

Université de Sherbrooke

Capacités cardiorespiratoires de femmes atteintes de fibromyalgie évaluées selon un protocole, évaluation réévaluation

Par
Lucie Bouvrette LeBlanc
Programme de sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.)
en sciences cliniques

Sherbrooke, Québec, Canada
Août 2017

Membres du jury d'évaluation
Nathaly Gaudreault, Ph.D., co-directrice, École de réadaptation
Pierre Boulay, Ph.D., co-directeur, Faculté des sciences de l'activité physique
Serge Marchand, Ph.D., évaluateur interne, départements de chirurgie et d'anesthésie,
Faculté de médecine et des sciences de la santé
Didier Saey, PhD, évaluateur externe, Département de réadaptation, Faculté de médecine,
Université Laval

© Lucie Bouvrette LeBlanc, 2017

RÉSUMÉ

Capacités cardiorespiratoires de femmes atteintes de fibromyalgie évaluées selon un protocole, évaluation réévaluation

Par

Lucie Bouvrette LeBlanc

Programmes de sciences cliniques

Mémoire présenté à la Faculté de médecine et des sciences de la santé en vue de l'obtention du diplôme de maître ès sciences (M.Sc.) en sciences cliniques, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

Les études sur les capacités cardiorespiratoires de femmes atteintes de fibromyalgie (FM) présentent des résultats contradictoires. De plus, aucune étude n'a évalué les capacités à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires de cette population, 24 heures suivant un test d'effort maximal. **Objectifs** : Les objectifs de cette étude étaient les suivants: 1) de décrire la capacité cardiorespiratoire de femmes atteintes de FM et 2) de décrire leurs capacités à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant une épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal. **Méthodes** : Douze femmes FM ont été soumises à deux épreuves d'effort cardiorespiratoire maximal (T1 et T2) sur tapis roulant (protocole BSU/Bruce ramp) à 24 heures d'intervalle, jusqu'à épuisement. La collecte des échanges gazeux et ECG ont été faites de façon continue tout au long des deux tests. Le lactate sanguin, la pression artérielle, l'intensité de la douleur et la perception de la difficulté à l'effort ont également été évalués. Le Questionnaire révisé sur l'impact de la fibromyalgie (QRIF), l'Échelle de kinésiophobie de Tampa, version canadienne-française (EKT-CF), et le questionnaire international sur le niveau d'activité physique, version canadienne-française (IPAQ) ont été utilisés afin de mieux décrire les caractéristiques des participantes. Des procédures statistiques non paramétriques ont été utilisées pour les besoins d'analyses statistiques. **Résultats** : En comparant les résultats du volume d'oxygène crête ($VO_{2crête}$) obtenus au T1 aux valeurs normatives, 75% des participantes se situaient sous la catégorie "Passable", dont 25% sous le seuil de la catégorie "Très pauvre". Toutefois, en considérant le niveau de sévérité de la FM et comparant les participantes légèrement et modérément affectées au T1 et T2, les résultats ont démontré une différence significative de la $VO_{2crête}$ au T2 ($30,4 \pm 3,3$ vs $22,9 \pm 4,7$ ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) et de la VO_2 au seuil anaérobie ventilatoire (VO_{2SAV}) au T1 ($24,0 \pm 4,0$ vs $18,5 \pm 4,4$ ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) et T2 ($24,9 \pm 3,2$ vs $18,7 \pm 4,5$ ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$). Finalement, aucune différence significative au niveau de la $VO_{2crête}$ ($25,5 \pm 5,3$ vs. $26,5 \pm 5,3$ ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0,05$) et de la VO_{2SAV} ($21,2 \pm 4,8$ vs. $21,7 \pm 4,8$ ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0,05$) n'a été observée entre T1 et T2. **Conclusion** : Soixante-quinze pour cent des participantes avaient une capacité cardiorespiratoire inférieure à celle de la population générale. De plus, les capacités cardiorespiratoires des participantes semblent être affectées par le niveau de sévérité de la FM. Finalement, les résultats de cette étude ne démontrant pas de différence significative des capacités cardiorespiratoires entre T1 et T2, suggèrent qu'il n'y a pas de difficulté à reproduire les mesures physiologiques 24 heures suivant le premier test d'épreuve maximale. **Mots clés**: Douleur, $VO_{2crête}$, VO_{2max} , seuil anaérobie, seuil ventilatoire.

SUMMARY

Cardiorespiratory fitness of women with fibromyalgia evaluated using an evaluation re-evaluation protocol

By

Lucie Bouvrette LeBlanc
Clinical sciences Program

A thesis presented to the Faculty of Medicine and Health Sciences in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science in Clinical sciences, Faculty of Medicine and Health Sciences, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1H 5N4

