9.2	0.957 [0.893 – 0.983]	-26.06	20.56	2.47	3.32
Ischio-jambiers (s)	242.2 ± 112.6	245.6 ± 109.7	-3.4 ± 13.6	3.6	0.996 [0.991 – 0.998]	-30.00	23.20	0.86	0.35
Dorsaux (s)	184.8 ± 75.5	186.6 ± 80.1	-1.8 ± 14.6	4.5	0.991 [0.978 – 0.997]	-30.47	26.87	1.39	0.75
Pectoraux (s)	77.1 ± 27.6	77.7 ± 23.7	-0.6 ± 10.8	8.4	0.956 [0.889 – 0.983]	-21.69	20.49	2.26	3.00

CV : coefficient de variation ; ICC : coefficients de corrélation intra-classe ; CI : intervalles de confiance ; SEM : erreur standard de mesure ; LOA : limites de l'accord ; sec : secondes ; % : pourcentage ; SD : écart-type ; B2 : deuxième évaluation de l'évaluateur B ; A2 : deuxième évaluation de l'évaluateur A.

Le coefficient de variation (CV) intra-évaluateur et inter-évaluateurs a également été utilisé pour mesurer la reproductibilité absolue des rapports agonistes/antagonistes (Tableau 18). Les ratios musculaires ont été déterminés en divisant le temps de maintien des muscles de la chaîne antérieure par le temps de maintien des muscles de la chaîne postérieure pour toutes les ceintures musculaires. Pour chaque ceinture musculaire, les valeurs du CV varient entre 5.8 % et 12.9 %, ce qui correspond à une reproductibilité allant de bonne à excellente pour tous les rapports agonistes/antagonistes.

Tableau 20 : Coefficient de variation intra-évaluateur et inter-évaluateurs pour les ratios agonistes/antagonistes des muscles.

Agoniste/antagoniste ratios	CV (%)		CV (%)
	Intra-évaluateur	Inter-évaluateurs (B1-A2)	Inter-évaluateurs (B2-A2)
Fléchisseurs / Extenseurs du tronc	12.8	8.7	5.8
Carrés des lombes droit/gauche	10.6	6.4	10.7
Quadriceps / Ischio-jambiers	12.5	8.1	10.1
Pectoraux / Dorsaux	11.6	12.9	10.6

CV : coefficient de variation ; BA : première évaluation de l'évaluateur B ; B2 : deuxième évaluation de l'évaluateur B ; A2 : deuxième évaluation de l'évaluateur A

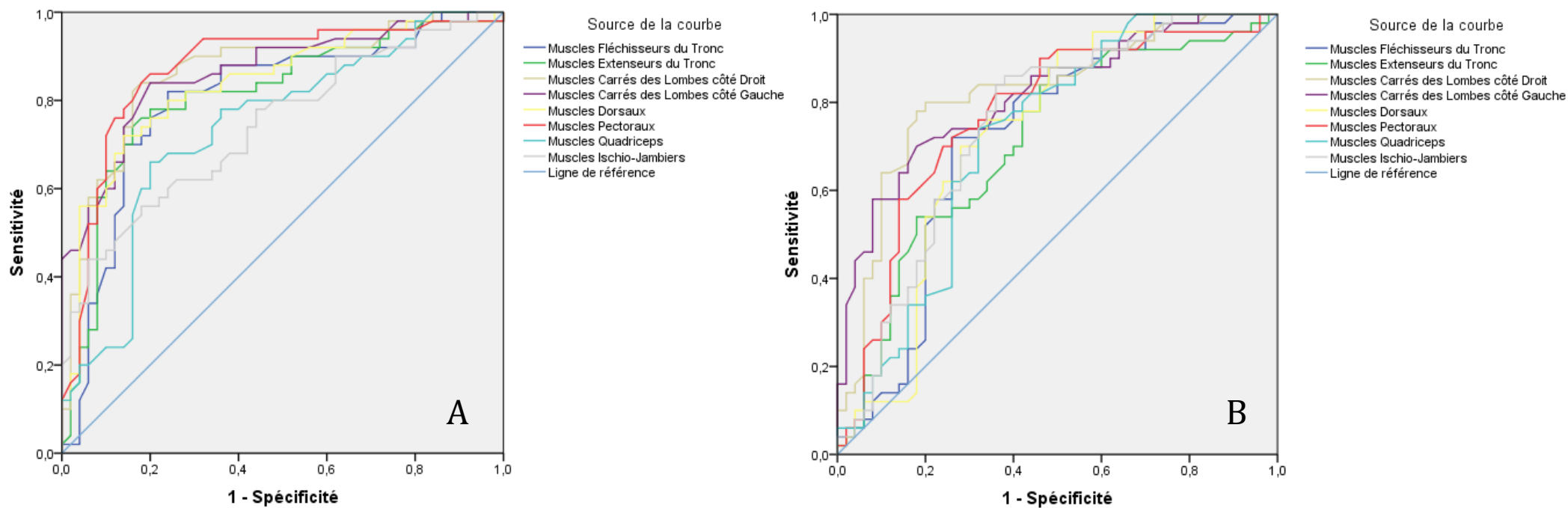
3.2. Partie 2 : normes musculaires

Les courbes ROC sont présentées dans la Figure 13. L'AUC (zone sous la courbe) démontre une bonne sensibilité en fonction des tranches d'âge avec des valeurs supérieures à 0.7 pour chaque test (Tableaux 19 et 20).

Pour les groupes d'hommes et de femmes, le temps de maintien moyen pour chaque test est présenté dans le Tableau 16. Chaque test effectué a été arrêté suite à une fatigue musculaire par le participant lui-même ou par l'évaluateur lorsque le participant présentait des signes évidents de fatigue (maintien de la position initiale impossible). Aucun test n'a été arrêté suite à l'apparition de douleurs.

Les équations de prédiction permettant d'estimer la performance musculaire en fonction des critères anthropométriques sont présentées dans les Tableaux 21 et 22. Les ratios musculaires de chaque ceinture musculaire ne présentent aucune différence significative entre les hommes et les femmes et aucune différence selon la tranche d'âge (Tableau 23).

Figure 13. Courbes ROC pour tous les tests en fonction des tranches d'âge.



(A) Groupe des hommes ; (B) Groupe des femmes.

Tableau 21 : Analyse de la caractéristique de fonctionnement du récepteur (ROC) pour tous les tests en fonction des tranches d'âge pour le groupe des hommes.

Groupe musculaire	20-29	50-59	p	ROC		
	(n=50)	(n=50)		AUC	95% CI	P
	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>				
Fléchisseurs du tronc (s)	146.4 ± 41.5***	97.7 ± 41.5	<0.001	0.803	0.712 – 0.894	<0.001
Extenseurs du tronc (s)	216.8 ± 59.7***	144.7 ± 56.3	<0.001	0.811	0.723 – 0.900	<0.001
Carrés des lombes côté droit (s)	98.9 ± 33.2***	55.5 ± 24.2	<0.001	0.864	0.790 – 0.939	<0.001
Carrés des lombes côté gauche (s)	100.3 ± 32.2***	56.7 ± 22.5	<0.001	0.864	0.792 – 0.936	<0.001
Quadriceps (s)	93.6 ± 28.7***	69.0 ± 26.9	<0.001	0.739	0.640 – 0.837	<0.001
Ischio-jambiers (s)	274.1 ± 80.1***	204.9 ± 65.9	<0.001	0.742	0.646 – 0.838	<0.001
Dorsaux (s)	212.9 ± 56.0***	143.1 ± 44.9	<0.001	0.835	0.755 – 0.916	<0.001
Pectoraux (s)	75.2 ± 17.5***	50.2 ± 14.7	<0.001	0.872	0.798 – 0.947	<0.001

s : seconde ; ROC : caractéristique de fonctionnement du récepteur ; AUC : zone sous la courbe ; CI : intervalle de confiance ; SD : Écart-type ; *** $p < 0.001$

Tableau 22 : Analyse de la caractéristique de fonctionnement du récepteur (ROC) pour tous les tests en fonction des tranches d'âge pour le groupe des femmes.

Groupe musculaire	20-29	50-59	p	ROC		
	(n=50)	(n=50)		AUC	95% CI	P
	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>				
Fléchisseurs du tronc (s)	140.6 ± 63.1**	97.2 ± 66.6	0.001	0.719	0.615 – 0.823	<0.001
Extenseurs du tronc (s)	212.6 ± 92.9**	154.7 ± 95.9	0.002	0.712	0.610 – 0.815	<0.001
Carrés des lombes côté droit (s)	96.6 ± 36.6***	55.5 ± 30.1	<0.001	0.818	0.733 – 0.904	<0.001
Carrés des lombes côté gauche (s)	96.5 ± 33.9***	57.2 ± 27.7	<0.001	0.816	0.733 – 0.898	<0.001
Quadriceps (s)	88.74 ± 29.7***	64.8 ± 32.2	<0.001	0.722	0.620 – 0.824	<0.001
Ischio-jambiers (s)	261.4 ± 84.0***	189.3 ± 92.8	<0.001	0.749	0.651 – 0.847	<0.001
Dorsaux (s)	212.5 ± 65.6***	155.8 ± 84.7	<0.001	0.730	0.627 – 0.832	<0.001
Pectoraux (s)	74.5 ± 27.2***	49.8 ± 25.9	<0.001	0.772	0.677 – 0.867	<0.001

s : seconde ; ROC : caractéristique de fonctionnement du récepteur ; AUC : zone sous la courbe ; CI : intervalle de confiance ; SD : Écart-type ; ** $p < 0.01$;

*** $p < 0.001$

Tableau 23 : Équations de prédiction de la performance musculaire maximale pour tous les tests isométriques chez les hommes

Test musculaire isométrique	Équations de prédiction	R ²
Fléchisseurs du tronc	$-10.92 - 1.18 \times (\text{âge; année})^{***} - 0.87 \times (\text{masse; kg})^{***} + 1.41 \times (\text{taille; cm})^{**}$	0.200
Extenseurs du tronc	$112.42 - 1.89 \times (\text{âge; année})^{***} - 1.10 \times (\text{masse; kg})^{**} + 1.32 \times (\text{taille; cm})^*$	0.195
Carrés des lombes côté droit	$17.44 - 1.13 \times (\text{âge; année})^{***} - 0.78 \times (\text{masse; kg})^{***} + 0.94 \times (\text{taille; cm})^{**}$	0.294
Carrés des lombes côté gauche	$35.49 - 1.11 \times (\text{âge; année})^{***} - 0.87 \times (\text{masse; kg})^{***} + 0.89 \times (\text{taille; cm})^{**}$	0.342
Quadriceps	$-9.59 - 0.60 \times (\text{âge; année})^{***} - 0.49 \times (\text{masse; kg})^{**} + 0.87 \times (\text{taille; cm})^{**}$	0.157
Ischio-jambiers	$35.17 - 1.66 \times (\text{âge; année})^{***} - 1.33 \times (\text{masse; kg})^{***} + 2.14 \times (\text{taille; cm})^{**}$	0.168
Dorsaux	$125.19 - 1.94 \times (\text{âge; année})^{***} - 0.84 \times (\text{masse; kg})^{**} + 1.15 \times (\text{taille; cm})^*$	0.225
Pectoraux	$38.76 - 0.64 \times (\text{âge; année})^{***} - 0.41 \times (\text{masse; kg})^{***} + 0.48 \times (\text{taille; cm})^{**}$	0.284

*Kg : kilogrammes ; cm : centimètre ; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$*

Interprétation. Le temps de maintien prévu pour le test d'endurance maximale des fléchisseurs du tronc pour un homme de 51 ans mesurant 184 centimètres et pesant 97 kilogrammes est de : $-10.92 - (1.18 \times 51) - (0.87 \times 97) + (1.41 \times 184) = 103.95$ secondes.

Tableau 24 : Équations de prédiction de la performance musculaire maximale pour tous les tests isométriques chez les femmes

Test musculaire isométrique	Équations de prédiction	R ²
Fléchisseurs du tronc	-355.82 - 0.96 x (âge; année)* - 1.69 x (masse; kg) ^{***} + 3.78 x (taille; cm) ^{***}	0.225
Extenseurs du tronc	-683.83 - 1.30 x (âge; année)* - 2.20 x (masse; kg) ^{***} + 6.42 x (taille; cm) ^{***}	0.258
Carrés des lombes côté droit	- 40.55 - 1.09 x (âge; année) ^{***} - 0.92 x(masse; kg) ^{***} + 1.34 x (taille; cm) ^{***}	0.331
Carrés des lombes côté gauche	- 29.35 - 1.06 x (âge; année) ^{***} - 0.88 x (masse; kg) ^{***} + 1.25 x (taille; cm) ^{***}	0.353
Quadriceps	- 257.23 - 1.74 x (âge; année) ^{***} - 1.47 x (masse; kg) ^{***} + 3.68 x (taille; cm) ^{***}	0.196
Ischio-jambiers	- 57.63 - 0.64 x (âge; année) ^{***} - 0.45 x (masse; kg) ^{**} + 1.06 x (taille; cm) ^{**}	0.217
Dorsaux	- 81.78 - 0.56 x (âge; année) ^{**} - 0.74 x (masse; kg) ^{***} + 1.39 x (taille; cm) ^{***}	0.201
Pectoraux	- 282.91 - 1.92 x (âge; année) ^{***} - 1.88 x (masse; kg) ^{***} + 4.27 x (taille; cm) ^{***}	0.164

*Kg : kilogrammes ; cm : centimètre ; * p<0.05 ; ** p<0.01 ; *** p<0.001*

Interprétation. Le temps de maintien prévu pour le test d'endurance maximale des fléchisseurs du tronc pour une femme de 34 ans mesurant 173 centimètres et pesant 56 kilogrammes est de : -355.82 - (0.96 x 34) - (1.69 x 56) + (3.78 x 173) = 170.84 secondes.

Tableau 25 : Variation des ratios agonistes/antagonistes selon les tranches d'âge

Agoniste/antagoniste ratios	[20-29]	[30-39]	[40-49]	[50-59]	Global
	n=50	n=50	n=50	n=50	n=200
	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>	<i>Moyenne ± SD</i>
Fléchisseurs / Extenseur du tronc					
Hommes	0.70 ± 0.21	0.70 ± 0.25	0.70 ± 0.20	0.70 ± 0.22	0,70 ± 0.22
Femmes	0.70 ± 0.23	0.70 ± 0.32	0.70 ± 0.19	0.70 ± 0.46	0,70 ± 0.32
Carrés des lombes droit/gauche					
Hommes	1.00 ± 0.14	1.00 ± 0.19	1.00 ± 0.19	1.00 ± 0.24	1,00 ± 0.19
Femmes	1.00 ± 0.17	1.00 ± 0.17	1.00 ± 0.18	1.00 ± 0.35	1,00 ± 0.23
Quadriceps / Ischio-jambiers					
Hommes	0.37 ± 0.09	0.37 ± 0.12	0.37 ± 0.12	0.37 ± 0.13	0,37 ± 0.12
Femmes	0.37 ± 0.14	0.37 ± 0.18	0.37 ± 0.12	0.37 ± 0.17	0.37 ± 0.16
Pectoraux / Dorsaux					
Hommes	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.26	0.36 ± 0.13	0,36 ± 0.17
Femmes	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.12	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.14	0.36 ± 0.13

SD : Écart-type

4. Discussion

Nos résultats ont démontré une bonne reproductibilité des huit tests d'endurance musculaire isométriques avec des positions posturales adaptées et ils ont permis de déterminer des équations de prédiction pour calculer l'endurance musculaire isométrique théorique dans une population saine en fonction de ses caractéristiques anthropométriques (âge, masse, taille et sexe).

L'objectif de la première phase de cette étude était d'évaluer la reproductibilité relative et absolue ainsi que la sensibilité des tests musculaires avec des postures modifiées pour une population adulte saine, dans la mesure où Ito et coll. (1996) ont démontré que les postures originales pouvaient induire des douleurs ou une hyperlordose. Nos résultats ont montré que tous les tests d'endurance isométrique présentent des bons niveaux de reproductibilité. En effet, pour chaque test, l'ICC était supérieur à 0.9, le CV inférieur à 12% et le SEM inférieur à 6%. Le SEM de nos tests était similaire ou inférieur à ceux trouvés dans la littérature sur d'autres tests de terrain (Evans et coll., 2007 ; Brotons-Gil et coll., 2013). Nos valeurs d'ICC étaient plus élevées que celles obtenues dans d'autres études (Evans et coll., 2007 ; Ito et coll., 1996 ; McGill et coll., 1999) mais il s'agit d'un constat courant dans les études utilisant des tests de terrain d'obtenir un ICC >0.81 (Brotons-Gil et coll., 2013 ; Evans et coll., 2007 ; Ito et coll., 1996). La variabilité inter-sujet rend difficile la comparaison de l'ICC entre les études (Weir, 2005). Cependant les valeurs d'ICC plus élevées dans notre étude pourraient être dues au fait que la population utilisée pour la reproductibilité était hétérogène, comprenant à la fois des hommes et des femmes d'âges différents. Néanmoins, la bonne à excellente reproductibilité absolue intra- et inter-évaluateurs mesurée par le coefficient de variation confirme notre bon niveau de reproductibilité.

La sensibilité a été établie en analysant pour chaque test si la performance musculaire dépendait de l'âge des sujets. Nos résultats ont montré que les valeurs observées de l'aire sous les courbes ROC étaient supérieures à 0.7, démontrant une influence de l'âge sur la performance musculaire, ce qui indique que les jeunes adultes devraient présenter un temps d'endurance isométrique plus élevé que les adultes plus âgés. Il est généralement reconnu que l'endurance et la force musculaires diminuent avec le vieillissement (Danneskiold-Samsøe et coll., 2009 ; Tieland et coll., 2018) et les

résultats de notre étude sur l'endurance isométrique de différents groupes musculaires en fonction de l'âge soutiennent la validité de notre modèle.

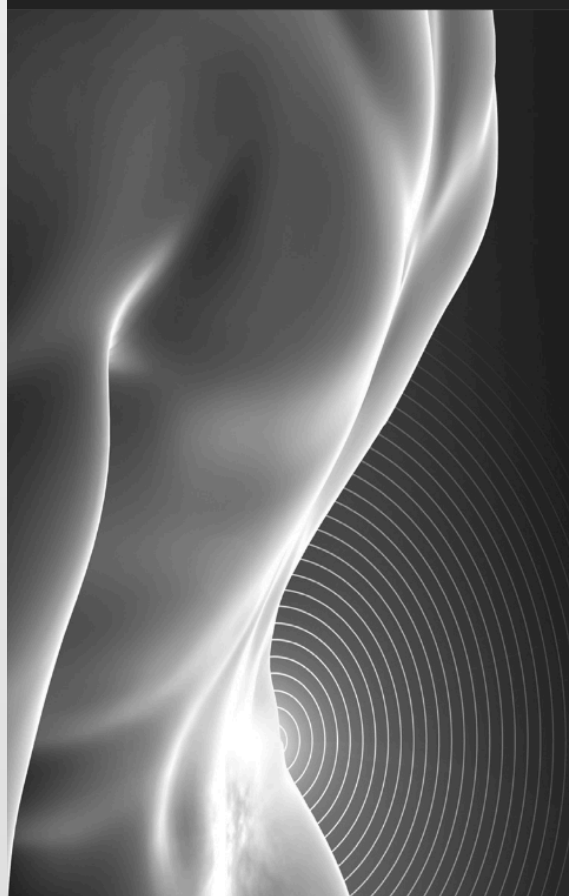
L'objectif de la deuxième phase de cette étude était de déterminer des équations de prédiction de la performance musculaire, en tenant compte des critères anthropométriques des sujets. Dans la littérature, la performance d'endurance musculaire isométrique des tests de terrain est souvent analysée en fonction du sexe et de l'âge, alors que la taille et la masse sont peu discutés. Parmi tous les critères anthropométriques, seule l'influence de l'âge a été bien établie (Claxton et coll., 2009 ; Latikka et coll., 1995) en raison du déclin bien connu de la masse et de la qualité musculaires (McGregor et coll., 2014). Il est également admis qu'une augmentation de la masse a une influence négative sur les performances d'endurance musculaire isométriques, mais cette variable n'est pas discutée dans les études de Strand et coll. (2014) et de Latikka et coll. (1995), car ces auteurs ont avancé une faible relation entre la masse et le temps de maintien de la position pendant les tests isométriques. L'influence des autres critères anthropométriques - le sexe et la taille - est encore débattue. Prenons le facteur sexe : une étude a démontré une absence d'influence du sexe sur la performance musculaire de certains tests isométriques (Evans et coll., 2007), alors que d'autres études ont mis en évidence l'effet du sexe en faveur des hommes (McGill et coll., 1999 ; Strand et coll., 2014), ou, à l'inverse, en faveur des femmes (Kankaanpää et coll., 1998). Une hypothèse qui pourrait expliquer la différence spécifique au sexe pourrait être une différence dans la distribution des types de fibres musculaires, la surface de section transversale des fibres musculaires, l'irrigation capillaire, la capacité oxydative et glycolytique du muscle, les activités enzymatiques de la citrate synthase, de la 3-hydroxyacyl-CoA-déhydrogénase et de la lactate-déhydrogénase (Torres et coll., 2011). Cependant, Torres et coll. (2011) ont démontré qu'il y a une absence de différence de ces critères entre les hommes et les femmes adultes non actifs. Dans l'état actuel des connaissances, il est encore impossible de généraliser l'influence du sexe sur la performance d'endurance musculaire isométrique. En ce qui concerne le facteur taille, la littérature démontre son influence sur le temps de maintien (Latikka et coll., 1995 ; Strand et coll., 2014), mais les résultats des études sont contradictoires : soit plus la taille est grande plus le temps de maintien est meilleur (Latikka et coll., 1995), soit il est réduit (Strand et coll., 2014). Ces différences pourraient s'expliquer par une méthodologie différente, incluant des sujets athlétiques et non athlétiques (Strand et coll., 2014), un

groupe composé uniquement d'hommes d'âges différents (Latikka et coll., 1995), ou même un petit nombre de sujets évalués (Evans et coll., 2007 ; McGill et coll., 1999). Dans notre étude, le nombre de sujets utilisés pour analyser l'influence des paramètres anthropométriques sur la performance musculaire était plus élevé et plus pondéré que les études de la littérature (Evans et coll., 2017 ; Ito et coll., 1996 ; McGill et coll., 1999), et le profil utilisé était le même pour chaque tranche d'âge, à savoir des sujets adultes sains caucasiens non athlétiques. Ainsi, nos résultats soutiennent que la taille, la masse et l'âge sont des facteurs déterminants dans la prédiction de la performance des tests d'endurance isométriques, contrairement au sexe, qui n'influencerait pas la performance.