Studies on cardiorespiratory fitness (CRF) among women with fibromyalgia (FM) has been documented with some contradictory results. Furthermore, no research has looked at the capacity to reproduce the cardiorespiratory physiology measurements 24 hours following a maximal CRF test, in FM patients. **Objectives:** The objective of this study was twofold: 1) to describe the cardiorespiratory fitness of women with fibromyalgia (FM); and 2) to describe the reproducibility of cardiorespiratory physiological parameters 24 hours following a maximal exercise test. **Method:** Twelve FM women underwent two maximal exercise tests (T1 and T2) on a treadmill (BSU/Bruce ramp protocol) 24 hours apart, until volitional exhaustion. Gas exchange and ECG were continuously monitored during both tests. Blood lactate, blood pressure, pain intensity and rate of perceived exertion, were also assessed. The Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQR), the Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK-CF) and the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) were used to further characterize the participants. Non-parametric statistical procedures were used for statistical analysis. **Results:** When comparing the peak oxygen uptake (VO_{2peak}) results to normative values at T1, 75% of the participants were below the “Fair” category, of which 25% were below the “Very Poor” category. However, when taking into consideration the FM severity level and comparing mildly to moderately affected participants at T1 and T2, the results showed a significant difference in VO_{2peak} at T2 (30.4 ± 3.3 vs 22.9 ± 4.7 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) and in VO_2 at ventilatory anaerobic threshold (VO_{2VAT}) at T1 (24.0 ± 4.0 vs 18.5 ± 4.4 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) and T2 (24.9 ± 3.2 vs 18.7 ± 4.5 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$). Finally, no significant differences in VO_{2peak} (25.5 ± 5.3 vs. 26.5 ± 5.3 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0.05$) and VO_{2VAT} (21.2 ± 4.8 vs. 21.7 ± 4.8 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0.05$) were found between T1 & T2. **Conclusion:** Seventy-five percent of the participants had a cardiorespiratory fitness level lower than the general population. Furthermore, the cardiorespiratory capacities of the participants seemed to be affected by their FM severity level. Finally, the results of this study showed no significant difference in cardiorespiratory fitness between T1 and T2, therefore indicating no cardiorespiratory difficulty to reproduce the physiological measurements 24 hours following a maximal exercise test. **Keywords:** Pain, VO_{2peak} , VO_{2max} , anaerobic threshold, ventilatory threshold.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
RECENSION DES ÉCRITS	4
2.1 <i>La douleur</i>	4
2.1.1 Les mécanismes endogènes de la modulation de la douleur	4
2.2 <i>La fibromyalgie</i>	5
2.2.1 Étiologie et pathogenèse.....	5
2.2.2 Tableau clinique	10
2.2.3 Les critères diagnostiques.....	11
2.2.4 Les lignes directrices canadiennes et de l'American College of Sports Medicine sur la prise en charge de la fibromyalgie.....	12
2.2.5 Les capacités cardiorespiratoires et la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires d'adultes atteints de fibromyalgie	15
<i>Article 1</i>	16
OBJECTIFS DE RECHERCHE	42
MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS.....	43
<i>MÉTHODOLOGIE</i>	43
4.1 <i>Dispositif de recherche</i>	43
4.2 <i>Population à l'étude</i>	43
4.3 <i>Échantillonnage et critères d'inclusion et d'exclusion</i>	43
4.4 <i>Recrutement des participantes</i>	44
4.5 <i>Procédures de collecte des données</i>	44
4.6 <i>Variables à l'étude et instruments de mesure</i>	44
4.6.1 Diagnostic de fibromyalgie	45
4.6.2 Condition cardiorespiratoire.....	45
4.6.3 Perception de la douleur	46
4.6.4 Perception de la difficulté à l'effort.....	46
4.6.5 Sévérité de la fibromyalgie.....	47
4.6.6 Indice de kinésiophobie.....	49
4.6.7 Niveau d'activité physique	49
4.7 <i>Taille de l'échantillon</i>	51
4.8 <i>Analyses statistiques</i>	51

RÉSULTATS.....	53
<i>Article 2.....</i>	<i>53</i>
5.1 <i>Supplément aux résultats.....</i>	<i>70</i>
5.1.1 Résultats atypiques	70
5.1.2 Sévérité de la fibromyalgie.....	72
5.1.3 Fréquence cardiaque maximale et fréquence cardiaque au seuil anaérobie ventilatoire.....	72
DISCUSSION.....	75
6.1 <i>Retombées anticipées pour la pratique.....</i>	<i>79</i>
6.2 <i>Forces et limites de l'étude.....</i>	<i>80</i>
6.3 <i>Recommandations pour des recherches futures.....</i>	<i>80</i>
CONCLUSION	82
LISTE DES RÉFÉRENCES	83
ANNEXE A : APPROBATION ET RENOUVELLEMENT DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE EN SANTÉ CHEZ L'HUMAIN DU CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE SHERBROOKE	91

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Calcul du volume d'oxygène de réserve et fréquence cardiaque de réserve.....13

Tableau 2 Calcul de la fréquence cardiaque maximale selon différentes formules.....73

Tableaux de l'article 1

Table 1 *CRF, protocol and VO_{2peak} criteria of the studies showing a significantly lower CRF between participants with FM and control group or normative values*27

Table 2 *CRF, protocol and VO_{2peak} criteria of the studies showing no difference in CRF between participants with FM and a control group*32

Table 3 *Difference in VO_{2peak} and VO_{2VAT} of the studies showing lower CRF between participants with FM and control group or normative values*33

Tableaux de l'article 2

Table 1 *Participant's characteristics (n=12)*62

Table 2 *Cardiorespiratory fitness variables, rate of perceived exertion, pain and kinesiophobia at evaluation (n=12) and re-evaluation (n=12), at rest, peak response and/or ventilatory anaerobic threshold*.....64

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Graphique typique de la VO ₂ selon le temps pendant l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2)	71
Figure 2 Graphique atypique de la VO ₂ selon le temps pendant l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2)	71
Figure 3 Graphique atypique de la VO ₂ selon le temps pendant l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2)	72
Figures de l'article 1	
Figure 1 Selection Diagram	22

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACSM	American College of Sports Medicine
AT	Anaerobic Threshold
ATP	Adénosine triphosphate
BDI-II	BECK Depression Inventory-II
BMI	Body Mass Index
BP	Blood Pressure
CdRV	Centre de recherche sur le vieillissement
CHUS	Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
CIDN	Contrôles inhibiteurs diffus nociceptifs
CIUSSS	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux
CoQ10	Coenzymes Q10
CRCHUS	Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
CRF	Cardiorespiratory Fitness
ECG	Électrocardiogramme Electrocardiogram
EKT-CF	Échelle de kinésiophobie de Tampa – canadienne-française
EM/SFC	Encéphalomyélite myalgique/ Syndrome de fatigue chronique
ÉRIPRIT	Équipe de recherche interdisciplinaire sur la prévention et la réduction de l'incapacité au travail
FC	Fréquence cardiaque
FCR	Fréquence cardiaque de réserve
FIQR	Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire
FM	Fibromyalgie Fibromyalgia
FRQS	Fonds de recherche du Québec-Santé
HHS	Hypothalamo-hypophyso-surrénalien
HR	Heart Rate
IMC	Indice de masse corporelle
IPAQ	International Physical Activity Questionnaire
IPAQ-SALVCF	International Physical Activity Questionnaire - Self-administered Long Version in Canadian French
Kg	Kilogramme
ME/CFS	Myalgic Encephalomyelitis/ Chronic Fatigue Syndrome
MET	Metabolic Equivalent of Task
mph	Miles per hour
ml	Millilitre
O ₂	Oxygène/ Oxygen
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PAR-Q+	Physical Activity Readiness Questionnaire
QRIF	Questionnaire révisé sur l'impact de la fibromyalgie
RER	Ratio d'échange respiratoire/ Respiratory Exchange Ratio

RPE	Rate of Perceived Exertion
SNA	Système nerveux autonome
SNC	Système nerveux central
TSK-CF	Tampa Scale of Kinesiophobia – Canadian French
VAT	Ventilatory Anaerobic Threshold
VCO ₂	Carbon dioxide production
VE/VO ₂	Ventilatory equivalents for oxygen
VE/VCO ₂	Ventilatory equivalents for carbon dioxide
VO ₂	Oxygen uptake
VO _{2crête}	Volume d'oxygène crête
VO _{2peak}	Peak oxygen uptake
VO _{2R}	Volume d'oxygène de réserve
VO _{2SAV}	Volume d'oxygène au seuil anaérobie ventilatoire
VO _{2VAT}	Oxygen uptake at ventilatory anaerobic threshold

Aux personnes atteintes de fibromyalgie

REMERCIEMENTS

Ce mémoire de maîtrise a été possible grâce à la contribution et au soutien d'un grand nombre d'acteurs. Tout d'abord merci à toutes les participantes qui ont participé à ce projet de recherche. Votre participation et votre désir de faire avancer la recherche sur la fibromyalgie ont permis la réalisation de ce projet de recherche. Merci à l'Association de fibromyalgie de l'Estrie, la Clinique universitaire de réadaptation de l'Estrie et le Centre de recherche sur le vieillissement, pour votre généreuse contribution dans le processus de recrutement des participantes.

Un merci tout spécial à mes directeurs de recherche, Pre. Nathaly Gaudreault et Pr. Pierre Boulay, pour votre soutien, votre patience et votre disponibilité et toute ma gratitude pour le partage de vos connaissances, souvent complémentaires, qui ont permis la réalisation de ce projet de recherche et de ce mémoire.

Merci également à Dr Tessier qui a effectué les évaluations médicales de chacune des participantes et merci à Josiane Gauthier et Katherine Boisvert-Vigneault pour votre assistance au cours des tests d'effort cardiorespiratoires.

Merci à Dr Mampuya et Dr Arsenault, pour votre précieuse collaboration à ce projet de recherche.

Merci à Djamal Berbiche, statisticien sénior, pour ta disponibilité pour répondre à mes questions, et ton sourire toujours présent.

Ce projet de recherche a également été possible grâce au financement par l'*Équipe de Recherche Interdisciplinaire sur la Prévention et la Réduction de l'Incapacité au Travail* (ÉRIPRIT), une équipe financée par le *Fonds de recherche du Québec-Santé* (FRQS) et une bourse d'étude du FRQS. Cet appui financier m'a permis de poursuivre mon parcours académique et de contribuer à l'avancement des connaissances sur la fibromyalgie.

INTRODUCTION

La fibromyalgie (FM) est un syndrome dont le diagnostic est basé sur les symptômes et qui est caractérisé par une douleur généralisée, de la fatigue et un sommeil non réparateur. Au Canada, sa prévalence est de 1,7% de la population âgée de 12 ans et plus avec un ratio d'environ huit femmes pour deux hommes (Statistique Canada, 2015). Cette condition peut toucher les enfants tout comme les personnes âgées, mais le plus souvent ce sont les femmes entre 40 et 59 ans qui en sont affectées (Rusu, Gee, Lagace, & Parlor, 2015). Le fardeau économique, en coûts directs et indirects, est considérable. Au Canada, les coûts directs sont estimés à plus de 425 millions annuellement (Lachaine, Beauchemin, & Landry, 2010). Au Québec, les coûts directs sont de plus de 4 000\$ par personne FM, par année, et les coûts indirects sont estimés à environ 10 000\$ par année par personne atteinte de FM (Penrod et al., 2004). Aux États-Unis, lors d'une étude récente, 55,8% des personnes atteintes de FM et âgées de moins de 65 ans se disaient incapable de travailler à cause de problèmes de santé et 30,2% ont reçu de l'invalidité au courant de la dernière année (Walitt, Nahin, Katz, Bergman, & Wolfe, 2015).