5. Conclusion

Notre étude a permis de valider la reproductibilité des tests de terrain et de créer des équations de prédiction pour calculer l'endurance musculaire isométrique dans une population saine en fonction de ses caractéristiques anthropométriques, à savoir l'âge, la masse, la taille et le sexe. La création de ces valeurs normatives répond à la nécessité de pouvoir évaluer la fonction musculaire pour identifier une faiblesse ou un déséquilibre musculaire afin d'établir des programmes d'entraînement personnalisés dans les domaines de la prévention, du sport ou de la réhabilitation (Calmels et Minaire, 1995).

- DISCUSSION GÉNÉRALE -



L'objectif de ce travail doctoral consistait à déterminer des programmes de prise en charge visant l'amélioration de l'observance thérapeutique en activité physique post prise en charge pour des patients souffrant de lombalgie chronique. Un plan de recherche a été développé afin d'élaborer différents programmes thérapeutiques (*mise en place d'un programme court de reconditionnement en activité physique ; mise en place d'un programme d'éducation dans la prise en charge pluridisciplinaire ; élaboration de normes d'endurance musculaire isométriques en vue d'une auto-évaluation*) et d'analyser leurs effets sur le parcours de soin des patients lombalgiques chroniques au travers du prisme de l'observance en activité physique.

Cette recherche a été impactée considérablement par la pandémie COVID-19. Du fait du confinement, le centre de réadaptation « les Hautois » a dû annuler les évaluations de suivi longitudinales. De ce fait, les suivis longitudinaux de l'étude n°2, initialement prévus à 3 mois, 6 mois et 1 an post prise en charge, se sont arrêtés à 6 mois et 4 patients du groupe expérimental n'ont pas pu réaliser cette évaluation. De plus, afin de répondre aux recommandations ministérielles, le centre de réadaptation « Les Hautois » a modifié les modalités du protocole pluridisciplinaire et les suivis longitudinaux n'ont pas été repris. De ce fait, la dernière étude qui devait porter sur un suivi « passerelle » individualisé, via un programme en activité physique hors structure de soin ou via l'utilisation d'un suivi par outil connecté, n'a pas pu être mise en place. Au cours de cette étude, il était également prévu que les sujets lombalgiques puissent s'auto-évaluer sur leurs performances musculaires. Les résultats de cette auto-évaluation devaient parvenir sur une plateforme numérique et en contrepartie, les patients recevaient numériquement une adaptation de leur programme d'activité physique. En impliquant directement le patient dans son suivi et son évaluation, nous avons émis l'hypothèse d'une meilleure observance en activité physique. En fonction des normes que nous avons validées dans ce travail de thèse, le patient aurait pu de lui-même constater la baisse, le maintien ou la hausse de ses performances musculaires pouvant être un levier motivationnel quant à la poursuite/reprise de l'activité physique.

Malgré cela, les résultats de nos études permettent d'avoir des réflexions sur les programmes permettant d'améliorer l'observance en activité physique post prise en charge, ce que nous allons présenter ci-dessous.

Activité physique, une efficacité avérée

L'activité physique a un rôle majeur dans la prise en charge de la lombalgie chronique. C'est pourquoi, elle compose plus de 50% des programmes pluridisciplinaires (Roche-Leboucher et coll., 2011 ; Luk et coll., 2010) et qu'il est nécessaire de la poursuivre sur le long terme, pour maintenir les effets de la prise en charge. Cependant, la prise en charge pluridisciplinaire n'est pas recommandée à tous les patients lombalgiques chroniques (Kamper et coll. 2015). De ce fait, il est nécessaire de les orienter vers une pratique d'activité physique afin d'obtenir une amélioration de leur qualité de vie (Meng et Yue, 2015 ; Chatzitheodourou et coll., 2007 ; Murtezani et coll., 2011). Pour autant, la pratique physique dans la population lombalgique est faible, du fait notamment du peu de préparation des patients à une approche autonome, centrée sur la pratique de l'activité physique (Perrot et coll., 2009). Or, malgré une offre d'activité physique adaptée qui commence à être plus présente sur le territoire (associations sportives, salles de fitness, Maisons Sport Santé, etc.), il est nécessaire que les patients aient une démarche autonome pour s'engager dans ces structures. C'est pourquoi, ils doivent être accompagnés, encadrés et guidés afin qu'ils réussissent à changer leurs comportements et leurs croyances négatifs vis à vis de la pratique d'une activité physique mais également pour qu'ils puissent acquérir une autonomie dans la pratique. Ainsi, nous avons élaboré une prise en charge en activité physique combinant exercices aérobies, renforcement musculaire et travail de souplesse pour prendre en charge les patients lombalgiques dans la globalité (étude n°1). Ce programme de courte durée, 3h par semaine sur 15 jours, dispensé en dehors d'une structure de soins conventionnelle, a permis aux patients lombalgiques de maintenir leur emploi durant la période de prise en charge. Les résultats de cette étude ont démontré qu'une prise en charge en activité physique permet d'améliorer les paramètres physiques ainsi que la douleur et son retentissement sur la qualité de vie, sur la kinésiophobie et sur les aspects fonctionnels. Ainsi, la pratique supervisée permet aux patients d'augmenter leur auto-efficacité vis à vis de l'activité physique mais surtout d'en diminuer leurs représentations négatives (diminution de la kinésiophobie) (George et coll., 2010, Ogston et coll., 2016). Ainsi, cette prise en charge, par la pratique de l'activité physique, semble permettre une prise de conscience sur les bienfaits de la pratique physique. Ce processus de prise de conscience a été décrit par Porchaska et coll. (1992) comme une des méthodes efficaces permettant d'accompagner

les individus de la phase de pré-contemplation vers la phase de contemplation. Pour autant, notre programme ne semble pas suffisamment long pour permettre un changement de comportement (Bachmann et coll., 2015), mais il semble démontrer qu'une prise en charge supervisée permettrait d'accompagner les patients lombalgiques chroniques dans leur changement de comportement en activité physique.

Prise en charge pluridisciplinaire et programme d'éducation une efficacité discutable

Le programme pluridisciplinaire, sans séance d'éducation, proposé au centre de réadaptation fonctionnelle « Les Hautois » permet, comme l'ont montré les résultats des groupes témoins des études n°1 et n°2, de diminuer la douleur, d'améliorer la qualité de vie des patients lombalgiques chroniques, de diminuer les déficits physiques et d'améliorer l'état psychologique. Cependant, l'observance à ce type de programmes est faible comme en témoigne les résultats du groupe témoin de l'étude n°2. Avec 38% des patients de retour pour l'évaluation à 3 mois post prise en charge et 26% à 6 mois, l'efficacité de ce programme dans le temps est discutable, tout comme l'observance en activité physique. En effet, à 3 mois post prise en charge, sur les 77% des patients déclarant pratiquer une activité physique régulière, seuls 27% respectaient les recommandations en activité physique ; à 6 mois, 50% des patients déclaraient pratiquer une activité physique régulière mais, seuls 17% respectaient les recommandations en activité physique. Ces valeurs montrent qu'un programme pluridisciplinaire de 4 semaines, sans programme éducatif, ne permet pas d'obtenir une bonne observance thérapeutique au programme de soins, ni en activité physique. Ceci pourrait s'expliquer par la durée du programme qui ne permet pas une modification des comportements (Bachmann et coll., 2015) mais aussi par le fait que les patients lombalgiques chroniques sont peu préparés à une approche autonome dans le traitement médicamenteux ou non médicamenteux (Perrot et coll., 2009). De plus, de nombreux freins à la pratique d'une activité physique existent (Boutevillain et coll., 2017), nécessitant un accompagnement.

C'est pourquoi, un programme d'éducation a été ajouté à la prise en charge pluridisciplinaire afin de responsabiliser le patient, dans le sens de le rendre autonome face à son traitement et l'accompagner dans son changement de comportement en faveur d'une pratique d'activité physique régulière. Nos résultats montrent que, comparativement au programme pluridisciplinaire traditionnel, l'ajout d'un programme d'éducation permet d'améliorer significativement l'observance au programme de soins

mais également au maintien d'une activité physique régulière. Cependant, avec un taux de retour à 3 mois de 48% et de 40% à 6 mois, les résultats restent toutefois mitigés. Concernant la pratique d'une activité physique régulière, les résultats montrent qu'un programme d'éducation permet d'accompagner efficacement le patient vers un changement de comportement. En effet, sur les 91% des patients déclarant pratiquer une activité physique régulière à 3 mois, 73% respectaient les recommandations en activité physique ; et sur les 81% des patients déclarant pratiquer une activité physique régulière à 6 mois, seuls 33% respectaient les recommandations en activité physique. Au-delà d'une amélioration de l'observance thérapeutique, l'apport d'un programme d'éducation permet également d'améliorer les paramètres liés à la douleur à 3 mois avec un maintien des scores à 6 mois. Cependant, bien que nos résultats soient prometteurs, l'arrêt du suivi à 6 mois post-prise en charge ne permet pas de conclure sur les bénéfices de l'apport d'un programme d'éducation à long terme. La diminution du suivi des recommandations en matière d'activité physique dans le groupe expérimental (*passant de 73% à 3 mois, à 33% à 6 mois*) laisse à penser que ce programme n'est peut-être pas suffisant pour maintenir le comportement actif sur le long terme.

Suivant les recommandations de Gouylan et coll. (2016), notre programme d'éducation reposait sur l'analyse du modèle transthéorique du changement de comportement (Prochaska et DiClemente, 1982), ainsi que des facteurs individuels intra et inter-personnels des patients lombalgiques chroniques. Cette approche bio-psycho-sociale nous ont permis d'appréhender le patient dans sa globalité et de dégager les profils de chaque patient en fonction du stade de changement de comportement et de leurs niveaux de motivation (Deci et Ryan, 2008 ; Vallerand, 1997). Suite à cela et à partir d'une analyse des techniques de changement de comportement (Bernard et coll., 2019 ; Boiché et coll., 2020), nous avons pu mettre en place un programme d'éducation permettant d'accompagner les patients lombalgiques vers un changement de comportement en faveur de la pratique d'une activité physique régulière. Cependant, au vu de nos résultats, notre programme d'éducation, bien que prometteur, ne semble pas complet pour accompagner efficacement les patients lombalgiques dans leurs changements de comportement. En effet, il ne permet pas de les accompagner au-delà des quatre semaines de prise en charge. Or, il a été démontré qu'un feedback est essentiel dans le processus d'accompagnement de changement de comportement pour l'activité physique (Boutevillain et coll., 2017, Boiché et coll., 2020). De plus, notre programme

d'éducation est un programme court composé de trois à cinq séances d'une heure alors que les programmes d'éducation montrant de meilleurs résultats concernant l'observance en activité physique ont une durée nettement supérieure. Ainsi, dans l'étude de Janssen et coll. (2014), le programme d'éducation pour les patients souffrant de pathologie cardiaque était composé de 8 séances d'une durée de 1 à 2 heures réparties sur 19 semaines. Suite à cette prise en charge, les patients ont maintenu une activité physique régulière à 15 mois post prise en charge. Ainsi, dans notre étude, bien que l'observance ait été améliorée comparativement à une prise en charge pluridisciplinaire traditionnelle, notre programme devrait être amélioré via une analyse plus complète du patient, en utilisant d'autres outils motivationnels, en ajoutant des séances spécifiques, ou encore, en mettant en place un programme d'accompagnement par feedback entre les évaluations de suivi, pour permettre d'augmenter davantage l'observance chez les patients lombalgiques.

Les outils au service de l'adhésion à l'activité physique

Comme nous venons de le voir, l'accompagnement des personnes souffrant de lombalgie est primordial en vue d'améliorer l'observance en activité physique. Bien que prometteur, notre programme d'éducation (étude n°2) ne permet pas d'atteindre un taux correct d'observance au programme pluridisciplinaire à 6 mois (moins de 50% de patients réalisant l'évaluation longitudinale). De ce fait, il était prévu de mettre en place un suivi « passerelle » individualisé via l'utilisation d'un outil connecté afin de suivre le patient après la prise en charge pluridisciplinaire. L'utilisation d'un outil connecté semble être intéressante pour accompagner les patients dans leur poursuite d'activité physique (Arefyev et coll., 2018 ; Benhamou, 2018). Toutefois, comme le précisent Boutevillain et coll. (2017), l'utilisation d'un support numérique est souvent critiquée par les patients lombalgiques car les exercices proposés par ces outils ne correspondent pas nécessairement à leurs besoins.

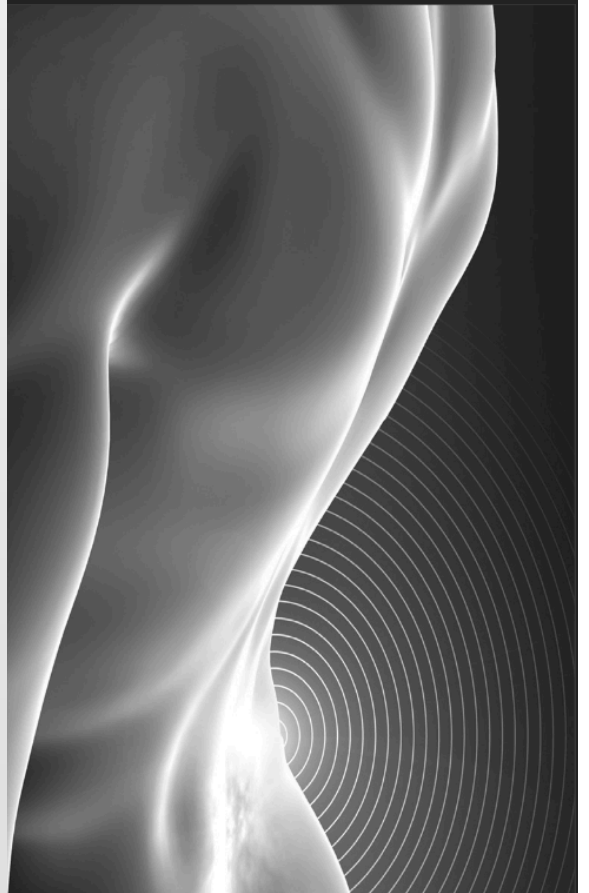
C'est pourquoi, nous avons développé, lors de l'étude n°3, une batterie de tests simples, pouvant être intégrée à l'outil connecté. Cette batterie de tests devait être mise en place durant la prise en charge pluridisciplinaire pour : 1/ individualiser la prise en charge durant le programme pluridisciplinaire en prenant en compte les faiblesses ou déséquilibres musculaires des patients ; 2/ familiariser les patients aux tests afin qu'ils puissent réaliser leur auto-évaluation après la prise en charge. Ainsi, à partir de l'auto-

évaluation, via l'outil connecté, le patient devait recevoir régulièrement un programme d'activité physique individualisé à ses nouvelles capacités. Ce feedback via l'auto-évaluation ainsi que l'accompagnement en activité physique par un professionnel pourrait être un des leviers à la pratique d'une activité physique régulière (Boutevillain et coll., 2017). Il serait donc nécessaire de pouvoir évaluer l'influence de ce programme afin de dégager des conclusions quant à son efficacité.

Les limites

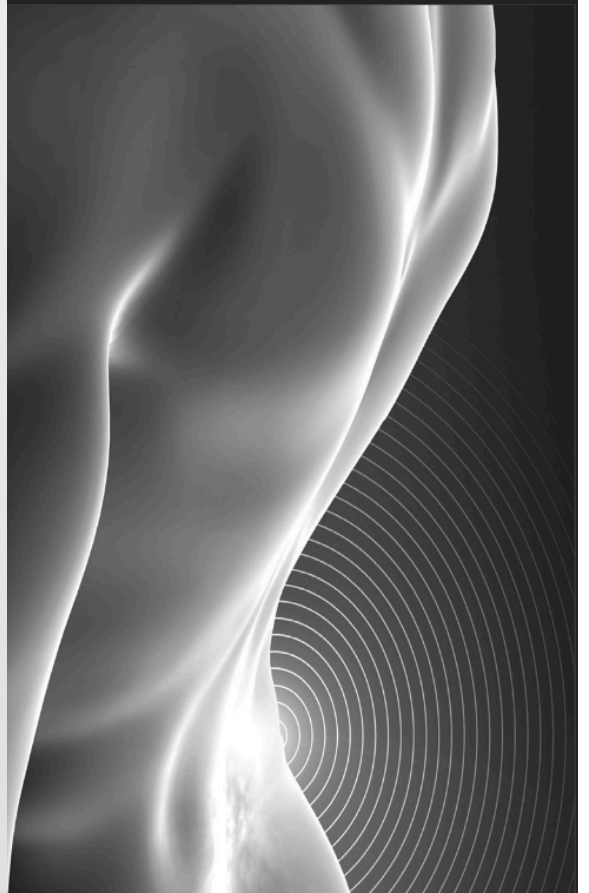
Lors du suivi longitudinal, nous n'avons pas essayé de prendre contact avec les patients pour connaître les raisons de leur abandon. Cette décision a été prise afin de ne pas modifier le protocole de suivi mis en place au centre « Les Hautois ». Dans ce centre, les rendez-vous pour les évaluations post prise en charge sont envoyés par courrier uniquement. Si le patient ne vient pas, ou ne demande pas à modifier le rendez-vous, rien n'est mis en place pour le recontacter. Notre objectif était d'analyser les bénéfices de nos programmes par rapport à la prise en charge actuelle. De ce fait, contacter les patients aurait pu jouer un rôle sur leur motivation et ainsi augmenter le nombre de suivis longitudinaux sans que cela soit influencé par le programme de prise en charge mis en place par le centre.

- CONCLUSION -



L'objectif de ce travail de thèse avait pour but de proposer de nouvelles techniques de prise en charge visant à l'amélioration de l'observance thérapeutique en activité physique pour des patients souffrant de lombalgie chronique. Les études conduites ici contribuent à montrer le rôle et les bénéfices de l'activité physique dans la prise en charge de la lombalgie chronique. Cependant, la pratique d'une activité physique, qu'elle soit dispensée en centre de réadaptation ou en dehors de structures de soins conventionnelles, permet une prise de conscience sur les bienfaits de la pratique physique, mais ne semble pas pouvoir modifier les comportements des sujets vis à vis de la pratique d'une activité physique. Au travers des études, le caractère complexe du changement de comportement dans l'adoption d'une activité physique régulière a été mis en évidence. Il a été montré que, pour réussir à accompagner les patients dans leur changement de comportement, il était nécessaire de le mettre au centre du projet afin qu'il puisse développer sa capacité à agir de manière autonome. De ce fait, certains protocoles peuvent permettre d'accompagner les patients dans leur changement de comportement à condition que ces programmes aient une approche bio-psycho-sociale incluant l'analyse des facteurs intra et inter-individuels permettant de prendre en compte les patients dans leur globalité. Ainsi, un programme d'éducation axé sur la nécessité de maintenir une activité physique post-prise en charge semble améliorer l'observance en activité physique. D'autres pistes de recherche ont été introduites dans cette thèse pour favoriser l'observance en activité physique. Cependant, avec la pandémie COVID-19, ces études n'ont pu être totalement mises en place. L'identification des facteurs permettant d'accompagner des sujets lombalgiques vers un changement de comportement devraient à terme les aider à adopter un style de vie actif en maintenant une activité physique régulière.

- PERSPECTIVES -



La mise en parallèle des résultats de ces travaux avec ceux d'autres études nous suggère que la prise en charge pluridisciplinaire est limitée dans son efficacité. Bien qu'efficace pour réduire la douleur et son impact sur la qualité de vie des patients et améliorer les paramètres physiques et psychologiques, elle ne permet pas d'accompagner le patient vers un maintien d'une activité physique régulière. En effet, aucun moyen n'est mis à disposition pour que les patients puissent poursuivre leur activité physique une fois la prise en charge terminée. Afin d'accompagner le patient, il semblerait nécessaire d'orienter davantage la prise en charge sur la recherche des déterminants pouvant modifier les comportements afin de mettre en place des programmes favorisant un mode de vie physiquement actif. L'utilisation des techniques reconnues comme permettant d'agir sur la motivation (Boiché et coll., 2020 ; Bernard et coll., 2019) permettrait de développer des interventions standardisées, répliquables, et objectivables (Chevance et coll., 2017). Ainsi, la mise en place de ces outils en contexte de réhabilitation ouvre des champs de recherche intéressants dans l'amélioration de la prise en charge de la lombalgie chronique.

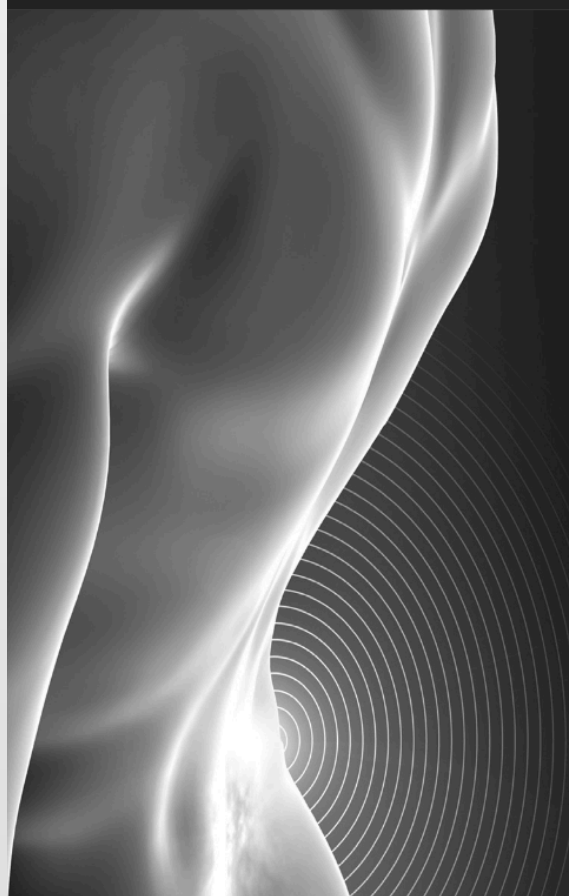
Sur le plan pratique, mettre en œuvre ce type de programmes signifie que les centres de réadaptation fonctionnelle s'ouvrent vers l'extérieur en proposant des accompagnements personnalisés aux objectifs d'activité physique des patients après la prise en charge. Ces programmes « passerelle » nécessiteraient que les Centres de Réadaptation orientent les patients vers des structures extérieures (Associations sportives, Maisons Sports Santé, enseignants en Activité Physique Adaptée en libéral) ou mettent en place des programmes d'activités physiques utilisant la visioconférence (Jeske et coll., 2020 ; Desplanche et coll., 2018). Ces prises en charge proposées, effectuées soit en visioconférence soit via des structures extérieures pourraient faire l'objet d'un suivi individualisé propice à l'adhésion des patients pour la pratique physique tout en leur permettant de reprendre leur travail.

Autre perspective dans la mise en place de programmes « passerelle », l'accompagnement des patients via un outil connecté semblerait efficace pour aider les patients dans leur objectif de maintien d'une activité physique régulière (Arefyev et coll., 2018 ; Benhamou 2018). Cependant, il est nécessaire de mesurer l'apport de cet outil « feedback » sur les comportements d'activité physique des patients lombalgiques chroniques. Autres possibilités de suivi, comme il était prévu de mettre en place durant

cette thèse, l'évaluation de l'efficacité de l'utilisation d'un outil connecté combiné à une prise en charge individualisée suite à l'auto-évaluation des patients favoriserait un accompagnement et un suivi individualisé par un professionnel maintenant un contact avec le patient entre les périodes d'évaluations longitudinales.

Ainsi, ces programmes « passerelle » pourraient : 1/ à court terme mettre à disposition, aux patients lombalgiques chroniques, des moyens pour qu'ils puissent maintenir une activité physique après une prise en charge pluridisciplinaire ; 2/ déterminer des profils de patients plus à même de poursuivre tel ou tel suivi « passerelle » en fonction de l'analyse du stade de changement de comportement et des facteurs individuels et intra- et inter- personnels des patients pouvant favoriser ce changement.

**- RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES -**



A

- Aagaard P, Simonsen E, Andersen J, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 2002; 93: 1318-26.
- Aaltonen S, Leskinen T, Morris T, Alen M, Kaprio J, Liukkonen J, Kujala UM. Motives for and barriers to physical activity in twin pairs discordant for leisure time physical activity for 30 years. *Int J Sports Med*, 2012; 33: 157-63.
- Altug F, Ünal A, Kilavuz G, Kavlak E, Çitisli V, Cavlak U. Investigation of the relationship between kinesiphobia, physical activity level and quality of life in patients with chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2015; 1: 1-5.
- Amstutz C, Mahitchi E, Waldburger M. Pièges diagnostiques à propos d'un cas de lombalgie spécifique. *Rev Med Suisse*, 2009 ; 5 :275-9.
- Ansari B, Bhati P, Singla D, Nazish N, Hussain ME. Lumbar muscle activation pattern during forward and backward walking in participants with and without chronic low Back pain: an Electromyographic study. *J Chiropr Med*, 2018; 17(4): 217-25.
- Anthierens A, Olivier N, Mucci P, Thevenon A. Aerobic metabolism response in paraspinal muscles of chronic low back pain patients and judo athletes during an isokinetic trunk extension exercise. *Ann Phys Rehabil Med*, 2016; 59: e20-e21.
- Arefyev A, Lechauve JB, Gay C, Gerbaud L, Chérillat MS, Tavares Figueiredo I, Plan-Paquet A, Coudeyre E. Activité physique et objets connectés : comment favoriser l'adhésion des patients ? *Rev Infirm*, 2018 ; 237 : 38-9.

B

- Baena-Beato PA, Arroyo-Morales M, Delgado-Fernández M, Gatto-Cardia MC, Artero EG. Effects of different frequencies (2-3 days/week) of aquatic therapy program in adults with chronic low back pain. A non-randomized comparison trial. *Pain Med*, 2013; 14(1): 145-58.
- Balagué F, Mannion A, Pellisé F, Cedraschi C. Non-specific low back pain. *Lancet*, 2012; 379: 482-91.
- Bandura A. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychol Rev*, 1977; 84(2): 191-215.

- Bandura A. Social cognitive theory of personality. *Handbook of personality*, 1999; 2: 154-96.
- Barbari V, Storari L, Ciuro A, Testa M. Effectiveness of communicative and educative strategies in chronic low back pain patients: A systematic review. *Patient Educ Couns*, 2020; 103(5): 908-29.
- Bassett S. The assessment of patient adherence to physiotherapy rehabilitation. *NZ J Physiother*, 2003; 31: 60-6.
- Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol*, 2000; 81(5), 418-27.
- Ben-Ami N, Chodick G, Mirovsky Y, Pincus T, Shapiro Y. Increasing recreational physical activity in patients with chronic low back pain: a pragmatic controlled clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2017; 47(2): 57-66.
- Bendix AF, Bendix T, Hæstrup C, Busch E. A prospective, randomized 5-year follow-up study of functional restoration in chronic low back pain patients. *Eur Spine J*, 1998; 7: 111-9.
- Bendix T, Bendix A, Labriola M, Hæstrup C, Ebbhøj N. Functional restoration versus outpatient physical training in chronic low back pain: A randomized comparative study. *Spine*, 2000; 25(19): 2494-2500.
- Benhamou PY. L'observance thérapeutique à l'heure du numérique et des objets connectés. *Med des Mal Métab*, 2018 ; 12(6) : 502-10.
- Bernard JC, Bard R, Pujol A, Combey A, Boussard D, Begue C, Salghetti AM. Muscle assessment in healthy teenagers comparison with teenagers with low back pain. *Ann Readapt Med Phys*, 2008; 51(4): 274-83.
- Bernard P, Boiché J, Chevance G, Haas M, Héraud N, Latrille C, Lucas C, Molinier V, Roux M, Romain AJ. (2019). Traduction française de la taxonomie des techniques de changement de comportement (v1; Michie et al., 2013). En ligne <http://guillaumechevance.com/2019/06/07/traduction-francaise-de-la-taxonomie-v1-des-techniques-de-changement-de-comportement>
- Bibré P, Voisin P, Vanvelcenaher J. Ischio-jambier et lombalgies chroniques. *Ann Kinésitér*, 1997 ; 24(7) : 328-34.

- Biering-Sørensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine* 1984; 9: 106-19.
- Birmingham TB. Test-retest reliability of lower extremity functional instability measures. *Clin J Sport Med*, 2000; 10(4): 264-8.
- Bland J, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two method of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1: 307-10.
- Boiché J, Perrin C, Ninot G, Varray A. Barrières à l'activité physique : constats et stratégies motivationnelles. *Bull Epidémiol Hebd*, 2020 ; HS : 34-7.
- Bolivar J, Daponte A, Rodriguez M, Sanchez JJ. The influence of individual, social and physical environment factors on physical activity in the adult population in Andalusia, Spain. *Int J Environ Public Health*, 2010; 7: 60-77.
- Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 1982; 14: 377-81
- Bousema EJ, Verbunt JA, Seelen HA, Valeyen JW, Knottnerus JA. Disuse and physical deconditioning in the first year after the onset of back pain. *Pain*, 2007; 130: 279-86.
- Boutevillain L, Dupeyron A, Rouch C, Richard E, Coudeyre E. Facilitators and barriers to physical activity in people with chronic low back pain: a qualitative study. *PLoS one*, 2017; 12: e0179826.
- Bouteyre E, Loue B. Compliance among adolescents with a chronic illness: Review. *Arch Pediatr*, 2012; 19: 747-54.
- Breusch TS, Pagan AR. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1979: 1287-94.
- Brotos-Gil E, García-Vaquero MP, Peco-González N, Vera-Garcia FJ. Flexion-rotation trunk test to assess abdominal muscle endurance: reliability, learning effect, and sex differences. *J Strength Cond Res*, 2013; 27(6): 1602-8.
- Brown WJ, Trost SG. Life transitions and changing physical activity patterns in young women. *Am J Prev Med*, 2003; 25: 140-3.
- Bruehl S, Burns JW, Koltyn K, Gupta R, Buvanendran A, Edwards D, Chont M, Wu YH, Qu'd D, Stone, A. Are endogenous opioid mechanisms involved in the effects of aerobic

exercise training on chronic low back pain? A randomized controlled trial. *Pain*, 2020; 161(12): 2887-97.

Brun JF, Jean E, Ghanassia E, Flavier S, Mercier J. Réentraînement des maladies métaboliques ciblé individuellement par la calorimétrie d'effort. *Ann Phys Rehabil Med*, 2007; 50: 520-7.

Brunet J, Burke SM, Sabiston CM. The benefits of being self-determined in promoting physical activity and affective well-being among women recently treated for breast cancer. *Psychooncology*, 2013; 22: 2245-52.

C

Caby I, Olivier N, Janik F, Vanvelcenaher J, Pelayo P. A controlled and retrospective study of 144 chronic low back pain patients to evaluate the effectiveness of an intensive functional restoration program in France. *Healthcare*, 2016; 4: p.23.

Calmels P, Minaire P. A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disabil Rehabil*, 1995; 17(6): 265-76.

Calvos TG, Cervello E, Jiménez R, Iglesias D, Murcia JAM. Using self-determination theory to explain sport persistence and dropout in adolescent athletes. *Span J Psychol*, 2010; 13: 677-84.

Carnet AS, Bateman ND, Jones NS. Reliable and reproducible anterior active rhinomanometry for the assessment of unilateral nasal resistance. *Clin Otolaryngol*, 2000; 25: 499-503.

Carré F. (2014). *Danger sédentarité*. Le cherche midi.

Caspersen C, Powell K, Christenson G. Physical activity, exercise and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 1985; 100: 126-131.

Cedraschi C, Allaz AF. How to identify patients with a poor prognosis in daily clinical practice. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 2005; 19: 577-91.

Chan CW, Mok NW, Yeung EW. Aerobic exercise training in addition to conventional physiotherapy for chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 2011; 92(10): 1681-1685.

- Chan EWM, Adnan R, Azmi R. Effectiveness of core stability training and dynamic stretching in rehabilitation of chronic low back pain patients. *Malaysian J Mov Health Exerc*, 2019; 8(1): 1-13.
- Chang DG, Holt JA, Sklar M, Groessi EJ. Yoga as a treatment for chronic low back pain: A systematic review of the literature. *J Orthop Rheumatol*, 2016; 3(1): 1-8.
- Chang WD, Lin HY, Lai PT. Core strength training for patients with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*, 2015; 27: 619-22.
- Chatzitheodorou D, Kabitsis C, Malliou P, Mougios V. A pilot study of the effects of high-intensity aerobic exercise versus passive interventions on pain, disability, psychological strain, and serum cortisol concentrations in people with chronic low back pain. *Phys Ther*, 2007; 87(3): 304-12.
- Chevance G, Foucaut AM, Bernard P. État des connaissances sur les comportements sédentaires. *Presse Med*, 2016 ; 45 : 313-18.
- Chevance G, Romain AJ, Bernard P. La promotion de l'activité physique passe nécessairement par une prise en compte de la motivation. *Psycho-Oncologie*, 2017 ; 11(1) : 56-57.
- Cherkin DC, Sherman KJ, Balderson BH, Cook AJ. Effects of mindfulness-based stress reduction vs cognitive-behavioral therapy and usual care on back pain and functional limitations among adults with chronic low back pain: a randomized clinical trial. *JAMA*, 2016; 315: 1240-49.
- Cho HY, Kim EH, Kim J. Effects of the CORE exercise program on pain and active range of motion in patients with chronic low back pain. *J Phys Ther Sci*, 2014; 26(8): 1237-40.
- Chou R, Qaseem A, Snow V, Casey D, Cross J, Shekelle P, et al. 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(7): 478-91.
- Claxton M, McIntosh G. Sidebridge muscle endurance testing: Normative data for adults. *Ortho Division Rev*, 2009; 35-9.
- Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas*, 1960; 20(1): 37-46

- 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 Ed Fr*, 1993; 60: 335-41.
- Crombez G, Eccleston C, Van Damme S, Vlaeyen WS, Karoly P. The fear avoidance model of chronic pain: the next generation. *Clin J Pain*, 2012; 28: 475-83.
- Crozet C, Van Bockstael V, Devos J, D'Ivernois JF. Évaluation d'un programme national en France d'éducation thérapeutique pour des patients du régime agricole atteints de maladies cardio-vasculaires. *Education thérapeutique du patient-Therapeutic patient education*, 2009; 1(1) : 33-38.
- Cruz-Diaz D, Romeu M, Velasco-Gonzalez C, Martinez-Amat A, Hita-Contreras F. The effectiveness of 12 weeks of Pilates intervention on disability, pain and kinesiophobia in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 2018; 32(9): 1249-57.
- Cutler RL, Fernandez-Llimos F, Frommer M, Benrimoj C, Garcia-Cardenas V. Economic impact of medication non-adherence by disease groups: a systematic review. *BMJ Open*, 2018; 8: e016982.

D

- Dagenais S, Caro J, Haldeman S. A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally. *Spine J*, 2008; 8: 8-20.
- Da Luz MA, Costa LOP, Fuhro FF, Manzoni ACT, De Oliveira NTB, Cabral CMN. Effectiveness of mat Pilates or equipment-based Pilates in patients with chronic non-specific low back pain: a protocol of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disord*, 2013, 14(1): 1-5.
- Danneskiold-Samsøe B, Bartels EM, Bülow PM, Lund H, Stockmarr A, Holm CC, Wätjen I, Appleyard M, Bliddal H. Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol*, 2009; 197: 1-68.
- Da Silva T, Mills K, Brown B, Herbert R, Maher C, Hancock M. Risk of recurrence of low back pain: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2017; 47(5): 305-13.
- Datta A, Sen S, Shivpriya. Effects of core strengthening on cardiovascular fitness, flexibility and strength on patients with low back pain. *J Nov Physiother*, 2014; 4: 202.

- Davin S, Lapin B, Mijatovic D, Fox R, Benzel E, Stilphen M, Machado A, Katzan IL. Comparative effectiveness of an interdisciplinary pain program for chronic low back pain, compared to physical therapy alone. *Spine*, 2019; 44(24): 1715-22.
- Davergne T, Bailly F, Foltz V, Lambert A, Fautrel B, Gossec L. Effectiveness of a Short Functional Restoration Program for Patients with Chronic Low Back Pain: a cohort study of 193 Patients. *Joint Bone Spine*, 2020; 87(6): pp.640-646.
- Davis VP, Fillingim RB, Doleys DM, Davis MP. Assessment of aerobic power in chronic low back pain patients before and after a multi-disciplinary treatment program. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992; 73(8): 726-9.
- Deacon O. Sporting injuries. *J Physiother* 1966; 12: 7-13.
- Deci EL (1975). *Intrinsic motivation*: New York: Plenum Press.
- Deci EL, Ryan RM (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press
- Deci EL, Ryan RM. Facilitating optimal motivation and psychological well-being across life's domains. *Can Psychol*, 2008; 49(1): 14.
- Demoulin C, Fauconnier C, Vanderthommen M, Henrotin Y. Recommendations for a basic functional assessment of low back pain. *Rev Med Liège*, 2005; 60: 661-8.
- Demoulin C, Grosdent S, Capron L, Tomasella M, Somville PR, Crielaard JM., Vanderthommen M. Intérêt d'une prise en charge multidisciplinaire ambulatoire semi-intensive dans la lombalgie chronique. *Rev Du Rhum*, 2010 ; 77(1) : 68-73.
- Desplanche E, Thöni G, Harnett P, Varray A, Herbinet A, Chiron R, Casserly B. Un programme franco-irlandais d'APA supervisé par visioconférence, chez des adultes ayant la mucoviscidose: effets sur le niveau d'AP auto-enseignée et la condition physique. *Sci Sports*, 2018 ; 33 : S27-S28.
- Dordain S, Caron JP, Holvoet P, Berthoin S, Blanchard-Dauphin A, Carrière N, Defebvre L. ACTIFPARK, programme d'éducation thérapeutique à l'activité physique adaptée à un stade débutant de la maladie de Parkinson: résultats préliminaires chez 16 patients. *Rev Neurol*, 2019; 175: S104.
- Duque I, Parra JH, Duvallet A. Physical deconditioning in chronic low back pain. *J Rehabil Med*, 2009; 41: 262-6.

E

- Ebrahimi S, Kamali F, Razeghi M, Haghpanah SA. Comparison of the trunk-pelvis and lower extremities sagittal plane inter-segmental coordination and variability during walking in persons with and without chronic low back pain. *Hum Mov Sci*, 2017; 52: 55-66.
- Ershad N, Kahrizi S, Abadi MF, Zadeh SF. Evaluation of trunk muscle activity in chronic low back pain patients and healthy individuals during holding loads. *J Back Musculoskel Rehabil*, 2009; 22(3): 165-72.
- Escolar-Reina P, Medina-Mirapeix F, Gascon-Canovas JJ, Montilla-Herrador J, Jimeno-Serrano JF, De Oliveira Sousa SL, Del Bano-Aledo ME, Lomas-Vega R. How do care-provider and home exercise program characteristics affect patient adherence in chronic neck and back pain: a qualitative study. *BMC Health Serv Res*, 2010; 10: 60.
- Evans K, Refshauge KM, Adams R. Trunk muscle endurance tests: reliability, and gender differences in athletes. *J Sci Med Sport*, 2007; 10: 447-55.

F

- Falzon C, Chalabaev A, Schuft L, Brizzi C, Ganga M, d'Arripe-Longueville F. Beliefs about physical activity sendetary cancer patients: an In-depth interview study in France. *Asian Pacific J Cancer Prev*, 2012; 13: 6033-8.
- Fasuyi FO, Fabunmi AA, Adegoke BOA. Hamstring muscle length and pelvic tilt range among individuals with and without low back pain. *J Bodyw Mov Ther*, 2016; 21(2): 246-50.
- Foltz V, Laroche F, Dupeyron A. Chronic low back pain and patient's education. *Rev du Rhum Monogr*, 2013; 80: 174-8.
- Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, Ferreira PH, Fritz JM, Koes BW, Peul W, Turner JA, Maher CG, on behalf of the Lancet low back pain series working group. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *Lancet*, 2018; 391: 2368-83.
- França FR, Burke TN, Caffaro RR, Ramos LA, Marques AP. Effects of muscular stretching and segmental stabilization on functional disability and pain in patients with chronic low back pain: A randomized, controlled trial. *J Manipulative Physiol Ther*, 2012; 35(4): 279-85.

French DJ, Roach PJ, Mayes S. Peur du mouvement chez des accidentés du travail: L'Échelle de Kinésiophobie de Tampa (EKT). *Can J Behav Sci*, 2002 ; 34(1) : 28.

Fujii T, Oka H, Takano K, Asada F, Nomura T, Kawamata K, Okazaki H, Tanaka S, Matsudaira. Association between high fear-avoidance beliefs about physical activity and chronic disabling low back pain in nurses in Japan. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019; 20: 572.

G

Gagnon S, Lenseil-Corbeil G, Duquesnoy B, Le Renodos. Multicenter multidisciplinary training program for chronic low back pain: French experience of the Renodos back pain network (Réseau Nord-Pas-de-Calais du Dos). *Ann Phys Rehabil Med*, 2009; 52: 3-16.

Gaillard S, Barthassat V, Pataky Z, Golay A. Un nouveau programme d'éducation thérapeutique pour les patients obèses. *Rev Med Suisse*, 2011 ; 7 : 695-9.

Gatchel RJ, Mayer TG. Evidence-informed management of chronic low back pain with functional restoration. *Spine J*, 2008; 8: 65-9.