Bien que la cause de la FM soit encore inconnue, des facteurs génétiques, ainsi que des événements traumatiques antérieurs, pourraient contribuer à l'apparition de la fibromyalgie (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013). Selon les données actuelles, la douleur associée à la FM serait attribuable à un mauvais fonctionnement de la modulation de la douleur, soit par une hyperexcitabilité du système nerveux central et/ou un déficit des mécanismes d'inhibition de la douleur (Bellato et al., 2012; M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013; M.-A. Fitzcharles, Ste-Marie, & Pereira, 2013; Julien, Goffaux, Arsenault, & Marchand, 2005).

L'objectif principal des traitements non pharmaceutiques est d'améliorer l'auto-efficacité dans la gestion de la condition des patients et d'optimiser leur capacité fonctionnelle (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013). En facilitant l'inhibition des influx nociceptifs, l'activité physique et l'exercice contribueraient à gérer les symptômes

et à maintenir ou améliorer les capacités fonctionnelles des personnes atteintes de FM (M.-A. Fitzcharles, P. A. Ste-Marie, et al., 2013). L'activité physique et l'exercice sont préconisés et souvent au cœur des recommandations thérapeutiques (American College of Sports Medicine, 2014; M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013). Il est cependant important de distinguer le terme activité physique et exercice deux concepts très interreliés. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) définit l'activité physique comme « *tout mouvement corporel produit par les muscles qui requièrent une dépense d'énergie – ce qui comprend les mouvements effectués en travaillant, en jouant, en accomplissant les tâches ménagères, en se déplaçant et pendant les activités de loisirs* » (Organisation mondiale de la Santé, Juin 2016). L'exercice pour sa part est une sous-catégorie de l'activité physique. L'exercice comporte des mouvements plus structurés et répétitifs visant à améliorer ou à entretenir un ou plusieurs aspects de la condition physique (Organisation mondiale de la Santé, Juin 2016).

Bien que de façon générale, l'activité et l'exercice physique procurent des bienfaits, il est souvent difficile pour la personne atteinte de FM et pour les intervenants dans le domaine de la réadaptation physique de déterminer l'intensité de l'activité ou de l'exercice physique qui ne causera pas de recrudescence des symptômes, tout en optimisant les capacités fonctionnelles. Une recrudescence des symptômes risque d'affecter négativement l'auto-efficacité et par conséquent compromettre la participation à des activités physiques ou à un programme de réadaptation (Jones, Clark, & Bennett, 2002) causant ou aggravant encore le déconditionnement et la perte de capacités fonctionnelles de ces personnes. De plus, l'abandon du programme de réadaptation empêchera la progression du patient sur un continuum de maintien ou retour au travail, pouvant contribuer aux coûts directs et indirects d'invalidité.

La douleur et la fatigue sont souvent les principaux symptômes exacerbés durant ou suivant des exercices (Mengshoel, Vollestad, & Forre, 1995; Torgrimson-Ojerio et al., 2014). Des facteurs neurophysiologiques pourraient contribuer à l'aggravation de ces symptômes. De plus, différents facteurs pourraient augmenter le niveau de fatigue tels que de faibles capacités cardiorespiratoires, des difficultés à reproduire les mesures

physiologiques cardiorespiratoires lors de tests d'effort maximal et la prescription d'activités ou d'exercices physiques effectués au-dessus du seuil anaérobie (Svedahl & MacIntosh, 2003; Tzvetkov, Bonov, & Dasheva, 2008). Or, les études sur les capacités cardiorespiratoires des personnes atteintes de FM sont contradictoires, démontrant ou non une diminution du volume d'oxygène au seuil anaérobie ventilatoire (VO_{2SAV}) et/ou du volume d'oxygène crête ($VO_{2crête}$) en comparaison avec des normes ou un groupe contrôle (Bachasson et al., 2013; Bardal, Olsen, Ettema, & Mork, 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Dinler et al., 2007; Gomez-Cabello et al., 2015; Hsieh, Chien, Chuang, & Bai, 2010; Lund, Kendall, Janerot-Sjoberg, & Bengtsson, 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard, Buelow, Mehlsen, & Danneskiold-Samsoe, 1994; Sanudo & Galiano, 2009; Soriano-Maldonado, Ortega, & Munguia-Izquierdo, 2014; Valim et al., 2002). Ceci pourrait expliquer les différences entre certaines lignes directrices (American College of Sports Medicine, 2014; M. A. Fitzcharles et al., 2013). Il importe donc de faire la lumière sur cette question. De plus, aucune étude n'a évalué la capacité de récupération, c'est-à-dire la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires de cette population, suite à l'exécution d'exercices aérobies ou d'un test d'effort maximal. Une meilleure connaissance des capacités cardiorespiratoires et de la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires des personnes affectées par la FM, pourraient fournir d'importants éléments lors de la prescription d'activités fonctionnelles (activités de la vie quotidienne et domestique ainsi que de loisirs et du travail incluant le bénévolat) et d'exercices aérobies à raison de deux à quatre fois par semaine telle que recommandé par les lignes directrices (American College of Sports Medicine, 2014; Eich et al., 2012). Ceci est également vrai lors d'évaluations des capacités fonctionnelles relatives aux activités quotidiennes incluant le travail. Cette étude vise donc à décrire certaines des composantes clés de la condition cardiorespiratoire à l'effort de femmes atteintes de FM ainsi que leur capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires lors de tests d'effort maximal.