Geisser ME, Wiggert EA, Haig AJ, Colwell MO. A randomized, controlled trial of manual therapy and specific adjuvant exercise for chronic low back pain. *Clin J Pain*, 2005; 21(6): 463-70.

Genêt F, Poiraudéau S, Revel M. Effectiveness and compliance to a center-based short rehabilitation program with home-based program for chronic low back pain. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 2002; 45(6): 265-72.

George SZ, Wittmer VT, Fillingim RB, Robinson ME. Comparison of graded exercise and graded exposure clinical outcomes for patients with chronic low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2010; 40: 694-704.

Gillet N, Berjot S, Vallerand RJ, Amoura S. The role of autonomy support and motivation in the prediction of interest and dropout intentions in two real-life settings. *Basic Appl Soc Psych*, 2012; 34; 278-86.

Gonzalez K, Fuentes J, Marquez JL. Physical inactivity, sedentary behavior and chronic diseases. *Korean J Fam Med*, 2017; 38: 111-15.

Gordon R, Bloxham S. A systematic review of the effects of exercise and physical activity on non-specific chronic low back pain. *Healthcare*, 2016; 4(2): p22.

- Gourlan M, Bernard P, Bortolon C, Romain AJ, Lareyre O, Carayol M, Ninot G, Boiché J. Efficacy of theory-based interventions to promote physical activity. A meta-analysis of randomised controlled trials. *Health Psychol Rev*, 2016; 10(1): 50-66.
- Gremion G, Mahler F, Chantraine A. Mesures isocinétiques de la force musculaire du rachis : influence de l'âge, de l'activité physique et des lombalgies. *Ann Readapt Med Phys*, 1996 ; 39 :43-9.
- Guiraud T, Granger R, Gremeaux V, Bousquet M, Richard L, Soukarié L, Babin T, Labrunée M, Sanguignol F, Bosquet L, Golay A, Pathak A. Telephone support oriented by accelerometric measurements enhances adherence to physical activity recommendations in noncompliant patients after a cardiac rehabilitation program. *Arch Phys Rehabil*, 2012; 93: 2141-7.
- Guzman J, Esmail R, Karjalainen K, Irvin E, Bombardier C. Multidisciplinary rehabilitation for chronic low back pain: systematic review. *Bmj*, 2001; 322: 1511-6.

H

- Ha Dinh TT, Bonner A, Clark R, Ramsbotham J, Hines S. The effectiveness of the teach-back method on adherence and self-management in health education for people with chronic disease: a systematic review. *JBI Database System Rev Implement Rep*, 2016; 14: 210-47.
- Häkkinen K, Alen M, Komi P. Changes in isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol* 1985; 125: 573-85.
- Hampel P, Köpnick A, Roch S. Psychological and work-related outcomes after inpatient multidisciplinary rehabilitation of chronic low back pain: a prospective randomized controlled trial. *BMC Psychol*. 2019; 7: 6.
- Haute Autorité de Santé (2007). Guide méthodologique. Structuration d'un programme d'éducation thérapeutique du patient dans le champ des maladies chroniques [Internet]. Disponible sur www.has-sante.fr.
- Henchoz Y, de Goumoëns P, Kai Lok So A, Paillex R. Functional multidisciplinary rehabilitation versus outpatient physiotherapy for non-specific low back pain: randomised controlled trial. *Swiss Med Wkly*, 2010; 140: w13133.

Herazo-Beltran Y, Pinillos Y, Vidarte J, Crissien E, Suarez D, Garcia R. Predictors of perceived barriers to physical activity in the general adult population: a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther*, 2017; 21: 44-50.

Hiatt WR, Wolfel EE, Meier RH, Regensteiner JG. Superiority of treadmill walking exercise versus strength training for patients with peripheral arterial disease. Implications for the mechanism of the training response. *Circulation*, 1994 ; 90(4): 1866-74.

Hodges PW, Smeets RJ. Interaction between pain, movement, and physical activity: short-term benefits, long-term consequences, and targets for treatment. *Clin J Pain*, 2015; 31: 97-107.

Hoy D, Bain C, Williams G, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Vos T, Buchbinder R. A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis Rheumatol*, 2012 ; 64 : 2028-37.

Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The epidemiology of low back pain. *Best Pract Res.: Clin. Rheumatol*, 2010; 24(6): 769-81.

Hudson-Cook N, Tomes-Nicholson K, Breen A. A revised Oswestry disability questionnaire. In: Roland MO, Jenner JR, editors. *Backpain: new approaches to rehabilitation and education*, New York: Manchester University Press, 1989. pp. 187-204.

Hurwitz EL, Morgenstern H, Chiao C. Effects of recreational physical activity and back exercises on low back pain and psychological distress: findings from the UCLA Low Back Pain Study. *Am J Public Health*, 2005; 95(10): 1817-24.

Huskisson E. Measurement of pain. *Lancet* 1974; 304: 1127-31.

I

Ibrahim ME, Weber K, Courvoisier DS, Genevay S. Recovering the capability to work among patients with chronic low back pain after a four-week, multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation program: 18-month follow-up study. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019; 20: 439.

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: 75-9.

D'Ivernois JF, Gagnayre R. Propositions pour l'évaluation de l'éducation thérapeutique du patient. *ADSP*, 2007 ; 58 : 57-61.

J

Jeske SJ, Brawley LR, Arbour-Nicitopoulos KP. Videoconference-Delivered Group-Based Physical Activity Self-Regulatory Support for Adults With Spinal Cord Injury: A Feasibility Study. *Adapt Phys Activ Q*, 2020; 37(3): 270-88.

Jin J, Sklar GE, Min Sen Oh V, Chuen Li S. Factors affecting therapeutic compliance: a review from the patient's perspective. *Ther Clin Risk Manag*, 2008; 4: 269-86.

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): 487-93.

K

Kalichman L, Carmeli E, Been E. The association between imaging parameters of the paraspinal muscles, spinal degeneration, and low back pain. *BioMed Res Int*, 2017; p. 14.

Kamper SJ, Apeldoorn AT, Chiarotto A, Smeets RJ, Ostelo RW, Guzman J, Van Tulder MW. Multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation for chronic low back pain: Cochrane systematic review and meta-analysis. *Bmj*, 2015; 350: h444.

Kanitz, AC, Barroso BM, Barbosa GZ, Mello AI, Bagatini NC, Reichert T, Lucas EP, Rocha Costa R, Delevatti RS, Krueel LFM. Aquatic and land aerobic training for patients with chronic low back pain: a randomized study. *Hum Mov*, 2019; 20(1): 1-8.

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 Sørensen back endurance test. *Arch Phys Rehabil*, 1998; 79: 1069-75.

Karvonen M, Kentala E, Mustala O. The effects of training heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957; 35: 307-15.

Keane LG. Comparing aquastretch with supervised land based stretching for chronic lower back pain. *J Bodyw Mov Ther*, 2016; 21(2): 297-305.

Kerkour K, Meier JL. Évaluation comparative isocinétique des muscles du tronc de sujets sains et de lombalgiques. *Ann Kinésithér*, 1994 ; 21(1) : 27-31.

- Kim E, Lee H. The effects of deep abdominal muscle strengthening exercises on respiratory function and lumbar stability. *J Phys Ther Sci*, 2013; 25: 663-5.
- Kippers V, Parker A. Toe-touch test: a measure of its validity. *Phys Ther* 1987; 67: 1680-84.
- Knittle K, Nurmi J, Crutzen R, Hankonen N, Beattie M, Dombrowski SU. How can interventions increase motivation for physical activity? A systematic review and meta-analysis. *Health Psychol Rev*, 2018; 12: 211-30.
- Kori S, Miller R, Tood D. Kinesiophobia: a new view of chronic pain behavior. *Pain manag* 1990; 3: 35-43.
- Krismer M, Van Tulder M. Low back pain (non-specific). *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 2007; 21(1): 77-91.
- Kuo YK, Lin YC, Lee CY, Chen CY, Tani J, Huang TJ, Chang H, Wu MH. Novel insights into the pathogenesis of spinal sarcopenia and related therapeutic approaches: a narrative review. *Int J Mol Sci*, 2020; 21(8): 3010.

L

- Labonte R. Health promotion and empowerment: reflections on professional practice. *Health Educ Q*, 1994; 21(2): 253-68.
- Lagger G, Pataky Z, Golay A. Efficacy of therapeutic patient education in chronic diseases and obesity. *Patient Educ Couns*, 2010; 79: 283-6.
- Lamoth CJC, Daffertshofer A, Meijer OG, Beek PJ. How do persons with chronic low back pain speed up and slow down? Trunk-pelvis coordination and lumbar erector spinae activity during gait. *Gait Posture*, 2006; 23: 230-9.
- Lamouroux A, Magnan A, Vervloet D. Compliance, therapeutic observance and therapeutic adherence : what do we speak about? *Rev Mal Respir*, 2005 ; 22 :31-4.
- 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: 270-6.
- Laroche F. Chronic low back pain and therapeutic patient education. *Douleur Analg*, 2011; 24: 197-206

- Latikka P, Battié MC, Videman T, Gibbons LE. Correlations of isokinetic and psychophysical back lift and static back extensor endurance tests in men. *Clin Biomech*, 1995; 10(6): 325-30.
- Lawlis G, Cuencas R, Selby D, McCoy C. The development of the Dallas pain questionnaire: an assessment of the impact of spinal pain on behavior. *Spine* 1989; 14: 511-16.
- Le Breton F, Guinet A, Verollet D, Jousse M, Amarenco G. Therapeutic education and intermittent self-catheterization: recommendations for an educational program and a literature review. *Ann Phys Rehabil Med*, 2012; 55: 201-12.
- Lin HT, Hung WC, Hung JL, Wu PS, Liaw LJ, Chang JH. Effects of Pilates on patients with chronic non-specific low back pain: a systematic review. *J Phys Ther Sci*, 2016; 28: 2961-9.
- Loss JF, Neto ESW, de Siqueira TB, Winck AD, de Moura LS, Gertz LC. Portable, one-dimensional, trunk-flexor muscle strength measurement system. *J Sport Rehabil*, 2020; 29(6): 851-4.

M

- Mageau GA, Vallerand RJ. The coach-athlete relationship: a motivational model. *J Sports Sci*, 2003; 21(11): 883-904.
- Maher C, Underwood M, Buchbinder R. Non-specific low back pain. *Lancet*, 2017; 389: 736-47.
- Malfliet A, Ickmans K, Huysmans E, Coppeters I, Willaert W, Van Bogaert W, Rheel E, Bilterys T, Van Wilgen P, Nijs J. Best evidence rehabilitation for chronic pain part 3: Low back pain. *J Clin Med*, 2019; 8: 1063.
- Martilla J, Laitakari J, Nupponen R, Miilunpalo S, Paronen O. The versatile nature of physical activity—on the psychological, behavioural and contextual characteristics of health-related physical activity. *Patient Educ Couns*, 1998; 33: 29–38.
- Marty M, Blotman F, Avouac B, Rozenberg S, Valat JP. Validation de la version française de l'échelle de Dallas chez les patients lombalgiques chroniques. *Rev Rhum Ed FR*, 1998; 65(2): 139-47.
- Massé-Alarie H, Beaulieu LD, Preuss R, Schneider C. Influence of chronic low back pain and fear of movement on the activation of the transversely oriented abdominal muscles during forward bending. *J Electromyogr Kinesiol*, 2016; 27: 87-94.

- 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: 53-68.
- McGill S, 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: 941-44.
- McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longev Healthspan*, 2014; 3(1): 1-8.
- Meng XG, Yue SW. Efficacy of aerobic exercise for treatment of chronic low back pain. A meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil*, 2015; 94: 358-65.
- Meroni R, Piscitelli D, Ravasio C, Vanti C, Bertozzi L, De Vito G, Perin C, Guccione AA, Cerri CG, Pillastrini P. Evidence for managing chronic low back pain in primary care: a review of recommendations from high-quality clinical practice guidelines. *Disabil Rehabil*, 2019; 1-15.
- Michie S, Richardson M, Johnston M, Abraham C, Francis J, Hardeman W, Eccles MP, Cane J, Wood CE. The Behavior Change Technique Taxonomy (v1) of 93 Hierarchically Clustered Techniques: Building an International Consensus for the Reporting of Behavior Change Interventions, *Annals Behav Med*, 2013; 46(1): 81-95.
- Milner-Brown J, Stein R, Lee R. Synchronization of human motor units: possible role of exercise and supraspinal reflex. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1975; 38: 245-54.
- Ministère des solidarités et de la santé. Programme national nutrition santé 4 (PNNS4) 2019-2023. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/pnns4_2019-2023.pdf
- Mistry GS, Vyas NJ, Sheth MS. Comparison of hamstrings flexibility in subjects with chronic low back pain versus normal individuals. *J Clin Exp Res*, 2014; 2(1): 85-8.
- Mitchell GK, Tieman JJ, Shelby-James TM. Multidisciplinary care planning and teamwork in primary care. *Med J Aust*, 2008; 188: s61-s64.
- Monga A, Singh S. Impact of back muscle functions, spinal range of motion and fear avoidance beliefs on disability in chronic non-specific low back pain. *Hum Bio Rev*, 2013; 2(1): 46-55.

- Mosnier-Pudar H. Réflexions autour du diagnostic éducatif. *Med des Mal Metab*, 2013 ; 7 : 465-9.
- Monticone M, Ambrosini E, Cedraschi C, Rocca B, Fiorentini R, Restelli M, Gianola S, Ferrante S, Zanolli G, Moja L. Cognitive-behavioural treatment for subacute and chronic neck pain: A Cochrane review. *Spine*, 2015; 40(19): 1495-1504.
- Moon HJ, Choi KH, Kim DH, Kim HJ, Cho YK, Lee KH, Kim JH, Choi YJ. Effect of lumbar stabilization and dynamic lumbar strengthening exercises in patients with chronic low back pain. *Ann Rehabil Med*, 2013; 37(1): 110-7.
- Mueller S, Stoll J, Mueller J, Mayer F. Validity of isokinetic trunk measurements with respect to healthy adults, athletes and low back pain patients. *Isokin Exerc Sci*, 2012; 20: 255-66.
- Munro S, Lewin S, Swart T, Volmink. A review of health behaviour theories: how useful are these for developing interventions to promote long-term medication adherence for TB and HIV/AIDS? *BMC public health*, 2007; 7:104.
- Murtezani A, Hundozi H, Orovcanec N, Sllamniku S, Osmani T. A comparison of high intensity aerobic exercise and passive modalities for the treatment of workers with chronic low back pain: a randomized, controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2011; 47(3): 359-66.

N

- Nazare JA. Une approche socio-écologique pour la promotion de l'activité physique et la réduction de la sédentarité des adolescents. *La santé en action*, 2016 ; 437 : 6-7.
- Nielens H, Plaghki L. Cardiorespiratory fitness, physical activity level, and chronic pain: are men more affected than women? *Clin J pain*, 2001; 17:129-37.

O

- Ogston JB, Crowell RD, Konowalchuk BK. Graded group exercise and fear avoidance behavior modification in the treatment of chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2016; 29(4): 673-84.
- O'Keeffe M, O'Sullivan P, Purtill H, Bargary N, O'Sullivan K. Cognitive functional therapy compared with a group-based exercise and education intervention for chronic low back pain: a multicentre randomized controlled trial (RCT). *Br J Sports Med*, 2020; 54: 782-9.

Oliveira DS, Mendonça L, Sampaio R, Castro-Lopes J, Azevedo LF. The Impact of Anxiety and Depression on the Outcomes of Chronic Low Back Pain Multidisciplinary Pain Management - A Multicenter Prospective Cohort Study in Pain Clinics with One-Year Follow-up. *Pain Med*, 2019; 20: 736-46.

Olivier N, Thevenon A, Berthoin S, Prieur F. An exercise therapy program can increase oxygenation and blood volume of the erector spinae muscle during exercise in chronic low back pain patients. *Phys Med Rehabil*, 2013; 94(3): 536-42.

P

Padasala M, Joksimovic M, Bruno C, Melino D, Manzi V. Muscle injuries in athletes. The relationship between H/Q ratio (hamstring/quadriceps ratio). *Ita J Sports Reh Po*, 2020; 7(1): 1478-98.

Palazzo C, Klinger E, Dorner V, Kadri A, Thierry O, Boumenir Y, Martin W, Poiraudau S, Ville I. Barriers to home-based exercise program adherence with chronic low back pain: Patient expectations regarding new technologies. *Ann Phys Rehabil Med*, 2016; 59(2): 107-13.

Panhale VP, Gurav RS, Nahar SK. Association of physical performance and fear-avoidance beliefs in adults with chronic low back pain. *Ann Med Health Sci Res*, 2016; 6: 375-9.

Pate PR, O'Neill JR, Lobeto F. The evolving definition of "sedentarity". *Exerc Sport Sci Rev*, 2008; 88: 774-87.

Perrot S, Allaert F, Laroche F. "When will I recover?" A national survey on patients' and physicians' expectations concerning the recovery time for acute back pain. *Eur Spine J*, 2009; 18: 419-29.

Pikora T, Giles-Corti B, Bull F, Jamrozik K, Donovan R. Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Soc Sci Med*, 2003; 56(8): 1693-1703.

Plow M, Golding M. Using mHealth technology in a self-management intervention to promote physical activity among adults with chronic disabling conditions: randomized controlled trial. *JMIR mhealth uhealth*, 2017; 5: e185.

Poltawski L, Boddy K, Forster A, Goodwin VA, Pavey AC, Dean S. Motivators for uptake and maintenance of exercise: perceptions of long-term stroke survivors and implications for design of exercise programmes. *Disabil Rehabil*, 2015; 37(9): 795-801.

Pozhar A, Willemin D, Foley RA. L'influence de la relation thérapeutique sur l'observance des patients lombalgiques chroniques non spécifiques. *Mains Libres*, 2019 ; 2 : 29-37.

Prochaska JO (1979). *Systems of psychotherapy: a transtheoretical analysis*. Homewood, IL: Dorsey.

Prochaska JO, DiClemente CC. Transtheoretical therapy : toward a more integrative model of change. *Psychol Psychother*, 1982; 19: 276.

Prochaska JO, DiClemente CC. Stages and processes of self-change of smoking: toward an integrative model of change. *J Consult Clin Psychol*, 1983; 51(3): 390.

Prochaska JO, DiClemente CC, Norcross JC. Search of How people change: Applications to addictive behaviors. *Am Psychol*, 1992; 47: 1102-14.

Q

Qaseem A, Wilt T, McLean R, Forciea M. Noninvasive treatments for acute, subacute, and chronic low back pain: a clinical practice guideline from the American college of physicians. *Ann Intern Med* 2017; 166: 514-30.

R

Racodon M, Peze T, Secq A. Evaluation of a therapeutic patient education program on physical activity, at a distance of a cardiac rehabilitation. *Sci Sports*, 2019; 34(2): 100-6.

Redding CA, Rossi JS, Rossi SR, Velicer WF, Prochaska JO. Health behaviour models. *Int Electr J Health Educ*, 2000; 3: 180-93.

Reis FJJ, Macedo AR. Influence of hamstring tightness in pelvic, lumbar and trunk range of motion in low back pain and asymptomatic volunteers during forward bending. *Asian Spine J*, 2015; 9(4): 535-40.

Rhodes RE, Janssen I, Bredin SSD, Warburton DER, Bauman A. Physical activity: Health impact, prevalence, correlates and interventions. *Psychol Health*, 2017; 32: 942-75.

Riquoir M. PP5 Programme d'éducation thérapeutique par l'activité physique adaptée (APA) : deux ans et demi et quelques chiffres !. *Diabetes Metab*, 2013; 39 : A123-A124.

- Robinson H, Williams V, Curtis F, Bridge C, Jones AW. Facilitators and barriers to physical activity following pulmonary rehabilitation in COPD: a systematic review of qualitative studies. *NPJ Prim Care Respir Med*, 2018; 28: 1-12.
- 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 restauration program with active individual physical therapy for patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007; 88: 1229-35.
- Roche-Leboucher G, Petit-Lemanac'h A, Bontoux L, Dubus-Bausière V, Parot-Shinkel E, Fanello S, Penneau-Fontbonne D, Fouquet N, Legrand E, Roquelaure Y, Richard I. Multidisciplinary intensive functional restauration versus outpatient active physiotherapy in chronic low back pain. *Spine*, 2011; 36(26): 2235-42.
- 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: 141-44.
- Rotella C, Cresci B, Pala L, Dicembrini I. "Therapeutic education". In Sbraccia P, Nisoli E, Vettor R (Eds.) *Clinical management of overweight and obesity. Recommendations of the Italian Society of Obesity (SIO)*. Ed: Springer, Cham, 2016, pp. 37-42.
- Ryan RM. Psychological needs and the facilitation of integrative processes. *J Pers*, 1995; 63(3): 397-427.

S

- Salathé C, Melloh M, Crawford R, Scherrer S, Boos N, Elfering A. Treatment efficacy, clinical utility, and cost-effectiveness of multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation treatments for persistent low back pain: a systematic review. *Global Spine J*. 2018; 8: 872-86.
- Sallis JF, Bauman A, Pratt M. Environmental and policy interventions to promote physical activity. *Am J Prev Med*, 1998; 15(4): 379-97.
- Sallis JF, Cervero RB, Ascher W, Henderson KA, Kraft MK, Kerr J. An ecological approach to creating active living communities. *Annu Rev Public Health*, 2006; 27: 297-322.
- Sallis JF, Floyd MF, Rodriguez DA, Saelens BE. Role of built environments in physical activity obesity, and cardiovascular disease. *Circulation*, 2012; 125: 729-37.