RECENSION DES ÉCRITS

La recension des écrits inclut tout d'abord une section sur la douleur, suivi d'une section sur la FM. La première section débute par une brève description de la modulation de la douleur. La deuxième section inclut: 1) une description générale de l'étiologie et la pathogenèse de la fibromyalgie; 2) un tableau clinique; 3) les critères diagnostiques; 4) les lignes directrices canadiennes et de *l'American College of Sports Medicine (ACSM)* sur la prise en charge de la fibromyalgie; et 5) une synthèse des écrits sur les capacités cardiorespiratoires et la capacité de récupération, c'est-à-dire sur la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires d'adultes atteints de FM. En général et plus particulièrement en ce qui concerne les lignes directrices, une attention particulière sera portée sur la réactivation qui touche plus spécifiquement les exercices aérobies, les activités fonctionnelles et les capacités cardiorespiratoires.

2.1 La douleur

Cette section inclut une brève description de la modulation de la douleur avant d'aborder l'étiologie et la pathogenèse de la fibromyalgie.

2.1.1 Les mécanismes endogènes de la modulation de la douleur

La douleur est modulée à tous les niveaux du système nerveux central (Marchand, 2008). Cette modulation peut augmenter la douleur par une augmentation des afférences nociceptives ou diminuer la douleur en inhibant l'excitabilité centrale (Marchand, 2008). Les mécanismes endogènes de modulation de la douleur peuvent agir au niveau de la moelle épinière (mécanismes spinaux), du tronc cérébral et des centres supérieurs du système nerveux central (Marchand, 2008). Ces mécanismes peuvent être localisés et/ou diffus. Les mécanismes spinaux occasionnent un effet localisé, ceux du tronc cérébral produisent un effet diffus, tandis que les mécanismes des centres supérieurs du système nerveux central (SNC) peuvent être diffus ou locaux (Marchand, 2008, 2009). Un dysfonctionnement de ces

différents mécanismes serait impliqué chez la population atteinte de FM. Une description des différents dysfonctionnements sera abordée dans la prochaine section.

2.2 La fibromyalgie

2.2.1 Étiologie et pathogénèse

L'étiologie de la FM n'est pas encore élucidée. Plusieurs facteurs pourraient contribuer à ce syndrome. Les sections suivantes présentent différents mécanismes et facteurs pouvant aider à mieux comprendre cette condition. Celles-ci sont abordées de façon générale et avec une emphase sur le système cardiorespiratoire, lorsqu'indiqué.

Mécanismes spinaux

Au niveau des mécanismes spinaux, nous retrouvons la sommation temporelle aussi appelée « wind-up ». Ce mécanisme impliquerait une augmentation de l'excitabilité des neurones de la moelle épinière causant ainsi chez les personnes atteintes de FM, une augmentation excessive de la perception de l'intensité de la douleur, à la suite de stimuli douloureux subséquents (Bellato et al., 2012). L'activation des cellules gliales jouerait également un rôle dans la pathogénèse de la fibromyalgie. Les cellules gliales sont impliquées dans la modulation des signaux douloureux au niveau de la moelle épinière (Watkins, Milligan, & Maier, 2003). Lorsqu'elles sont activées par les signaux douloureux, les cellules gliales sécrètent différentes molécules qui contribuent à la stimulation et la prolongation de l'hyperexcitabilité de la moelle épinière (Bellato et al., 2012; Watkins et al., 2003). En somme, ces mécanismes spinaux contribuent à une augmentation de la perception de l'intensité de la douleur (Bellato et al., 2012), pouvant affecter la qualité du sommeil et causer une augmentation du niveau de fatigue. En général, la douleur et la fatigue auront un impact sur la tolérance à l'effort et la participation à des activités physiques.

Le tronc cérébral et les mécanismes descendants

Les contrôles inhibiteurs diffus des influx nociceptifs (CIDN) renvoient au concept qu'une douleur intense peut minimiser ou inhiber la douleur ressentie dans une autre région corporelle en activant les voies descendantes (Talbot, Duncan, & Bushnell, 1989). Une stimulation douloureuse engendre un flux d'information nociceptive aux centres supérieurs,

causant un envoi des afférences vers le tronc cérébral, qui inhibe la douleur au niveau de la corne dorsale causant ainsi une inhibition diffuse de la douleur via les voies descendantes (Le Bars, Dickenson, & Besson, 1979). La norépinéphrine, la sérotonine et les opiacés tels que les endorphines sont impliqués dans les mécanismes descendants de la modulation de la douleur (Kelly, Ahmad, & Brull, 2001). Les personnes atteintes de FM auraient un déficit de ces systèmes endogènes inhibiteurs contribuant ainsi à leur perception accrue de la douleur (Julien et al., 2005).

Les centres supérieurs du système nerveux central

Les centres supérieurs du système nerveux central (SNC) exercent un rôle crucial dans la modulation de la douleur. Cette modulation de la douleur est affectée chez les personnes atteintes de FM (Bradley, 2009). L'effet placebo et nocebo, l'hypnose et la relaxation sont des moyens affectant les mécanismes modulateurs de la douleur en provenance des centres supérieurs. L'activité physique, incluant l'exercice, est une autre composante impliquée dans les mécanismes de la modulation de la douleur des centres supérieurs (Koltyn, Brellenthin, Cook, Sehgal, & Hillard, 2014; Vaegter, Handberg, Jorgensen, Kinly, & Graven-Nielsen, 2015). Toutefois, bien que l'exercice aérobie chez les personnes en santé cause une hypoalgésie, souvent appelée analgésie ou hypoalgésie induite par l'exercice, la réponse peut être différente chez les personnes atteintes de douleur chronique. Chez cette population, l'exercice peut causer une hypoalgésie ou hyperalgésie (Naugle, Fillingim, & Riley, 2012). Ce qui est le cas chez les personnes atteintes de FM. Toutefois, Naugle et al. (2012) émettent l'hypothèse que l'effet analgésique de l'exercice peut seulement être élicité à une intensité basse à modérée, mais que des études supplémentaires sont nécessaires afin de pouvoir confirmer cette hypothèse.