- Samson MM, Meeuwssen IBAE, Crowe A, Dessens JAG, Duursma SA, Verhaar HJJ. Relationships between physical performance measures, age, height and body weight in healthy adults. *Age Ageing*, 2000; 29(3): 235-42.
- Sandrin-Berthon B. Diagnostic éducatif ou bilan éducatif partagé?. *Med des Mal Metab*, 2010; 4(1): 38-43.
- Schiphorst Preuper HR, Reneman MF, Boonstra AM, Dijkstra PU, Versteegen GJ, Geertzen JHB, Brouwer S. Relationship between psychological factors and performance-based and self-reported disability in chronic low back pain. *Eur Spine J*, 2008; 17: 1448-56.
- Sharifi M, Hamedinia MR, Hosseini-Kakhak SA. The effect of an exhaustive aerobic, anaerobic and resistance exercise on serotonin, beta-endorphin and BDNF in students. *Phys Educ Stud*, 2018; 5: 272-7.
- Sherman KJ, Cherkin DC, Wellman RD, Cook AJ, Hawkes RJ, Delaney K, Deyo RA. A randomized trial comparing yoga, stretching, and a self-care book for chronic low back pain. *Arch Intern Med*, 2011; 171(22): 2019-26.
- Shields N, Synnot AJ, Barr M. Perceived barriers and facilitators to physical activity for children with disability: a systematic review. *Br J Sports Med*, 2012; 46: 989-97.
- Shiri R, Falah-Hassani K. Does leisure time physical activity protect against low back pain? Systematic review and meta-analysis of 36 prospective cohort studies. *Br J Sports Med*, 2017; 51(19): 1410-8.
- Shnayderman I, Katz-Leurer M. An aerobic walking programme versus muscle strengthening programme for chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 2013 ; 27(3) : 207-214.
- Shrout P. Measurement reliability and agreement in psychiatry. *Stat Methods Med Res*. 1998; 7: 301-17.
- Sloots M, Dekker JH, Pont M, Bartels EA, Geertzen JH, Dekker J. Reasons for drop-out from rehabilitation in patients of Turkish and Moroccan origin with chronic low back pain in The Netherlands: a qualitative study. *J Rehabil Med*, 2010; 42(6): 566-73.
- Smeets R, Wade D, Hidding A, Van Leeuwen P, Vlaeyen J, Knottnerus J. The association of physical deconditioning and chronic low back pain: a hypothesis-oriented systematic review. *Disabil Rehabil*, 2006; 28 : 673-93.

- Spence JC, Lee RE. Toward a comprehensive model of physical activity. *Psychol Sport Exerc*, 2003; 4(1): 7-24.
- Sperandei S, Barros M, Silveira-Junior P, Oliviera C. Electromyographic analysis of three different types of lat Pull-Down. *J Strength Cond Res*, 2009; 23: 2033-38.
- Spinhoven P, Ter Kuile M, Kole-Snijders AMJ, Hutten Mansfeld M, Den Ouden DJ, Vlaeyen JWS. Catastrophizing and internal pain control as mediators of outcome in the multidisciplinary treatment of chronic low back pain. *Eur J Pain*, 2004; 8: 211-9.
- Srinivasan J, Balasubramanian V. Low back pain and muscle fatigue due to road cycling - An sEMG study. *J Bodyw Mov Ther*, 2007; 11(3): 260-6.
- Stanton T, Henschke N, Maher C, Refshauge K, Latimer J, McAuley J. After an episode of acute low back pain, recurrence is unpredictable and not as common as previously thought. *Spine*, 2008; 33(26): 2923-8.
- Steffens D, Maher CG, Pereira LSM, Stevens ML, Oliveira CV, Chapple M; Teixeira-Salmela LF, Hancock MJ. Prevention of low back pain a systematic review and meta-analysis. *JAMA Intern Med*, 2016; 176(2): 199-208.
- Steiner AS, Sartori M, Leal S, Kupper D, Gallice JP, Rentsch D, Cedraschi C, Genevay S. Added value of an intensive multidisciplinary functional rehabilitation programme for chronic low back pain patients. *Swiss Med Wkly*, 2013; 143: w13763.
- Stephan Y, Boiché J, Le Scanff C. Motivation and physical activity behaviors among older women: a self-determination perspective. *Psychol Women Q*, 2010; 34: 339-48.
- Stockes M. Reliability and repeatability of methods for measuring muscle in physiotherapy. *Physiotherapy Practice* 1985;1:71-76.
- Strand SL, Hjelm J, Shoepe TC, Fajardo MA. Norms for an isometric muscle endurance test. *J Hum Kinet*, 2014; 40(1):93-102.
- Sullivan M, Adams H, Sullivan M. Communicative dimensions of pain catastrophizing: social cueing effects on pain behavior and coping. *Pain*, 2004; 107: 220-26.
- Sullivan M, Bishop S, Pivik J. The pain catastrophizing scale: development and validation. *Psychol Assess*, 1995; 7: 524-532.
- Sullivan M, Thorn B, Haythornthwaite J, Keefe F, Martin M, Bradley L, Lefebvre J. Theoretical perspectives on the relation between catastrophizing and pain. *Clin J Pain*, 17 : 52-64, 2001.

Svensson E, Waling K, Hager-Ross C. Grip strength in children: Test-retest reliability using Grippit. *Acta Paediatr.* 2008; 97:1226-31.

T

Tagliaferri SD, Armbrecht G, Miller CT, Owen PJ, Mundell NL, Felsenberg D, Thomasius F, Belavy DL. Testing the deconditioning hypothesis of low back pain: a study in 1182 older women. *Eur J Sport Sci*, 2019; 20: 17-23.

Tagliaferri SD, Miller CT, Owen PJ, Mitchell UH, Brisby H, Fitzgibbon B, Masse-Alarie H, Van Oosterwijck J, Belavy DL. Domains of chronic low back pain and assessing treatment effectiveness: A clinical perspective. *Pain Pract*, 2020; 20: 211-25.

Teixeira PJ, Carraça EV, Markland D, Silva MN, Ryan RM. Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2012; 9: 78.

Thelin A, Holmberg S, Thelin N. Functioning in neck and low back pain from a 12-year perspective: a prospective population-based study. *J Rehabil Med*, 2008; 40: 555-61.

Thivel D, Tremblay A, Genin PM, Panahi S, Rivière D, Duclos M. Physical activity, inactivity, and sedentary behaviors: definitions and implications in occupational health. *Front public health*, 2018; 6: 288.

Thorpe O, Kumar S, Johnston K. Barriers to and enablers of physical activity in patients with COPD following a hospital admission: a qualitative study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2014; 9: 115-28.

Tieland M, Trouwborst I, Clark BC. Skeletal muscle performance and ageing. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*; 2018; 9(1), 3-19.

Torres SH, de Oca MM, Loeb E, Mata A, Hernandez N. Gender and skeletal muscle characteristics in subjects with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med*, 2011; 105(1): 88-94.

Traeger A, Buchbinder R, Elshaug A, Croft P, Maher C. Care for low back pain: can health systems deliver? *Bull World Health Organ*, 2019; 97(6): 423-33.

Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology consensus project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2017; 14: 75.

- Vader K, Doulas T, Patel R, Miller J. Experiences, barriers, and facilitators to participating in physical activity and exercise in adults living with chronic pain: a qualitative study. *Disabil Rehabil*, 2019; 1-9.
- Vallerand RJ. The effect of differential amounts of positive verbal feedback on the intrinsic motivation of male hockey players. *J Sport Exerc Psychol*, 1983; 5(1): 100-7.
- Vallerand RJ (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. In M. P. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology* (pp. 271-360): New York: Academic Press.
- Vallerand RJ (2001). *A hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation in sport and exercise*. In G. C. Roberts (Ed.), *Advances in motivation in sport and exercise* (pp. 263-319). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vallerand RJ (2007). *Intrinsic and extrinsic motivation in sport and physical activity: A review and a look at the future*. In G. Tenenbaum & E. Eklund (Eds.), *Handbook of sport psychology* (pp. 3rd ed., pp. 59-83). New York: John Wiley.
- Vallerand RJ, Gauvin LI, Halliwell WR. Negative effects of competition on children's intrinsic motivation. *J Soc Psychol*, 1986; 126(5): 649-56.
- Vallerand RJ, Thill E (1993). Les fondements de la psychologie de la motivation. In V. E. Thill (Ed.), *Introduction à la psychologie de la motivation* (pp. 533-582). Montréal: Études Vivantes.
- Van Cutsem M, Duchateau J, Haineaut K. Changes in single motor unit behavior contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol* 1998; 513: 295-305.
- Van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MMR, Groothuis-Oudshoorn KGM, Hermens HJ. Multidisciplinary rehabilitation treatment of patients with chronic low back pain: a prognostic model for its outcome. *Clin J Pain*, 2008; 24: 421-30.
- Van Middelkoop M, Rubinstein SM, Kuijpers T, Verhagen AP, Ostelo R, Koes BW, Van Tulder MW. A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain. *Eur Spine J*, 2011; 20: 19-39.
- Van Tulder MW, Becker A, Bekkering T, Breen A, Gil del Real MT, Hutchinson A, Koes B, Kryger-Baggesen P, Laerum E, Malmivaara A, Nachemson A, Niehus W, Roux E,

- Rozenberg S. Chapter 3 European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *Eur Spine J*, 2006; 15: 169-91.
- Varallo G, Scarpina F, Giusti EM, Cattivelli R, Guerrini-Usubini A, Capodaglio P, Castelnuovo G. Does Kinesiophobia Mediate the Relationship between Pain Intensity and Disability in Individuals with Chronic Low-Back Pain and Obesity?. *Brain Sci*, 2021; 11(6): 684.
- Vargas-Schaffer G, Cogan J. Patient therapeutic education: placing the patient at the centre of the WHO analgesic ladder. *Can Fam Physician*, 2014; 60: 235-41.
- Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, Van de Heijden GJ, Heuts PH, Pons K, Knottnerus J. Disuse and deconditioning in chronic low back pain: concepts and hypotheses on contributing mechanisms. *Eur J Pain*, 2003; 7: 9-21.
- Verbunt JA, Smeets RJ, Wittink HM. Cause or effect? Deconditioning and chronic low back pain. *Pain*, 2010; 149: 428-30.
- Verbunt JA, Smeets RJ, Wittink HM (2012). Unmasking the deconditioning paradigm for chronic low back pain patients. Edited by Hasenbring MI, Rusu AC, Turk DC, *From Acute to Chronic Back Pain: Risk Factors, Mechanisms, and Clinical Implications* (pp. 185-200). Oxford.
- Vlaeyen JWS, Linton SJ. Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art. *Pain*, 2000; 85: 317-32.
- Vlaeyen JWS, Linton SJ. Fear-avoidance model of chronic musculoskeletal pain: 12 years on. *Pain*, 2012; 153: 1144-47.
- Vossen J, Kramer J, Burke D, Vossen D. Comparison of dynamic push-up training and plyometric push-up training on upper-body power and strength. *J Strength Cond Res*, 2000; 14: 248-53.
- Vrijens B, De Geest S, Hughes DA, Przemyslaw K, Demonceau J, Ruppert T, Dobbels F, Fargher E, Morrison V, Lewek P, Matyjaszczyk M, Mshelia C, Clyne W, Aronson JK, Urquhart J. A new taxonomy for describing and defining adherence to medications. *Br J Clin Pharmacol*, 2012; 73(5): 691-705.
-
- W
-
- Wan Q, Lin C, Li X, Zeng W, Ma C. MRI assessment of paraspinal muscles in patients with acute and chronic unilateral low back pain. *Br J Radiol*, 2015; 88: P; 20140546

- Waterman BR, Belmont PJ, Schoenfeld AJ. Low back pain in the United States: incidence and risk factors for presentation in the emergency setting. *Spine J*, 2012; 12(1): 63-70.
- Weiner S, Nordin M. Prevention and management of chronic back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 2010; 24: 267-79.
- Weir J. Quantifying test-retest reliability using the intra class correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*. 2005; 19: 307-10.
- Wippert PM; Drießlein D, Beck H, Schneider C, Puschmann AK, Banzer W, Schiltenswolf M. The feasibility and effectiveness of a new practical multidisciplinary treatment for low back pain: A randomized controlled trial. *J Clin Med*, 2020; 9: 115.
- World Health Organization. Regional office for Europe. Therapeutic patient education: continuing education programmes for health care providers in the field of prevention of chronic diseases: report of WHO working group. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 1998.
- World Health Organization. Adherence to long-term therapies – Evidence for action. Geneva: World Health Organization; 2003.
- World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organization; 2010.
- World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance. Geneva: World Health Organization; 2020.
- Wu A, March L, Zheng X, Huang J, Wang X, Zhao J, et al. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Ann Transl Med*, 2020; 8(6): 299.

Y

- Yahia A, Jribi S, Ghroubi S, Elleuch M, Baklouti S, Elleuch MH. Evaluation of the posture and muscular strength of the trunk and inferior members of patients with chronic lumbar pain. *Joint Bone Spine*, 2011; 78: 291-7.
- Yates T, Wilmot EG, Davies MJ, Gorely T, Edwardson C, Biddle S, Khunti K. Sedentary behavior: what's in a definition? *Am J Prev Med*, 2011; 40: e33-e34.
- Yesilnacar, E. K. (2005). The application of computational intelligence to landslide susceptibility mapping in Turkey. University of Melbourne, Department, 200.

Youdas JW, Hartman JP, Murphy BA, Rundle AM, Ugorowski JM, Hollman JH. Magnitudes of muscle activation of spine stabilizers, gluteals, and hamstrings during supine bridge to neutral position. *Physiother Theory Pract*, 2015; 31: 418-27.

Yozbatiran N, Yildirim Y, Parlak B. Effects of fitness and aquafitness exercises on physical fitness in patients with chronic low back pain. *Pain Clin*, 2004; 16(1): 32-42

Yumusakhuyly Y, Baklacioglu HS, Aras H, Haliloglu S, Selimoglu E, İçagasioglu A. The economic cost of chronic low back pain., *Bozok Med J*, 2018; 8(1): 66-74.

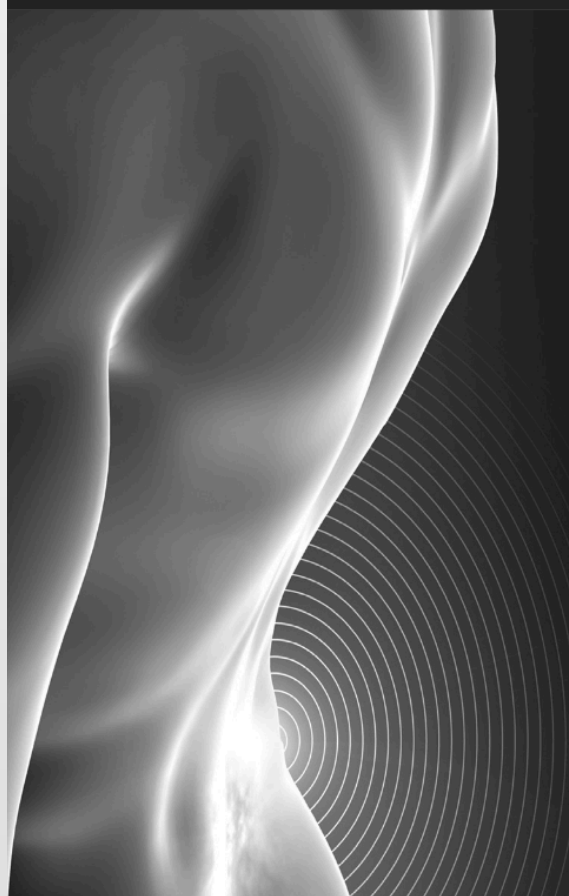
Z

Zelle DM, Corpeleijn E, Klaassen G, Schutte E, Navis G, Bakker SJL. Fear of movement and low self-efficacy are important barriers in physical activity after renal transplantation. *PLoS One*, 2016; 11: e0147609.

Zemedikun DT, Kigozi J, Wynne-Jones G, Guariglia A, Roberts T. Methodological considerations in the assessment of direct and indirect costs of back pain: a systematic scoping review. *PLoS one*, 2021; 16(5): e0251406.

Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. *Acta psychiatr scand*, 1983; 67(6), 361-70.

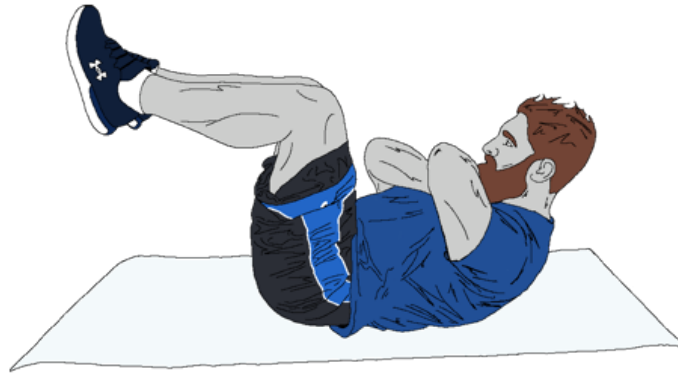
- ANNEXES -



1. Descriptif des tests d'évaluation physique (études n°1 et n°2)

1.1. Tests d'endurance musculaires isométriques

1.1.1. Évaluation des muscles fléchisseurs du tronc



Position de départ :

- Allongé sur le dos, les genoux fléchis à 90°, les pieds décollés du sol.
- Les pieds et les jambes sont collés.
- Les lombaires sont au contact avec le sol.
- Les bras sont croisés à la poitrine.
- Afin de limiter la tension au niveau des cervicales, rentrer le menton (double menton) et maintenir cette position tout au long de l'exercice.

Exécution :

- Décoller les omoplates en enroulant le dos.
- Maintenir les lombaires au sol.

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Les omoplates du sujet descendent vers le sol.
- Le sujet relâche le double menton et tire sur les cervicales.

1.1.2. Évaluation des muscles extenseurs du tronc



Position de départ :

- Allongé sur la chaise romaine.
- Placer les crêtes iliaques au bord des coussins.
- Jambes tendues, les boudins au niveau de vos chevilles.
-

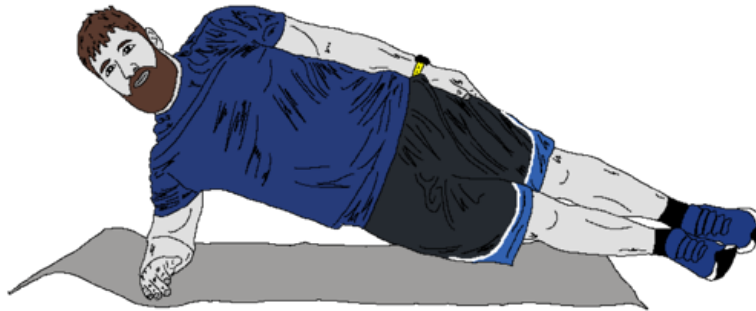
Exécution :

- Croiser les bras à la poitrine en maintenant l'alignement entre les épaules, les fesses et les chevilles.
- La tête doit être également alignée au corps durant l'exercice, le menton à la poitrine (double menton, regard vers le sol).
- **Consignes :**
- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Garder l'alignement du corps (épaules, fesses, chevilles).
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Le sujet ne maintient plus l'horizontalité.
- Le sujet relâche le double menton et relève la tête.

1.1.3. Évaluation des muscles carrés des lombes



Position de départ :

- Allongé sur le côté, en appui sur un coude à 90°.
- Superposer les deux pieds et tendre les jambes.

Exécution :

- Soulever les fesses, jusqu'à obtenir un alignement genoux, hanches, épaules.
- Seuls les pieds (jambe alignée au tronc) et le coude doivent être en contact avec le sol.
- La tête doit être également alignée au corps durant l'exercice. Pour soulager les tensions cervicales, rentrer le menton (double menton).

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer votre respiration).
- Garder l'alignement du corps (genoux, hanches, épaules).
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Les hanches du sujet reviennent au sol.
- Le sujet ne maintient plus l'alignement (genoux, hanches, épaules).

Réaliser l'exercice côté droit puis côté gauche.

1.2. Tests de souplesse

1.2.1. Distance doigts/sol



Position de départ :

- Debout sur un podium.
- Les pieds écartés à la largeur des hanches, jambes tendues.

Exécution :

- Sans faire d'à-coup, réaliser une flexion maximale du tronc.
- Les jambes doivent rester tendues tout au long de l'exercice.

Consignes :

- Réaliser au préalable deux essais d'échauffement.
- Maintenir la position durant au moins pendant 5 secondes.
- Fléchir les genoux et dérouler le dos en remontant.

1.2.2. Distance talon/fesse



Position de départ :

- Le patient est allongé en décubitus ventral.
- Les bras le long du corps.
- Les pieds et les jambes collés.