Système nerveux autonome

Le système nerveux autonome (SNA) comprend une partie afférente pour transmettre l'information sensorielle et une partie efférente motrice. La partie efférente motrice inclut le système sympathique et parasympathique. Certaines des fonctions du système nerveux sympathique sont de dilater les bronches, accélérer le rythme cardiaque et respiratoire et augmenter la pression artérielle. À l'inverse, le système nerveux parasympathique induit un

ralentissement du rythme cardiaque et respiratoire et une diminution de la pression artérielle. Des études se sont penchées sur la corrélation entre la pression artérielle et la douleur chez les personnes atteintes de FM. Toutefois les résultats sont controversés. Des études ont démontré une corrélation inverse entre ces deux aspects (Reyes Del Paso, Garrido, Pulgar, Martin-Vazquez, & Duschek, 2010). Une autre étude n'a pas démontré de corrélation inverse entre la pression artérielle et la douleur (Reyes del Paso, Garrido, Pulgar, & Duschek, 2011).

Système neuroendocrinien

L'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien (HHS) est un élément majeur du système neuroendocrinien. Celui-ci contrôle la réaction au stress et régularise plusieurs aspects, dont le système digestif, le système immunitaire, l'humeur, les émotions, la sexualité ainsi que l'entreposage et la dépense énergétique. Les personnes atteintes de FM présenteraient des dysfonctionnements neuroendocriniens de l'axe HHS (Crofford et al., 1994; Griep et al., 1998; McBeth et al., 2007). Ces dysfonctions pourraient avoir un effet sur le niveau énergétique des personnes aux prises avec cette condition (Doerr, Fischer, Nater, & Strahler, 2017) et causer une augmentation de l'intensité de la douleur et du niveau de fatigue (Tak et al., 2011). Par conséquent, l'amplification de ces symptômes pourrait avoir un impact sur la tolérance à l'effort et la participation à des activités physiques.

Neurotransmetteurs, sommeil et psychologie

Plusieurs neurotransmetteurs auraient également un rôle à jouer dans la pathogenèse de la FM. Une diminution du niveau de sérotonine, impliqué dans la modulation des signaux de douleur ainsi que dans la régulation de l'humeur et du sommeil, pourrait avoir un impact sur les difficultés de sommeil, la réparation des microtraumas musculaires et les symptômes de dépression (Bellato et al., 2012). Une étude rapporte des taux de cortisol significativement moindre chez les femmes atteintes de FM ($n = 29$; âge = 52.1 ± 8.9), que chez un groupe témoin de femmes sédentaires en santé, appariées pour l'âge ($n = 29$; âge = 52.7 ± 8.4). Ceci principalement au levé, mais également en fin d'après-midi, avant et après le souper et durant la soirée, mais pas avant de se coucher (Riva, Mork, Westgaard, Ro, & Lundberg, 2010). Les niveaux d'hormones de croissance ont tendance à être élevés durant le jour et réduits la nuit (Bellato et al., 2012). Ceci possiblement à cause d'une diminution de la phase 4 du sommeil

(Besteiro Gonzalez et al., 2011), phase durant laquelle les hormones de croissance sont sécrétées (Jones, Deodhar, Lorentzen, Bennett, & Deodhar, 2007), et de taux élevés de somatostatine, un inhibiteur de l'hormone de croissance (Bellato et al., 2012). D'autres neurotransmetteurs influenceraient les symptômes de la FM, tels que la norépinephrine, la dopamine, la substance P, les endorphines et la métenképhalines (Bellato et al., 2012). Sur le plan psychologique, un désordre de l'humeur et/ou de l'anxiété serait souvent associé à la FM (Epstein et al., 1999). De plus, les personnes atteintes de FM qui sont physiquement inactives ont un taux plus élevé de dépression modérée à sévère en comparaison avec les personnes FM physiquement actives (Andrade, Steffens, Vilarino, Siczowska, & Coimbra, 2017). De plus, la dépression occasionne une réduction du niveau d'activités physiques contribuant ainsi à un cercle vicieux entre l'inactivité et la dépression (Andrade et al., 2017; Craft, Perna, Freund, & Culpepper, 2008). Toutefois, puisque l'exercice aérobie semble avoir un impact positif sur la dépression et l'anxiété, il est donc important de développer les connaissances sur les capacités cardiorespiratoires de personnes atteintes de FM (Hauser et al., 2010; Vural et al., 2014).

Mitochondrie

La mitochondrie est présente dans la plupart des cellules et joue un rôle important dans le métabolisme énergétique cellulaire. Des dysfonctions de la mitochondrie peuvent causer de la fatigue, de la douleur musculaire induite par l'exercice, de l'intolérance à l'exercice, etc. (Nardin & Johns, 2001). Chez les personnes atteintes de FM, des études démontrent un dysfonctionnement de la mitochondrie dans différents tissus (Cordero, De Miguel, et al., 2010; Cordero, Moreno-Fernandez, et al., 2010; Gerdle et al., 2013; Sánchez-Domínguez et al., 2015). Par exemple, les niveaux de CoQ10 étaient significativement inférieurs, variant de 40% à 67% selon les études, chez les participants avec un diagnostic de FM en comparaison avec un groupe témoin (Cordero, De Miguel, et al., 2010; Cordero, Moreno-Fernandez, et al., 2010). D'autres dysfonctions mitochondriales ont également été notées (Cordero, De Miguel, et al., 2010; Cordero, Moreno-Fernandez, et al., 2010; Gerdle et al., 2013; Sánchez-Domínguez et al., 2015). L'étude de Cordero, DeMiguel, et al. (2010) dénote une diminution significative d'environ 36% de la membrane mitochondriale des cellules mononucléaires sanguines, en comparant avec un groupe témoin. Les auteurs