Exécution :

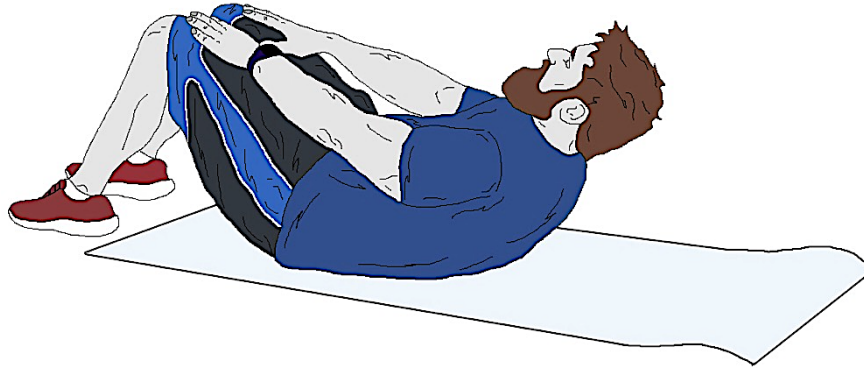
- Dans cette position, le thérapeute fléchit le genou du patient pour amener son talon au plus proche de la fesse.
- Lors de la flexion du genou, l'attention du thérapeute doit être au niveau du bassin du patient afin d'éviter qu'il ne compense.
- Les deux genoux du patient doivent rester collés.

Consignes :

- Réaliser au préalable deux essais d'échauffement.
- Maintenir la position le temps de la mesure entre le talon et la fesse.
- La mesure doit-être réalisée du côté droit et du côté gauche.

2. Descriptif des tests d'endurance musculaire isométriques (étude n°3)

2.1. Évaluation des muscles fléchisseurs du tronc



Position de départ :

- Allongé sur le dos, les pieds posés au sol avec les genoux fléchis à 90°.
- Les pieds et les jambes sont collés.
- Les lombaires sont au contact avec le sol.
- Les mains posées sur les cuisses.
- Afin de limiter la tension au niveau des cervicales, rentrer le menton (double menton) et maintenir cette position tout au long de l'exercice.

Exécution :

- Enfoncer au préalable les lombaires dans le sol (rétroversion) pour mettre en tension les abdominaux.
- Monter les mains vers vos genoux, le plus haut possible, en décollant les omoplates en enroulant le dos.
- Maintenir les lombaires au sol.

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Le sujet ne maintient plus la rétroversion du bassin.
- Les omoplates du sujet descendent vers le sol.
- Le sujet relâche le double menton et tire sur les cervicales.

2.2. Évaluation des muscles extenseurs du tronc



Position de départ :

- Allongé sur le ventre, les bras le long du corps, un coussin (demi-lune) placé au niveau des crêtes iliaques.
- Les pieds (sur la pointe des pieds) et les genoux au contact avec le sol.

Exécution :

- Décoller la poitrine en maintenant le menton à la poitrine (double menton, regard vers le sol).
- Les pieds et les genoux doivent rester au contact avec le sol.
- Attention, lors de l'exercice les mains et les bras sont décollés et ne doivent ni reposer au sol, ni reposer sur les fesses.

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Les pieds ou les genoux se décollent le sol.
- La poitrine du sujet descend vers le sol.
- Le sujet relâche le double menton en relevant la tête.

2.3. Évaluation des muscles carrés des lombes



Position de départ :

- Allongé sur le côté, en appui sur un coude à 90°.
- Superposer les deux pieds et tendre les jambes. Une fois chaque segment du corps aligné, fléchir le genou en appui au sol vers l'arrière, de façon à ce que les cuisses restent superposées et alignées au tronc.

Exécution :

- Soulever les fesses, jusqu'à obtenir un alignement genoux, hanches, épaules.
- Seuls le pieds (jambe alignée au tronc), le genou (jambe côté sol) et le coude doivent être en contact avec le sol.
- La tête doit être également alignée au corps durant l'exercice. Pour soulager les tensions cervicales, rentrer le menton (double menton).

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Garder l'alignement du corps (genoux, hanches, épaules).
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Les hanches du sujets reviennent au sol.
- Le sujet ne maintient plus l'alignement (genoux, hanches, épaules).

Réaliser l'exercice côté droit puis côté gauche.

2.4. Évaluation des muscles quadriceps



Position de départ :

- Debout, le dos contre un mur, pieds écartés à la largeur du bassin.
- Avancer les pieds d'un pas vers l'avant en maintenant le dos contre le mur.

Exécution :

- Fléchir les jambes jusqu'à obtenir un angle de 90° entre les cuisses et les jambes et entre le tronc et les cuisses.
- Dans cette position, maintenir le dos plaqué contre le mur en basculant le bassin vers l'arrière (rétroversion).

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Garder les pointes de pieds dans l'axe du corps.
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Modification des angles des genoux et/ou des hanches.
- Les cuisses ne sont plus parallèles au sol.
- Le sujet ne maintient plus la rétroversion du bassin.

2.5. Évaluation des muscles ischio-jambiers



Position de départ :

- Allongé sur le dos, les pieds posés au sol avec les genoux fléchis à 90°.
- Placer les pieds en appui talons.
- Les pieds et les jambes sont collés.
- Enfoncer les lombaires dans le sol (rétroversion) puis placer un papier entre les genoux.

Exécution :

- Dans cette position, enfoncer les talons dans le sol afin d'enrouler le bassin et décoller les fesses du sol.
- Les fesses se décollent de quelques centimètres.
- Maintenir les jambes collées et les lombaires au sol.

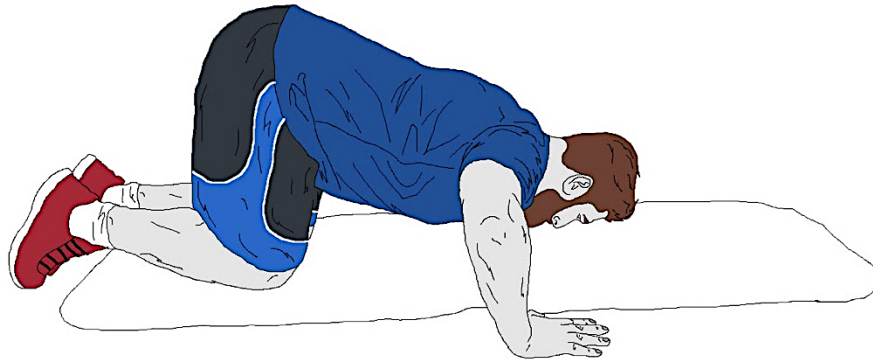
Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Les fesses touchent le sol.
- La feuille de papier tombe, ce qui signifie que les jambes se sont décollées.
- Le sujet ne maintient plus la rétroversion du bassin, les lombaires quittent le sol.

2.6. Évaluation des muscles pectoraux



Position de départ :

- A 4 pattes, placer les mains au sol de manière à ce qu'elles soient plus écartées que la largeur des épaules.
- Les bras sont tendus.
- Les genoux et les pieds sont collés et en appui au sol.
- Afin de limiter la tension au niveau des cervicales, rentrer le menton (double menton) et maintenir cette position tout au long de l'exercice.

Exécution :

- Dans cette position, sortir la poitrine vers l'avant et fléchir les bras pour amener la poitrine vers le sol.
- Descendre jusqu'à ce que les bras soient alignés aux épaules les coudes fléchis à 90°.

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Garder le dos bien droit tout au long de l'exercice.
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Le sujet lève la tête.
- Les coudes ne sont plus alignés avec les épaules.
- L'angle du coude n'est plus maintenu à 90°.

2.7. Évaluation des muscles dorsaux



Position de départ :

- Assis par terre, le dos et la tête en appui contre un mur.
- Avancer les fesses de manière à ce qu'elles soient éloignées d'une main ouverte par rapport au mur.
- Afin de maintenir une rétroversion, amener les pieds le plus près possible des fesses.
- Réaliser un double menton en maintenant la tête contre le mur de manière à s'auto-grandir.
- Placer les bras contre le mur afin d'avoir les coudes et les mains collés contre le mur (les coudes sont fléchis à 90° et on ne dépasse pas la hauteur des épaules).

Exécution :

- Tout en serrant les omoplates, faire glisser les coudes vers le bas jusqu'à ce que les mains commencent à se détacher du mur sans dépasser 45° entre les coudes et le tronc.
- Les coudes doivent rester à 90° de flexion.

Consignes :

- Respirer normalement (ne pas bloquer la respiration).
- Les coudes, les doigts et la tête doivent rester au contact avec le mur tout au long de l'exercice.
- Maintenir la position le plus longtemps possible.

Critère d'arrêt :

- Le sujet met fin au test.
- Le sujet détachent les doigts, les coudes ou la tête du mur.

3. Publication issue de ce travail de thèse : Isometric Strength Database for Muscle Maximal Voluntary Endurance Field Tests: Normative Data

Janik et al. *Sports Medicine - Open* (2021) 7:47
<https://doi.org/10.1186/s40798-021-00338-2>

Sports Medicine - Open

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

Open Access

Isometric Strength Database for Muscle Maximal Voluntary Endurance Field Tests: Normative Data



Frédéric Janik^{1,2*} , Claire Toulotte¹, Anne Laure Seichepine², Bernadette Masquelier², Fabienne Barbier² and Claudine Fabre¹

Abstract

Background: Different field tests are used to evaluate muscle capacity, in particular maximal voluntary isometric endurance. However, although there are some normative values for a few muscle endurance tests, these do not consider the weight, height, gender, or age of individuals, which are well-known factors that influence muscle performance.

Hypothesis/Purpose: The purpose of this study was to investigate the test–retest reproducibility of eight field tests and establish muscle endurance norms, in a healthy population, based on their anthropometric characteristics, which could allow the optimal evaluation of the entire muscle function in a quick manner.

Design: Case series.

Methods: This study was conducted in two phases. The first phase was to check the reproducibility inter- and intra-assessor for eight isometric muscle field tests on 20 volunteer subjects aged 40.9 ± 11.6 years old (age range, 21–58 years). The second part was to establish muscle maximal voluntary isometric endurance norms according to these tests on a total of 400 healthy participants grouped by age (50 males and females in each of the age brackets, 20–29; 30–39; 40–49; 50–59 years old, for a total of 200 males and 200 females).

Results: The intra- and inter-assessor reproducibility tests are good for all muscle measurements (the intraclass correlation coefficients varied between 0.915 and 0.996 and the coefficient of variation between 3.6 and 11.8%). The area under the receiver operating characteristic curves demonstrates a good sensibility with values greater than 0.7 for each test. Each muscle belt presents same ratio regardless of the age and gender group. The simultaneous multiple regression analyses highlight that the anthropometric characteristics of subjects influence significantly the performance of isometric tests.

Conclusion: This study has permitted establishing prediction equations in a healthy population according to their anthropometric characteristics as well as agonist/antagonist ratios for eight muscle isometric field tests after demonstrating a good reproducibility of all tests.

Keywords: Normative database; Muscle prediction equation; Isometric field test; Outcome assessments; Reproducibility

* Correspondence: frederick.janik.etu@univ-lille.fr

¹Univ. Lille, Univ. Artois, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Lille, France

²Centre de Réadaptation Fonctionnelle "Les Hautois" - Groupe AHNAC, Oignies, France

Key Points

- Predictive equations to establish muscle maximal voluntary isometric endurance present a good reproducibility for all muscle groups.
- These equations are useful in the field of prevention and/or rehabilitation (risk of falling, low back pain, etc.) or sport (muscle injury risks).

Introduction

The assessment of muscle performance is a requirement in many fields such as prevention [1], sport [2], or rehabilitation [3], as the results of this assessment are used to prevent muscle injuries, guide and individualize training programs. Thus, the knowledge of reference values is a necessity to achieve the above goals. Muscle performance can be measured by different dynamometers, such as the isokinetic dynamometers [4], or the manual dynamometers [5]. Although the use of the isokinetic dynamometers is considered as the gold standard instrument to evaluate muscle strength [6], these devices remain very expensive, bulky, and require trained personnel to handle them and interpret the results. On the other hand, to measure muscle strength, the manual dynamometers present a good alternative, with a good reproducibility for the assessment of the upper and lower limbs [7, 8]. However, this reproducibility depends on the model of dynamometers used during the assessment [9]. In addition, although many authors propose reference values according to anthropometric data [5, 7, 10], these reference values depend on the model of the manual dynamometer and the calibration of the instrument [9]. So, the use of manual dynamometers remains limited as the comparison of the results between models is complicated.

Another way to simply evaluate muscle performance is by using field tests, which allows measuring maximal voluntary isometric endurance. In the literature, many field tests evaluating maximal voluntary isometric endurance have been validated, but, although some normative values exist for some muscle endurance tests [11, 12], these norms do not consider the weight, height, gender, and age of individuals. However, all these anthropometric data are well-known factors that positively or negatively influence muscle performance [13]. In addition, the postural position of some field tests often induces discomfort or pain [14] leading to an underestimation of muscle capacity because the test may be stopped prematurely. Therefore, it seems important to modify the postural positions of the subjects during field tests in order to decrease the limiting factors and to consider the anthropometric data of each subject while respecting the validity of the tests. Finally, the evaluation encountered in the literature on maximal voluntary isometric muscle

endurance using isometric contractions is generally limited to four muscle groups: quadriceps, abdominals, lumbar, and quadratus lumborum muscles [12, 15]. Therefore, this assessment provides a somewhat limited overview of the muscle performance.

Another variable which must be taken into account in the evaluation of muscle performance is muscle imbalance or the agonist/antagonist muscle ratios. Indeed, in the case of muscle imbalance, a joint disorder and/or pain can result because the stabilization of the joint is no longer ensured [16]. With the knowledge of the muscle deficits, it is possible to propose an individualized training program that can restore a normal ratio [16]. Generally, to obtain the values of the muscle ratios, it is necessary to measure the strength of the agonist and antagonist muscles and then calculate their ratios. The most widely used method is the isokinetic method, but with the limitations of its use explained previously. McGill et al. (1999) have proposed an easier methodology than the isokinetic method, to determine the ratios in a healthy young adult population, using the endurance time of field tests [17]. However, in their study, muscle ratios were limited to three muscle groups, namely, the abdominals, lumbar, and quadratus lumborum muscles. In addition, all muscle ratios were determined from the performance of the lumbar muscles. Therefore, it is not possible to detect the specific imbalance in relationship with its joint and this form of assessment remains marginal. In addition, as highlighted by the authors, their ratios were established from a young population, which might not be applicable to an older population.

Therefore, we first hypothesize that it would be possible to validate field tests of maximal voluntary isometric muscle endurance with adaptive postural positions to best measure muscle performance; secondly, we hypothesize that the anthropometric data of the subjects could influence the maximal voluntary isometric muscle performance.

The objectives of this study were (1) to validate eight field tests of maximal voluntary isometric muscle endurance with adaptive postural positions; (2) to establish predictive equations of the entire muscle performance in a healthy population based on its anthropometric characteristics, which could allow the prevention of muscle injuries and/or to optimize the individualization of training programs in a quick and cheap manner.

Materials and Methods

Study Design

This study was conducted in two phases. The first phase was to check the inter- and intra-assessor reproducibility for isometric muscle field tests, and the second part was to establish muscle maximal voluntary isometric endurance norms according to these tests. The isometric tests

allow assessment of the trunk flexor, trunk extensor, quadratus lumborum, quadriceps, hamstring, and back and chest muscles (Fig. 1).

To be included in the study, the selection criteria for the two phases were as follows: no history of chronic or acute disease; a score < 9 on the Baecke questionnaire, which does not correspond to a sporting way of life [18]; no psychiatric or psychological disorders; and no contra-indication for exercise.

Before being included in the study, the design, rules, and protocol were explained to each subject as required by the Declaration of Helsinki. Then each subject signed a written consent form. The study protocol was approved by the Behavioral Science Ethics Committee of University of Lille under No. 2019-380-S77.

Part 1: Reproducibility of Muscle Maximal Voluntary Isometric Endurance Field Tests

The aim of this first part of the study was to examine intra- and inter-assessor reproducibility in a test–retest during isometric field tests in order to assess the maximal voluntary isometric endurance of the quadriceps, hamstring, abdominal, trunk extensor, right and left quadratus lumborum, and back and chest muscles (Fig. 1).

Subjects

Twenty subjects (9 males, 11 females), with a mean age of 40.9 ± 11.6 years (mean \pm SD), were included (Table 1). Subjects completed the Baecke questionnaire [18] to determine their physical activity level and were asked about any history of medical conditions in order to verify the entry/exclusion criteria.

Protocol

Two assessors, A and B, each performed two evaluation sessions (A1 and A2 for assessor A and B1 and B2 for assessor B). In order to avoid habituation effect, data

from A- and B-rater were collected randomly. Prior to data collection, the assessors practised using the test protocols to ensure that standardized procedures were employed.

Each evaluation session lasted for 2 weeks with a break of at least 24 h between each one. This 24-h interval was chosen in order to avoid the impact of fatigue resulting from two sessions being too close together [19, 20]. Only the data of the last three evaluation sessions (A2, B1, and B2) were analyzed, with the first session (A1) serving as a familiarization and therefore the results of this session were not considered in the analysis of the data.

No attempt was made to standardize the order in which, or the time of day when, the evaluations were completed. Measurements from the two assessors were recorded on separate data collection forms to ensure that they were blinded to each other's results and their own previous results. Both assessors carried out two assessment sessions for each subject and applied each field test in random order. The randomization was performed with the R software by assigning a number to each test. During the assessment, the antagonist muscle was tested after the agonist muscle. Prior to the assessment of each test, the assessors explained and demonstrated the test procedure to the subject.

Each assessment session started with 10 min of cardio-respiratory warm-up on a cycloergometer at 65% of the target heart rate, as determined by the Karvonen formula [21], and subjects benefited from at least 5-min rest between each test.

Guidelines for Postures During the Tests

For this study, the objective was to reduce pain generated by the discomfort of the position tests during the evaluation. To do this, the postural position of some tests was modified (Fig. 1). These modifications and all instructions for all tests, including pretest cueing,

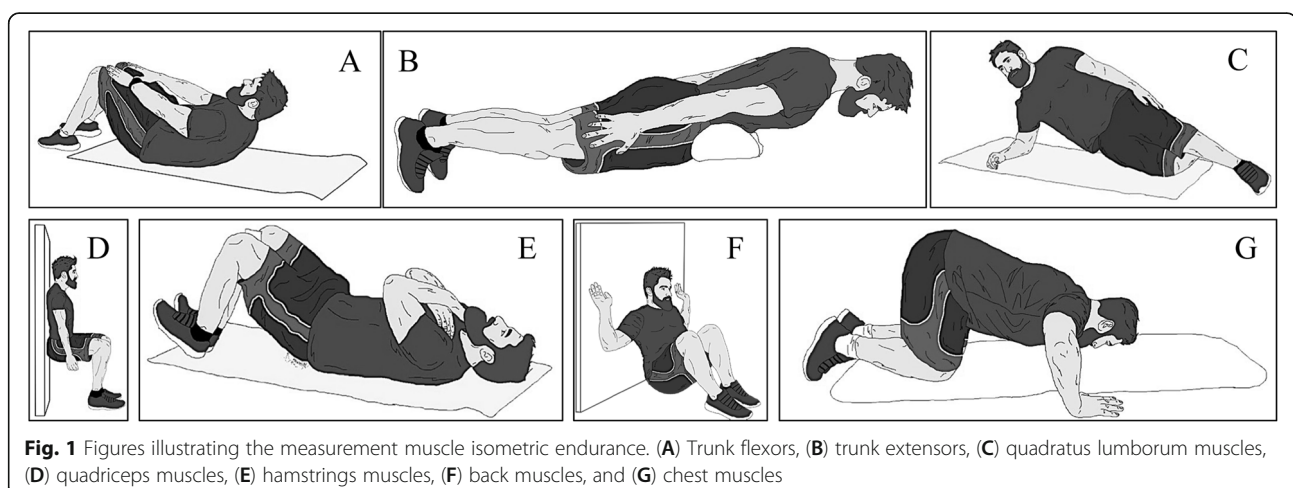


Fig. 1 Figures illustrating the measurement muscle isometric endurance. (A) Trunk flexors, (B) trunk extensors, (C) quadratus lumborum muscles, (D) quadriceps muscles, (E) hamstrings muscles, (F) back muscles, and (G) chest muscles

Table 1 Characteristics of the study population

	Test reproducibility	Muscle norms participants		<i>p</i> value
	Participants (<i>n</i> = 20)	Males (<i>n</i> = 200)	Females (<i>n</i> = 200)	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Age (years)	40.9 ± 11.6	39.4 ± 11.4	39.7 ± 11.5	NS
Weight (kg)	79.9 ± 16.8	82.9 ± 13.7	66.3 ± 14.6	***
Height (cm)	172.6 ± 7.9	178.0 ± 7.5	165.8 ± 5.9	***
BMI (kg/m ²)	26.7 ± 4.3	26.2 ± 4.3	24.1 ± 5.0	NS
Baecke score (a.u)	7.1 ± 1.1	7.9 ± 2.1	7.5 ± 1.8	NS
Trunk flexor muscles endurance (s)	147.3 ± 77.8	121.7 ± 47.9	120.0 ± 67.8	NS
Back extensor muscles endurance (s)	210.0 ± 76.8	181.0 ± 66.8	183.2 ± 92.8	NS
Right quadratus lumborum muscles endurance (s)	80.5 ± 35.7	76.9 ± 34.7	76.7 ± 35.2	NS
Left quadratus lumborum muscles endurance (s)	81.9 ± 30.3	77.7 ± 33.1	77.4 ± 32.8	NS
Quadriceps muscles endurance (s)	75.3 ± 28.4	81.7 ± 29.8	76.8 ± 32.4	NS
Hamstrings muscles endurance (s)	243.2 ± 110.3	240.2 ± 76.5	224.2 ± 90.2	NS
Back muscles endurance (s)	185.7 ± 77.4	183.7 ± 58.8	186.3 ± 79.8	NS
Chest muscles endurance (s)	76.3 ± 25.5	64.3 ± 19.4	63.7 ± 28.8	NS

The mean and standard deviation of all endurance muscles tests for test reproducibility correspond to overall mean of the last three assessments "A2," "B1," and "B2;" BMI body mass index, a.u arbitrary units, NS non-significant; ****p* < 0.001; A2 second assessment of assessor A, B1 first assessment of assessor B, B2 second assessment of assessor B

starting position, subject instructions, and termination criteria, are presented in the Additional file 1: Appendix. Next, there followed a brief presentation of the used tests with their alterations or not: (1) trunk flexor muscles were evaluated with the test of Ito et al. [14]. Some modifications were carried out, including the position of the legs and the termination criteria; (2) trunk extension was evaluated using the test of Ito et al. [14] without modification; (3) right and left quadratus lumborum muscles were evaluated using a modification of the positions in McGill et al.'s tests [17]. The modification was the position of the legs; (4) the isometric test of quadriceps using the original Killy test described by Bernard et al. [22] was used; (5) for the hamstring muscles test, a derivative of the bridge exercise to the neutral spine alignment position described by Youdas et al. [23] was used. These modifications included the pelvis position and the feet position; (6) the back muscles test was an adaptation of the behind-the-neck lat pull-down described by Sperandei et al. [24]. This test required the same movement as the behind-the-neck lat pull-down but the subject sat on the floor, with their back, shoulders, elbows, hands, and head against the wall. In addition, this test was carried out without equipment and in an isometric way; (7) for the chest muscles test, a derivative of the push-up on the knees exercise described by Vossen et al. [25] was used. In our study, this test was performed in an isometric way, so the termination criteria were not the same.

Participants were individually instructed and supervised by experienced therapists specifically trained in the testing methodology. In each of these tests, the weight represented the load.

Part 2: Creation of Muscle Norms

Subjects

Four hundred healthy Caucasian participants segmented by age (50 males and 50 females in each age bracket, 20–29 years old; 30–39 years old; 40–49 years old; and 50–59 years old; a total of 200 males and 200 females) were included. The female group was aged 39.7 ± 11.5 years and the male group was aged 39.4 ± 11.4 years (Table 1).

Protocol

Prior to isometrics testing, participants performed 10 min of warm-up, including all articulations of the body. After that, all subjects performed the eight maximal voluntary isometric muscle endurance tests. Each test was carried out once per session. Tests were conducted in random order with at least 5-min rest between two tests. As for the first part, randomization was performed using the R software by assigning a number to each test. The antagonist muscles were systematically tested after the agonist muscles.

Prior to the performance of each test, the assessor explained and demonstrated the test to subjects using standardized instructions. For this part, the same researcher conducted all the tests.

Instructions for End of Tests Parts 1 and 2

For all endurance tests, in both parts 1 and 2, subjects were encouraged to hold the test position until exhaustion, and were given feedback if they deviated from the position. Tests were terminated when the subject could not maintain the position or if there were any obvious signs of fatigue (not maintaining the position in spite of verbal feedback, for example) or a significant emergence of pain or other symptoms. The maximum holding time was recorded in seconds using a stopwatch. The stopwatch was triggered when the subject was in the right position.

Statistical Analysis

Intra- and Inter-assessor Reproducibility

Intra- and inter-assessor reproducibility was estimated using intraclass correlation coefficients (ICCs). The intra-assessor reproducibility was quantified by calculating the ICC between the measurement conducted by the same assessor “B1” and “B2.” The inter-assessor reproducibility was measured by calculating the ICC between the measurement of assessor A (“A2”) and assessor B (“B1” and “B2”). For each ICC, error range and repeatability were calculated with standard error of the measurement (SEM), 95% confidence intervals (CIs), and 95% limits of agreement (LOAs). The standard error of the measurement (SEM) was calculated according to the formula $SEM = SD \sqrt{(1-ICC)}$ [26], to provide an estimate of the precision of measurement, expressed in the units of the measure. The SEM was divided by the mean of the two measurements and multiplied by 100 to give a percentage value (SEM%) [27]. A percentage of 95% of LOA demonstrates the range of measurement error within the sample [28]. The interpretation of the ICCs was obtained according to the study by Shrout: reproducibility was considered strong if the ICC was between 1 and 0.81, moderate between 0.80 and 0.61, fair between 0.60 and 0.41, low between 0.40 and 0.11, and non-reproducible if less than 0.10 [29].

In order to determine the absolute reproducibility, the coefficient of variation (CV) was calculated. The CV is expressed as a percentage (CV%) and is calculated by dividing the standard deviation by the mean, multiplied by 100, for each test. The CV values of 10% [30] and 15% [31] have been used to consider the level of absolute reproducibility of the measurement ($CV < 15\%$ = good reproducibility; $CV < 10\%$ = excellent reproducibility).

The Breusch-Pagan test was used to verify the heteroscedasticity in the regression model. The heteroscedasticity of the model was confirmed when p value < 0.05 [32]. The performances in all isometric tests for each session of evaluation were expressed as mean \pm standard deviation (mean \pm SD). Statistical analysis was

performed using the SPSS version 20.0 software and the Breusch-Pagan test was performed using the R software version 4.0.4.

Muscle Norms

A sample size of 34 participants per group was needed to detect a 10% difference (power of 0.9 and $p < 0.05$) according to the results of the studies by Claxton et al. (2009) [11] and Evans et al. (2007) [12]. However, the present data were part of a larger study in which more variables were assessed, which required a larger sample size. So, 400 subjects were included in this study.

The sensitivity of all tests was determined by a receiver operating characteristic (ROC) analysis, as a function of the age brackets 20–29 years and 50–59 years for male and female groups. The area under the ROC curve (AUC) is widely used to estimate the predictive accuracy of distributional models derived from presence/absence data [33]. The relationship between AUC and the sensitivity was considered excellent between 1 and 0.9, very good between 0.9 and 0.8, good between 0.8 and 0.7, average between 0.7 and 0.6, and poor between 0.6 and 0.5 [34].

The gender influence was evaluated by one-way ANOVA. To establish the norms for the eight muscle field tests, multiple regression analyses were conducted to determine the influence of the anthropometric data (age, weight, and height) on the performance of isometric tests. All values were expressed as mean \pm standard deviation (mean \pm SD). For the gender parameter, data normality was tested using the Shapiro–Wilk test. The significance level was set at the 0.05 level. The statistical analyses were performed using the R software version 3.5.0.

Results

Anthropometric characteristics of all subjects included in this study and the overall means of the last three assessments “A2,” “B1,” and “B2” for all the isometric tests are presented in Table 1.

Part 1: Reproducibility of Muscle Endurance Tests

Table 2 presents the results of the intra-assessor (“B1” and “B2”) reproducibility tests for all muscle measurements. The ICC values of the muscle endurance measurements vary between 0.946 and 0.989, thereby indicating excellent reproducibility. The bias values range from -3.9 to 1.0 , staying close to zero and indicating a slight systematic improvement between measurements.

Tables 3 and 4 present the results of the inter-assessor (between assessments of “B1” and “A2” and between assessments of “B2” and “A2”) reproducibility tests for all muscle measurements. The ICC values indicate excellent

Table 2 Intra-assessor intraclass correlation coefficients

Muscle isometric tests	B1 (sec.) Mean ± SD	B2 (sec.) Mean ± SD	Bias (sec.) Mean ± SD	CV (%)	ICC [95% CI]	95% LOA (sec.)		SEM (sec.)	SEM (%)
						Lower	Upper		
Trunk flexor muscles	145.2 ± 79.3	146.0 ± 79.1	-0.8 ± 20.1	9.1	0.984 [0.961-0.994]	-40.15	38.65	2.54	1.75
Back extensor muscles	207.4 ± 81.9	210.9 ± 71.9	-3.5 ± 26.9	8.9	0.970 [0.924-0.988]	-56.27	49.27	4.66	2.23
Right quadratus lumborum muscles	77.5 ± 36.0	81.4 ± 36.4	-3.9 ± 14.7	11.3	0.956 [0.891-0.983]	-32.71	24.91	3.08	3.88
Left quadratus lumborum muscles	79.2 ± 32.5	82.8 ± 30.6	-3.6 ± 12.9	11.1	0.955 [0.889-0.982]	-28.85	21.65	2.73	3.37
Quadriceps muscles	74.1 ± 27.8	74.5 ± 31.2	-0.4 ± 11.9	10.3	0.959 [0.897-0.984]	-23.84	22.94	2.42	3.25
Hamstrings muscles	241.8 ± 114.3	242.2 ± 112.6	-0.5 ± 24.3	6.6	0.989 [0.972-0.996]	-48.11	47.21	2.55	1.05
Back muscles	185.8 ± 80.6	184.8 ± 75.5	1.0 ± 19.0	6.9	0.986 [0.964-0.994]	-36.18	38.18	2.24	1.21
Chest muscles	74.2 ± 26.2	77.1 ± 27.6	-2.9 ± 12.1	10.5	0.946 [0.866-0.978]	-26.69	20.89	2.82	3.73

CV coefficient of variation, ICC intraclass correlation coefficients, CI confidence intervals, SEM standard error of measurement, LOA limits of agreement, sec. seconds, % percentage, SD standard deviation, B1 first assessment of assessor B, B2 second assessment of assessor B

inter-assessor reproducibility, with measurements varying between 0.915 and 0.996 for the measures of “B1” and “A2” assessments and between 0.955 and 0.996 for the measures of “B2” and “A2” assessments. For inter-assessor comparison, the bias values are negative (ranging from -5.6 to -0.8 for the measurement between “B1” and “A2” and from -4.9 to -0.6 for the measurement between “B2” and “A2”), indicating a slight systematic improvement between measurements.

Regarding the absolute reproducibility, the CV values vary between 3.6 and 11.8% (Tables 2, 3, 4). The intra-assessor (Table 2) absolute reproducibility is between good and excellent reproducibility for all tests (minimum measurement, 6.6% for the hamstring test; maximum measurement, 11.3% for the right quadratus lumborum test). The absolute reproducibility of inter-assessors (Tables 3 and 4) is also between good and excellent for all tests (minimum measurement, 3.6% for

Table 3 Inter-assessor intraclass correlation coefficients between assessments “B1” and “A2”

Muscle isometric tests	B1 (sec.) Mean ± SD	A2 (sec.) Mean ± SD	Bias (sec.) Mean ± SD	CV (%)	ICC [95% CI]	95% LOA (sec.)		SEM (sec.)	SEM (%)
						Lower	Upper		
Trunk flexor muscles	145.2 ± 79.3	150.8 ± 78.9	-5.6 ± 10.2	5.1	0.995 [0.983-0.998]	-25.66	14.46	0.72	0.50
Back extensor muscles	207.4 ± 81.9	211.8 ± 80.2	-4.5 ± 13.0	4.5	0.993 [0.982-0.997]	-30.01	21.11	1.09	0.52
Right quadratus lumborum muscles	77.5 ± 36.0	82.6 ± 36.6	-5.1 ± 9.1	9.3	0.980 [0.937-0.993]	-22.80	12.70	1.28	1.61
Left quadratus lumborum muscles	79.2 ± 32.5	83.6 ± 29.2	-4.4 ± 10.1	8.6	0.969 [0.916-0.988]	-24.29	15.49	1.79	2.21
Quadriceps muscles	74.1 ± 27.8	77.3 ± 27.3	-3.2 ± 9.7	8.7	0.966 [0.914-0.987]	-22.27	15.87	1.79	2.42
Hamstrings muscles	241.8 ± 114.3	245.6 ± 109.7	-3.9 ± 14.5	4.6	0.996 [0.989-0.998]	-32.21	24.51	0.91	0.38
Back muscles	185.8 ± 80.6	186.6 ± 80.1	-0.8 ± 15.7	5.3	0.991 [0.977-0.996]	-31.51	29.91	1.49	0.80
Chest muscles	74.2 ± 26.2	77.7 ± 23.7	-3.5 ± 13.9	11.8	0.915 [0.788-0.966]	-30.81	23.81	4.06	5.37

CV coefficient of variation, ICC intraclass correlation coefficients, CI confidence intervals, SEM standard error of measurement, LOA limits of agreement, sec. seconds, % percentage, SD standard deviation, B1 first assessment of assessor B, A2 second assessment of assessor A

Table 4 Inter-assessor intraclass correlation coefficients between assessments “B2” and “A2”

Muscle isometric tests	B2 (sec.)	A2 (sec.)	Bias (sec.)	CV	ICC	95% LOA (sec.)		SEM	SEM
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	(%)	[95% CI]	Lower	Upper	(sec.)	(%)
Trunk flexor muscles	146.0 ± 79.1	150.8 ± 78.9	-4.9 ± 13.8	5.8	0.992 [0.979-0.997]	-31.93	22.23	1.24	0.85
Back extensor muscles	210.9 ± 71.9	211.8 ± 80.2	-1.0 ± 20.2	6.4	0.983 [0.957-0.993]	-40.58	38.68	2.64	1.26
Right quadratus lumborum muscles	81.4 ± 36.4	82.6 ± 36.6	-1.2 ± 11.7	8.5	0.975 [0.936-0.990]	-24.08	21.78	1.85	2.33
Left quadratus lumborum muscles	82.8 ± 30.6	83.6 ± 29.2	-0.8 ± 12.7	8.1	0.955 [0.886-0.982]	-25.71	24.11	2.70	3.33
Quadriceps muscles	74.5 ± 31.2	77.3 ± 27.3	-2.8 ± 11.9	9.2	0.957 [0.893-0.983]	-26.06	20.56	2.47	3.32
Hamstrings muscles	242.2 ± 112.6	245.6 ± 109.7	-3.4 ± 13.6	3.6	0.996 [0.991-0.998]	-30.00	23.20	0.86	0.35
Back muscles	184.8 ± 75.5	186.6 ± 80.1	-1.8 ± 14.6	4.5	0.991 [0.978-0.997]	-30.47	26.87	1.39	0.75
Chest muscles	77.1 ± 27.6	77.7 ± 23.7	-0.6 ± 10.8	8.4	0.956 [0.889-0.983]	-21.69	20.49	2.26	3.00

CV coefficient of variation, ICC intraclass correlation coefficients, CI confidence intervals, SEM standard error of measurement, LOA limits of agreement; sec. seconds, % percentage, SD standard deviation, B2 second assessment of assessor B, A2 second assessment of assessor A

the hamstring test between “B2” and “A2;” maximum measurement, 11.8% for the chest muscle test between “B1” and “A2”).

With regard to absolute reproducibility, the values of SEM% demonstrate a good reproducibility of the accuracy and precision of the measured values. Indeed, the SEM values of intra- or inter-assessor measurements are less than 10% of the average measured value, so the measurement errors are small, and therefore the measurement is reliable [35].

The Breusch-Pagan p values for all tests are greater than 0.05 (the lowest value, BP = 3.6, df = 1, p value = 0.07 for the chest muscle tests between “B1” and “A2”); thus, the null hypotheses is accepted, i.e., the data are homoscedastic.

The intra-assessor and inter-assessor coefficient of variation (CV) was also used to measure the absolute reproducibility of agonist/antagonist ratios (Table 5). Muscle ratios were determined by dividing the holding time of the anterior chain muscles by the holding times of the posterior chain muscles for all muscle belts. For each muscle belt, the CV values vary between 5.8 and

12.9%, corresponding to between good to excellent reproducibility for all agonist/antagonist ratios.

Part 2: Muscle Norms

The ROC curves are presented in Fig. 2. The AUC demonstrates a good sensibility according to age brackets with values greater than 0.7 for each test (Tables 6 and 7).

For the male and female groups, the average hold time for each test is presented in Table 1. Each test carried out was stopped following muscle fatigue by the participant themselves or by the assessor when the participant showed obvious signs of fatigue (maintaining of the initial position was impossible). No test was stopped following an emergence of pain or other symptoms.

Prediction equations to estimate muscle performance according to anthropometric criteria are presented in Tables 8 and 9. The muscle ratios of each muscle belt present no significant difference between men and women and no difference according to age bracket (Table 10).

Table 5 Intra-assessor and inter-assessor coefficient of variation for the muscle agonist/antagonist ratios

Agonist/antagonist ratios	CV (%) Intra-assessor	CV (%) Inter-assessor (B1-A2)	CV (%) Inter-assessor (B2-A2)
Trunk flexor/back extensor	12.8	8.7	5.8
Left/right quadratus lumborum	10.6	6.4	10.7
Quadriceps/hamstrings	12.5	8.1	10.1
Chest muscles/back muscles	11.6	12.9	10.6

CV coefficient of variation, B1 first assessment of assessor B, B2 second assessment of assessor B, A2 second assessment of assessor A

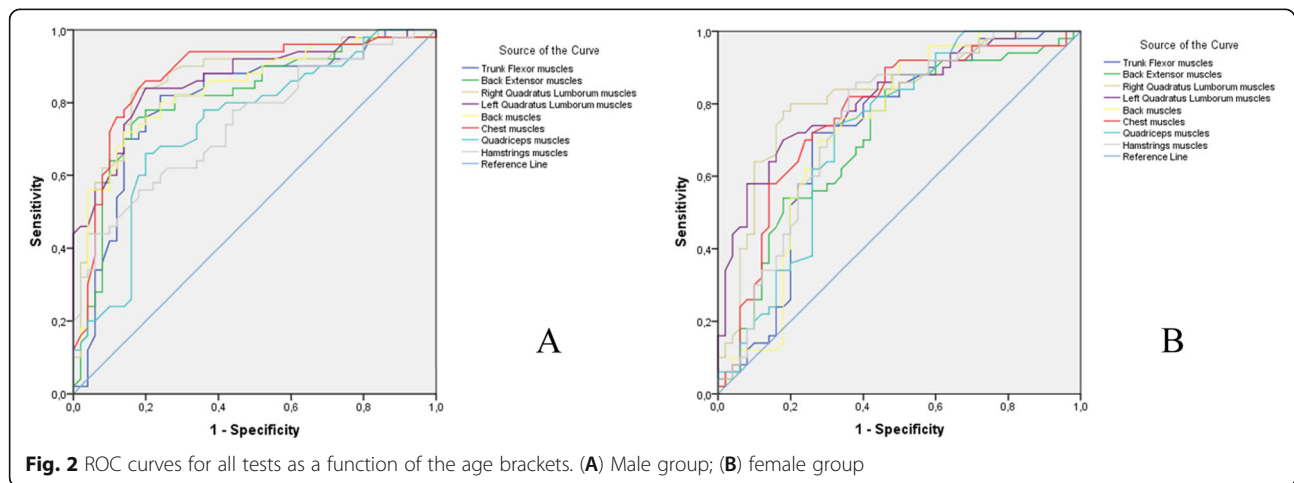


Fig. 2 ROC curves for all tests as a function of the age brackets. (A) Male group; (B) female group

Discussion

Our results have demonstrated the reproducibility of eight field tests to measure the maximal voluntary isometric muscle endurance with adapted postural positions and they have enabled the creation of predictive equations to calculate maximal theoretical voluntary isometric muscle endurance in a healthy population based on its anthropometric characteristics (age, weight, height, and gender).

The objective of the first phase of this study was to evaluate the relative and absolute reproducibility as well as the sensibility of muscle tests with modified postures for a healthy adult population, insofar as Ito et al. demonstrated that the original postures could induce pain or hyperlordosis [14]. Our results showed that all maximal voluntary isometric endurance tests present good levels of reproducibility. Indeed, for each test, the ICC was greater than 0.9, the CV less than 12% and the SEM less than 6%. The SEM of our tests was similar or lower to those found in the literature on other field tests [12, 36]. Our ICC values were higher than those obtained in other studies [12, 14, 17], but this is classic in studies

using field tests to obtain an ICC > 0.81 [36, 12, 14]. The between-subject variability makes it difficult to compare the ICC between studies [26]. However, the higher ICC values in our study could be due to the fact that the population used for the reproducibility was heterogeneous, including both males and females of different ages. Nevertheless, the good to excellent absolute intra- and inter-assessor reproducibility measured by the coefficient of variation confirms our good level of reproducibility.

The sensitivity was measured by established and by analyzing for each test, whether the muscle performance is dependent on the age of the subjects. Our results showed that the observed values of the area under the ROC curves were greater than 0.7, demonstrating an influence of age on the muscle performance, which indicates young adults must have higher voluntary maximal isometric endurance than older adults. It is generally recognized that muscle endurance and strength decrease with aging [37, 38] and our study results on age-specific muscle maximal voluntary isometric endurance support the validity of our model.