mentionnent également que “*CoQ deficiency, mitochondrial dysfunction, and cell bioenergetics alteration could also explain the low muscular and aerobic capacity observed in some groups of FM patients*” (Cordero, De Miguel, et al., 2010). De plus, selon l'étude de Cordero, Moreno-Fernandez, et al. (2010) la masse des mitochondries des participantes atteintes de FM était plus petite que dans le groupe témoin. Selon les résultats de cette étude de cas, une carence en CoQ10, un stress oxydatif et une dysfonction de la mitochondrie ont été observés dans plusieurs tissus de personnes atteintes de FM (Cordero, Moreno-Fernandez, et al., 2010).

Finalement, les résultats de l'étude de Gerdle et al. (2013) démontrent une concentration significativement plus faible de l'adénosine triphosphate (ATP) et de la phosphocréatine (28–29% inférieure) chez les participantes atteintes de FM (Gerdle et al., 2013). Toutefois, il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes concernant la quantité de phosphate inorganique, du ratio phosphate inorganique sur la phosphocréatine, ou du pH (Gerdle et al., 2013). Selon ces résultats, une concentration élevée d'ATP et de PCr est associée avec une capacité physique élevée au test sous-maximal sur ergocycle. Une corrélation positive entre les capacités physiques des membres supérieurs et inférieurs et la concentration d'ATP et phosphocréatine a également été notée. Toutefois, les résultats ne démontrent pas de corrélation entre l'intensité de la douleur et les deux substances. Par contre une corrélation positive existe entre la perception de la sensibilité à la douleur mesurée à l'aide du « *Pain Sensitivity Questionnaire* ». Les auteurs expliquent la concentration significativement plus faible d'ATP et de phosphocréatine chez les participantes atteintes de FM par le fait que des études rapportent une altération du contenu et de la fonction de la mitochondrie avec l'inactivité. Toutefois, selon Gerdle et al. (2013) une étude par Cordero et al. (2010) rapporte une dysfonction des mitochondries dans les cellules mononucléaires du sang, ce qui pourrait expliquer leurs résultats.

Cependant, puisque ce ne sont pas toutes les personnes affectées par la FM qui présentent ce type de dysfonctions, Alcocer- Gómez et al. (2015) rapporte que certains auteurs ont donc émis l'hypothèse de sous-groupes de FM présentant des dysfonctions de la mitochondrie (Alcocer-Gómez et al., 2015). Finalement, le rôle de l'exercice pour rétablir

les dysfonctions de la mitochondrie chez les personnes atteintes de FM n'a pas fait partie de projets de recherche et est donc une avenue intéressante pour des recherches futures.

Génétique

Un autre élément important est la génétique. La transmission de la FM serait probablement polygénique, impliquant des gènes liés : au transport de la sérotonine et caractérisé par un polymorphisme; au catéchol-O-méthyltransférase; au récepteur de la dopamine D4; et aux antigènes des leucocytes humains (Ablin & Buskila, 2015).

2.2.2 Tableau clinique

La fibromyalgie est un syndrome dont le diagnostic est basé sur les symptômes et non sur des tests de laboratoire. La douleur est le symptôme central de la FM suivi par la fatigue : *« La présence de la fatigue, déclarée par plus de 90 % des patients aux prises avec la FM, constitue le symptôme accompagnateur le plus courant. Pour certains, la fatigue peut même être plus invalidante que la douleur et entraîne une perception subjective des perturbations des capacités fonctionnelles »* (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013).

Les autres symptômes faisant partie des critères diagnostiques de la FM sont: un sommeil non réparateur; des symptômes cognitifs; des maux de tête; de la douleur ou des crampes au niveau de la partie inférieure de l'abdomen et des symptômes de dépression (F. Wolfe et al., 2016). En plus de ces symptômes, d'autres symptômes sont souvent associés à la fibromyalgie. Par exemple, l'anxiété, *« le syndrome du côlon irritable, les migraines, les douleurs menstruelles intenses, les infections des voies urinaires, la douleur myofasciale et la douleur de l'articulation temporo-mandibulaire...»* (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013). La sévérité des symptômes de la FM et l'atteinte des capacités fonctionnelles peuvent différer d'une personne à l'autre et varier dans le temps (M. A. Fitzcharles et al., 2013).

Le point 2.2.4 et 2.2.5 brossent un tableau des capacités cardiorespiratoires de personnes atteintes de FM.

2.2.3 Les critères diagnostiques

En 1990, le Collège américain de rhumatologie adoptait des critères diagnostiques de la fibromyalgie basés sur 18 points gâchettes. Selon ces critères diagnostiques, la personne devait avoir un minimum de 11 points sur 18, en plus d'une douleur présente dans les cinq régions suivantes : 1) en haut de la taille; 2) en bas de la taille; 3) à droite; 4) à gauche; et 5) dans la région axiale. La douleur généralisée devait avoir été présente pour une durée d'au moins trois mois et la présence d'un deuxième désordre clinique n'excluait pas le diagnostic de FM (F. Wolfe et al., 1990).