Table 6 Receiver operating characteristic (ROC) analysis for all tests as a function of the age brackets for male group

	20-29 (n = 50)	50-59 (n = 50)	p	ROC		
	Mean ± SD	Mean ± SD		AUC	95% CI	P
Trunk flexor muscles	146.4 ± 41.5***	97.7 ± 41.5	< 0.001	0.803	0.712-0.894	< 0.001
Back extensor muscles	216.8 ± 59.7***	144.7 ± 56.3	< 0.001	0.811	0.723-0.900	< 0.001
Right quadratus lumborum muscles	98.9 ± 33.2***	55.5 ± 24.2	< 0.001	0.864	0.790-0.939	< 0.001
Left quadratus lumborum muscles	100.3 ± 32.2***	56.7 ± 22.5	< 0.001	0.864	0.792-0.936	< 0.001
Quadriceps muscles	93.6 ± 28.7***	69.0 ± 26.9	< 0.001	0.739	0.640-0.837	< 0.001
Hamstrings muscles	274.1 ± 80.1***	204.9 ± 65.9	< 0.001	0.742	0.646-0.838	< 0.001
Back muscles	212.9 ± 56.0***	143.1 ± 44.9	< 0.001	0.835	0.755-0.916	< 0.001
Chest muscles	75.2 ± 17.5***	50.2 ± 14.7	< 0.001	0.872	0.798-0.947	< 0.001

ROC receiver operating characteristic, AUC area under the curve, CI confidence intervals, SD standard deviation; ***p < 0.001

Table 7 Receiver operating characteristic (ROC) analysis for all tests as a function of the age brackets for female group

	20-29 (n = 50)	50-59 (n = 50)	p	ROC		
	Mean ± SD	Mean ± SD		AUC	95% CI	P
Trunk flexor muscles	140.6 ± 63.1**	97.2 ± 66.6	0.001	0.719	0.615-0.823	< 0.001
Back extensor muscles	212.6 ± 92.9**	154.7 ± 95.9	0.002	0.712	0.610-0.815	< 0.001
Right quadratus lumborum muscles	96.6 ± 36.6***	55.5 ± 30.1	< 0.001	0.818	0.733-0.904	< 0.001
Left quadratus lumborum muscles	96.5 ± 33.9***	57.2 ± 27.7	< 0.001	0.816	0.733-0.898	< 0.001
Quadriceps muscles	88.74 ± 29.7***	64.8 ± 32.2	< 0.001	0.722	0.620-0.824	< 0.001
Hamstrings muscles	261.4 ± 84.0***	189.3 ± 92.8	< 0.001	0.749	0.651-0.847	< 0.001
Back muscles	212.5 ± 65.6***	155.8 ± 84.7	< 0.001	0.730	0.627-0.832	< 0.001
Chest muscles	74.5 ± 27.2***	49.8 ± 25.9	< 0.001	0.772	0.677-0.867	< 0.001

ROC receiver operating characteristic, AUC area under the curve, CI confidence intervals, SD standard deviation; **p < 0.01; *** p < 0.001

The objective of the second phase of this study was to determine predictive equations of the muscle performance, taking into account the anthropometric criteria of the subjects. In the literature, the maximal voluntary isometric muscle endurance performance of field tests is often analyzed between gender and age, while height and weight are little discussed. Among all the anthropometric criteria, only the influence of age has been well established [11, 39] because of the well-known decline in muscle mass and muscle quality [40]. It is also accepted that an increase in weight has a negative influence on the performance of maximal voluntary isometric muscle endurance, but this variable is not discussed in the studies by Strand et al. and Latikka et al., which used isometric fields tests because the authors argued a weak relationship between weight and holding time during the isometric test [41, 39]. The influence of the other anthropometric criteria—gender and height—is still debated. Let us take the factor gender: one study demonstrated an absence of influence of gender on the muscle performance certain isometric tests [12], whereas other studies highlighted the effect of gender in favor of males [17, 41], or, conversely, in favor of females [42]. One hypothesis which could explain the sex-specific difference could be a difference in the muscle fiber-

type distribution, muscle fiber cross-sectional area, capillary supply, oxidative and glycolytic capacity, citrate synthase, 3-hydroxyacyl-CoA-dehydrogenase, and lactate-dehydrogenase enzyme activities between men and women, but an absence of difference of these criteria between non-active adult men and women has been demonstrated [43]. With current knowledge, it is still impossible to generalize regarding the influence of gender on maximal voluntary isometric muscle endurance performance. With regard to the height factor, the literature demonstrates its influence on the holding time [39, 41], but the results of the studies are contradictory: either the holding time is better [39] or it is reduced [41] in maximal voluntary isometric muscle endurance measured with field tests. These differences could be explained by a different methodology, including athletic and non-athletic subjects [41], a group composed only of males with different age [39], or even a small number of subjects [12, 17]. In our study, the number of subjects used to analyze the influence of anthropometric parameters on the muscle performance was higher and more level-headed than the literature studies [12, 14, 17], and the profile used was the same for each group, namely, non-athletic Caucasian healthy adult subjects. Thus, our findings support that height, weight, and age are

Table 8 Male performance prediction equations for all isometric tests

Muscle endurance tests	Predictive Equations	R ²
Trunk flexor muscles	-10.92 - 1.18 × (age; years) ^{***} - 0.87 × (weight; kg) ^{***} + 1.41 × (height; cm) ^{**}	0.200
Back extensor muscles	112.42 - 1.89 × (age; years) ^{***} - 1.10 × (weight; kg) ^{**} + 1.32 × (height; cm) [*]	0.195
Right quadratus lumborum muscles	17.44 - 1.13 × (age; years) ^{***} - 0.78 × (weight; kg) ^{***} + 0.94 × (height; cm) ^{**}	0.294
Left quadratus lumborum muscles	35.49 - 1.11 × (age; years) ^{***} - 0.87 × (weight; kg) ^{***} + 0.89 × (height; cm) ^{**}	0.342
Quadriceps muscles	-9.59 - 0.60 × (age; years) ^{***} - 0.49 × (weight; kg) ^{**} + 0.87 × (height; cm) ^{**}	0.157
Hamstrings muscles	35.17 - 1.66 × (age; years) ^{***} - 1.33 × (weight; kg) ^{***} + 2.14 × (height; cm) ^{**}	0.168
Back muscles	125.19 - 1.94 × (age; years) ^{***} - 0.84 × (weight; kg) ^{**} + 1.15 × (height; cm) [*]	0.225
Chest muscles	38.76 - 0.64 × (age; years) ^{***} - 0.41 × (weight; kg) ^{***} + 0.48 × (height; cm) ^{**}	0.284

kg kilograms, cm centimeter; *p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001

Interpretation. The expected holding time for maximal endurance trunk flexor test for a 51-year man with height of 184 cm and a weight of 97 kg is: -10.92 - (1.18 × 51) - (0.87 × 97) + (1.41 × 184) = 103.95 s.

Table 9 Female performance prediction equations for all isometric tests

Muscle endurance tests	Performance prediction equations	R ²
Trunk flexor muscles	$-355.82 - 0.96 \times (\text{age; years})^* - 1.69 \times (\text{weight; kg})^{***} + 3.78 \times (\text{height; cm})^{***}$	0.225
Back extensor muscles	$-683.83 - 1.30 \times (\text{age; years})^* - 2.20 \times (\text{weight; kg})^{***} + 6.42 \times (\text{height; cm})^{***}$ A.	0.258
Right quadratus lumborum muscles	$-40.55 - 1.09 \times (\text{age; years})^{***} - 0.92 \times (\text{weight; kg})^{***} + 1.34 \times (\text{height; cm})^{***}$	0.331
Left quadratus lumborum muscles	$-29.35 - 1.06 \times (\text{age; years})^{***} - 0.88 \times (\text{weight; kg})^{***} + 1.25 \times (\text{height; cm})^{***}$	0.353
Quadriceps muscles	$-257.23 - 1.74 \times (\text{age; years})^{***} - 1.47 \times (\text{weight; kg})^{***} + 3.68 \times (\text{height; cm})^{***}$	0.196
Hamstrings muscles	$-57.63 - 0.64 \times (\text{age; years})^{***} - 0.45 \times (\text{weight; kg})^{**} + 1.06 \times (\text{height; cm})^{**}$	0.217
Back muscles	$-81.78 - 0.56 \times (\text{age; years})^{**} - 0.74 \times (\text{weight; kg})^{***} + 1.39 \times (\text{height; cm})^{***}$	0.201
Chest muscles	$-282.91 - 1.92 \times (\text{age; years})^{***} - 1.88 \times (\text{weight; kg})^{***} + 4.27 \times (\text{height; cm})^{***}$	0.164

kg kilograms, cm centimeter; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Interpretation. The expected holding time for maximal endurance trunk flexor test for a 34-year-old female with height of 173 cm and a weight of 56 kg is: $-355.82 - (0.96 \times 34) - (1.69 \times 56) + (3.78 \times 173) = 170.84$ s

determining factors in predicting performance of maximal voluntary isometric endurance tests, unlike gender, which does not influence the performance.

Two limitations would be considered for the interpretation of these data. Our study was carried out in a French Caucasian population; thus, as explained by Hogrel et al. (2007) [44], our results could present a few variations depending on the race of the subjects (African, Asian) because of morphologic, anatomic, and cultural differences. In addition, the age bracket of the participants included in this study was from 20 to 59 years old. Thus, our predictive equations and the muscle agonist/antagonist ratios may be not be adapted for subjects who are younger or older than our participants.

Conclusion

Our study has permitted the validation of the reproducibility of field tests and the creation of predictive equations to calculate maximal voluntary isometric muscle endurance in a healthy population according to its anthropometric characteristics, namely, age, weight, height, and

gender. The creation of these normative values responds to the need to be able to assess muscle function to identify weakness or muscle imbalance in order to establish personalized training programs in the fields of prevention, sport, or rehabilitation [45].

Practical Applications

These normative equations permit the determination of the weakness of a muscle, a muscle group, or a muscle imbalance according to the anthropometric data of the subject. The assessor simply has to complete the prediction equations with the anthropometric data of the subject (Tables 8 and 9) to obtain the theoretical value which would need to be reached at the target test. If the result is below the maximum theoretical value or if a muscle imbalance exists, physical activity management is required in the field of prevention and/or rehabilitation (risk of falling, difficulty climbing stairs, low back pain, etc.) or sport (muscle injuries risks). In addition, the predictive equations can be integrated into software or a mobile application to allow subjects to self-evaluate and benefit from an individualized program from a distance.

Table 10 Variation of agonist/antagonist ratios according to age brackets

Agonist/antagonist ratios	Males					Females				
	[20-29] <i>n</i> = 50	[30-39] <i>n</i> = 50	[40-49] <i>n</i> = 50	[50-59] <i>n</i> = 50	Global <i>n</i> = 200	[20-29] <i>n</i> = 50	[30-39] <i>n</i> = 50	[40-49] <i>n</i> = 50	[50-59] <i>n</i> = 50	Global <i>n</i> = 200
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Trunk flexor/back extensor	0.70 ± 0.21	0.70 ± 0.25	0.70 ± 0.20	0.70 ± 0.22	0.70 ± 0.22	0.70 ± 0.23	0.70 ± 0.32	0.70 ± 0.19	0.70 ± 0.46	0.70 ± 0.32
Left/right quadratus lumborum	1.00 ± 0.14	1.00 ± 0.19	1.00 ± 0.19	1.00 ± 0.24	1.00 ± 0.19	1.00 ± 0.17	1.00 ± 0.17	1.00 ± 0.18	1.00 ± 0.35	1.00 ± 0.23
Quadriceps/hamstrings	0.37 ± 0.09	0.37 ± 0.12	0.37 ± 0.12	0.37 ± 0.13	0.37 ± 0.12	0.37 ± 0.14	0.37 ± 0.18	0.37 ± 0.12	0.37 ± 0.17	0.37 ± 0.16
Chest muscles/back muscles	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.26	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.17	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.12	0.36 ± 0.13	0.36 ± 0.14	0.36 ± 0.13

SD standard deviation

Abbreviations

ICC: Intraclass correlation coefficient; SEM: Standard error of the measurement; CI: Confidence interval; LOA: Limit of agreement; SEM%: Percentage of standard error of the measurement; CV: Coefficient of variation; CV%: Percentage of coefficient of variation; ROC: Receiver operating characteristic; AUC: Area under the curve

Supplementary information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00338-2>.

Additional file 1.**Acknowledgements**

The authors would like to thank Dr. Camille Amoura and Dr. Gabor Orosz for the advice during the statistic study of this manuscript and professionals of the Oignies rehabilitation center for the advice during the implementation of the assessment protocol. This project benefited from CIFRE financing no. 2018/0103.

Authors' Contributions

FJ and CF wrote the first draft of the manuscript; CT contributed to revisions of the manuscript. ALS, BM, and FB supervised the study and contributed to data acquisition, procedural protocols. All authors contributed to the study design, procedural protocols, and the drafting of this paper. The authors read and approved the final manuscript.

Funding

This project benefited from CIFRE financing no. 2018/0103. The program CIFRE ("Conventions Industrielles de Formation par la Recherche" – Industrial Training and Research Agreement) is a partnership between a French company, a laboratory of research and a graduate. This convention between three partners allows a company to host a PhD student for 3 years.

Availability of Data and Materials

The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations**Ethics Approval and Consent to Participate**

Before being included in the study, the design, rules, and protocol were explained to each subject. Then each subject signed a written consent form. The study protocol was approved by the Ethics Committee under No. 2019-380-S77. The ethics committee is supported by the University of Lille and there is only one committee within this institution. Its name is Behavioral Science Ethics Committee.

Consent for Publication

Not applicable.

Competing Interests

The authors, Frédéric Janik, Claire Toulotte, Anne Laure Seichepine, Bernadette Masquelier, Fabienne Barbier, and Claudine Fabre, declare that they have no competing interests.

Received: 18 August 2020 Accepted: 17 June 2021

Published online: 12 July 2021

References

- Bennie JA, Lee DC, Khan A, Wiesner GH, Bauman AE, Stamatakis E, et al. Muscle-strengthening Exercise among 387,423 U.S. Adults: Prevalence, Correlates, and Associations with Health Conditions. *Am J Prev Med*. 2018; 55(6):864–74.
- Lacome M, Avrillon S, Cholley Y, Simpson B, Guilhem G, Buchheit M. Hamstring Eccentric Strengthening Program: Does Training Volume Matter? *Int J Sports Physiol Perform*. 2020;15(1):81–90.
- Mostagi FQ, Dias JM, Pereira LM, Obara K, Mazuquin BF, Silva MF, et al. Pilates Versus General Exercise Effectiveness on Pain and Functionality in Non-specific Chronic Low Back Pain Subjects. *J Bodyw Mov Ther*. 2015;19(4): 636–45.
- Zapparoli FY, Riberto M. Isokinetic Evaluation of the Hip Flexor and Extensor Muscles: a Systematic Review. *J Sport Rehabil*. 2017;26(6):556–66.
- Alvarenga G, Kiyomoto HD, Martinez EC, Polesello G, Alves VLDS. Normative Isometric Hip Muscle Force Values Assessed by a Manual Dynamometer. *Acta Ortop Bras*. 2019;27(2):124–8.
- Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held Dynamometry Correlation with the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: a Systematic Review. *PM&R*. 2011;3(5):472–9.
- Andrews WA, Thomas MW, Bohannon RW. Normative Values for Isometric Muscle Force Measurements Obtained with Hand-held Dynamometers. *Phys Ther*. 1996;76(3):248–59.
- Pasco JA, Stuart AL, Holloway-Kew KL, Tembo M, Sui SX, Anderson KB, et al. Lower-limb Muscle Strength: Normative Data from an Observational Population-based Study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):89.
- Amaral JF, Mancini M, Novos Júnior JM. Comparison of Three Hand Dynamometers in Relation to the Accuracy and Precision of the Measurements. *Rev Bras Fisioter*. 2012;16(3):216–24.
- Luna-Heredia E, Martín-Peña G, Ruiz-Galiana J. Handgrip Dynamometry in Healthy Adults. *Clin Nutr*. 2005;24:250–8.
- Claxton M, McIntosh G. Sidebridge Muscle Endurance Testing: Normative Data for Adults. *Ortho Division Rev*. 2009;35–9.
- Evans K, Refshauge KM, Adams R. Trunk Muscle Endurance Tests: Reliability, and Gender Differences in Athletes. *J Sci Med Sport*. 2007;10:447–55.
- Samson MM, Meeuwsew IBAE, Crowe A, Dessens JAG, Duursma SA, Verhaar HJJ. Relationships Between Physical Performance Measures, Age, Height and Body Weight in Healthy Adults. *Age Ageing*. 2000;29(3):235–42.
- 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 Rehabil*. 1996;77(1):75–9.
- Demoulin C, Fauconnier C, Vanderthommen M, Henrotin Y. Recommendations for a Basic Functional Assessment of Low Back Pain. *Rev Med Liège*. 2005;60:661–8.
- Padasala M, Joksimovic M, Bruno C, Melino D, Manzi V. Muscle injuries in athletes. The relationship between H/Q ratio (hamstring/quadriceps ratio). *Ita J Sports Reh Po*. 2020;7(1):1478–98.
- McGill S, 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;80:941–4.
- Bigard A, Duforez F, Portero P, Guezennec C. Assessment of Physical Activity by Questionnaire: Validity of the Baecke Questionnaire. *Sci Sports*. 1992;7: 215–21.
- Birmingham TB. Test-retest Reliability of Lower Extremity Functional Instability Measures. *Clin J Sport Med*. 2000;10(4):264–8.
- Loss JF, Neto ESW, de Siqueira TB, Winck AD, de Moura LS, Gertz LC. Portable, One-dimensional, Trunk-flexor Muscle Strength Measurement System. *J Sport Rehabil*. 2020;29(6):851–4.
- Karvonen M, Kentala E, Mustala O. The Effects of Training Heart Rate: a Longitudinal Study. *Ann Med Exp Biol Fenn*. 1957;35:307–15.
- Bernard J, et al. Muscle Assessment in Healthy Teenagers Comparison with Teenagers with Low Back Pain. *Ann Readapt Med Phys*. 2008;51:274–83.
- Youdas J, et al. Magnitudes of Muscle Activation of Spine Stabilizers, Gluteals, and Hamstrings During Supine Bridge to Neutral Position. *Physiother Theory Pract*. 2015;31:418–27.
- Sperandei S, Barros M, Silveira-Junior P, Oliveira C. Electromyographic Analysis of Three Different Types of Lat Pull-down. *J Strength Cond Res*. 2009;23:2033–8.
- Vossen J, Kramer J, Burke D, Vossen D. Comparison of Dynamic Push-up Training and Plyometric Push-up Training on Upper-body Power and Strength. *J Strength Cond Res*. 2000;14:248–53.
- Weir J. Quantifying Test-retest Reliability Using the Intra Class Correlation Coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*. 2005;19:307–10.
- Svensson E, Waling K, Hager-Ross C. Grip Strength in Children: Test-retest Reliability Using Grippit. *Acta Paediatr*. 2008;97:1226–31.
- Bland J, Altman D. Statistical Methods for Assessing Agreement Between Two Methods of Clinical Measurement. *Lancet*. 1986;1:307–10.
- Shrout P. Measurement Reliability and Agreement in Psychiatry. *Stat Methods Med Res*. 1998;7:301–17.
- Stockes M. Reliability and Repeatability of Methods for Measuring Muscle in Physiotherapy. *Physiotherapy Practice*. 1985;1:71–6.

31. Carnet AS, Bateman ND, Jones NS. Reliable and Reproducible Anterior Active Rhinomanometry for the Assessment of Unilateral Nasal Resistance. *Clin Otolaryngol*. 2000;25:499–503.
32. Breusch TS, Pagan AR. A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica: J Econometric Soc*. 1979;1287–94.
33. Cohen J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educ Psychol Meas*. 1960;20(1):37–46.
34. Yesilnacar, E. K. (2005). The Application of Computational Intelligence to Landslide Susceptibility Mapping in Turkey. University of Melbourne, Department, 200.
35. Liaw L, et al. The Relative and Absolute Reliability of Two Balance Performance Measures in Chronic Stroke Patients. *Disabil Rehabil*. 2008;30: 656–61.
36. Brotons-Gil E, García-Vaquero MP, Peco-González N, Vera-García FJ. Flexion-rotation Trunk Test To Assess Abdominal Muscle Endurance: Reliability, Learning Effect, and Sex Differences. *J Strength Cond Res*. 2013;27(6):1602–8.
37. Danneskiold-Samsøe B, Bartels EM, Bülow PM, Lund H, Stockmarr A, Holm CC, et al. Isokinetic and Isometric Muscle Strength in a Healthy Population with Special Reference to Age and Gender. *Acta Physiol*. 2009;197(673):1–68.
38. Tieland M, Trouwborst I, Clark BC. Skeletal Muscle Performance and Ageing. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2018;9(1):3–19.
39. Latikka P, Battié MC, Videman T, Gibbons LE. Correlations of Isokinetic and Psychophysical Back Lift and Static Back Extensor Endurance Tests in Men. *Clin Biomech*. 1995;10(6):325–30.
40. McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It Is Not Just Muscle Mass: A Review of Muscle Quality, Composition and Metabolism During Ageing As Determinants of Muscle Function and Mobility in Later Life. *Longev Healthspan*. 2014;3(1):1–8.
41. Strand SL, Hjelm J, Shoepe TC, Fajardo MA. Norms For An Isometric Muscle Endurance Test. *J Hum Kinet*. 2014;40(1):93–102.
42. 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 Sørensen Back Endurance Test. *Arch Phys Rehabil*. 1998;79:1069–75.
43. Torres SH, de Oca MM, Loeb E, Mata A, Hernandez N. Gender and Skeletal Muscle Characteristics in Subjects with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Respir Med*. 2011;105(1):88–94.
44. Hogrel JY, et al. Development of a French Isometric Strength Normative Database for Adults Using Quantitative Muscle Testing. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88:1289–97.
45. Calmels P, Minaire P. A Review of the Role of the Agonist/Antagonist Muscle Pairs Ratio in Rehabilitation. *Disabil Rehabil*. 1995;17(6):265–76.

Publisher's Note

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

Submit your manuscript to a SpringerOpen[®] journal and benefit from:

- Convenient online submission
- Rigorous peer review
- Open access: articles freely available online
- High visibility within the field
- Retaining the copyright to your article

Submit your next manuscript at ► [springeropen.com](https://www.springeropen.com)