Les nouveaux critères diagnostiques de 2010 ne se basaient plus sur ces 18 points gâchettes, mais plutôt sur 19 sections corporelles douloureuses. Ces 19 sections corporelles composaient l'échelle de l'index des douleurs diffuses (M. A. Fitzcharles et al., 2012). De plus, les critères diagnostiques de la fibromyalgie prenaient en considération des symptômes autres que la douleur, soit la fatigue, un problème de concentration ou de mémoire, un sommeil non réparateur, une douleur ou des crampes intestinales, des symptômes de dépression et/ou mal de tête (F. Wolfe et al., 2010). Ces symptômes composaient l'échelle de sévérité des symptômes de la fibromyalgie (M. A. Fitzcharles et al., 2012).

Les critères diagnostiques de 2010 ont été modifiés en 2011, permettant ainsi son utilisation pour des études de prévalence et d'autres types d'études en éliminant les obstacles imposés par l'obligation d'un examen médical (Frederick Wolfe et al., 2011). Ces critères diagnostiques reposent donc entièrement sur l'auto-évaluation des patients (Frederick Wolfe et al., 2011). Toutefois, les auteurs ont émis un avis que ces critères diagnostiques devaient être considérés seulement dans le cadre de la recherche et non pour émettre un diagnostic clinique (F. Wolfe et al., 2016). De plus, la révision des critères diagnostiques de 2010, a permis d'ajouter l'élément du score de la sévérité de la FM « du terme *fibromyalgia severity score* ». Ce score, qui est la somme de l'index de douleur diffuse et de l'échelle de sévérité des symptômes, permettait, avant 2016, d'évaluer de façon quantitative la sévérité des symptômes de la fibromyalgie (F. Wolfe et al., 2016).

En décembre 2016, Wolfe et al. publiait un article intitulé : *2016 Revisions to the 2010/2011 fibromyalgia diagnostic criteria*, recommandant de regrouper les 19 régions douloureuses en cinq régions, soit les quatre quadrants et l'axe central. Ceci afin de minimiser les risques d'erreur de classification de personnes présentant des syndromes de douleur fonctionnelles localisées, et ainsi inclure le concept de douleur diffuse (F. Wolfe et al., 2016). Avec cette modification, le total des échelles pour répondre aux critères diagnostiques a dû être révisé. Précédemment, l'un des critères était d'avoir un score de 3-6 sur l'échelle de l'index des douleurs diffuses et un score ≥ 9 sur l'échelle de sévérité des symptômes. Ce critère a dû être modifié de la façon suivante : avoir un score de 4-6 sur l'échelle de l'index des douleurs diffuses et un score ≥ 9 sur l'échelle de sévérité des symptômes. Ceci puisque la douleur doit être présente dans au moins quatre des cinq régions corporelles. Finalement, une version des critères diagnostiques a été élaborée, mais avec deux façons de l'administrer : l'une pour des fins cliniques par le médecin, afin de pouvoir émettre un diagnostic clinique, et l'autre sous forme d'auto-évaluation pour être utilisée en recherche (F. Wolfe et al., 2016).

2.2.4 Les lignes directrices canadiennes et de l'*American College of Sports Medicine* sur la prise en charge de la fibromyalgie

2.2.4.1 Les lignes directrices canadiennes

Les lignes directrices canadiennes (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013) préconisent une approche individualisée au patient. Cette approche comporte un aspect non pharmaceutique et peut également inclure un aspect pharmaceutique. Au niveau de l'approche non pharmaceutique, l'activité physique est souvent le premier élément recommandé et est une composante importante d'un programme de réadaptation.

Les lignes directrices canadiennes précisent aussi que l'activité aérobie supervisée aurait un effet appréciable sur la capacité fonctionnelle physique et les symptômes de la FM (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013). De plus, « *dans la mesure du possible, on devrait encourager les personnes atteintes de fibromyalgie à mener une vie normale, par la répartition ou l'augmentation progressive des activités, en vue de conserver ou d'améliorer la capacité fonctionnelle* » (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013).

Plus spécifiquement, les lignes directrices canadiennes recommandent que :

« *Les personnes qui souffrent de fibromyalgie devraient participer à un programme d'activité physique adapté de leur choix, afin de retirer les bienfaits globaux pour la santé et les répercussions possibles sur les symptômes de fibromyalgie.* » (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013)

2.2.4.2 Les lignes directrices de l'ACSM

En matière d'exercice, les lignes directrices de l'ACSM, recommandent de faire des exercices aérobies en débutant avec une fréquence de 2-3 jours par semaine et progressant à 3-4 jours par semaine. Ceci en commençant à une intensité $\leq 30\%$ du volume d'oxygène de réserve (VO_2R) ou de la fréquence cardiaque de réserve (FCR) (tableau 1). Par la suite, progresser à une intensité allant jusqu'à 60% ($<60\%$) du VO_2R ou de la FCR. La durée des exercices aérobies devrait débuter avec des incréments de 10 minutes jusqu'à un total d'au moins 30 minutes par entraînement et progresser jusqu'à 60 minutes par entraînement. Le type d'exercices devrait être à un niveau d'impact léger tel que des exercices en piscine/natation, de la randonnée en vélo et/ou de la marche. Au niveau des activités fonctionnelles (ex.: marcher, monter les escaliers, danser), l'ACSM recommande le maintien d'activités fonctionnelles, pour permettre le maintien d'activité physique d'une intensité légère à modérée, ceci même lorsque la personne atteinte de FM est symptomatique (American College of Sports Medicine, 2014).

Tableau 1.

Calcul du volume d'oxygène de réserve et fréquence cardiaque de réserve

$VO_2R \text{ cible} = [(VO_{2\max/crête} - VO_{2\text{repos}}) \times \% \text{ intensité désirée}] + VO_{2\text{repos}}$
$FCR \text{ cible} = [(FC_{\max/crête} - FC_{\text{repos}}) \times \% \text{ intensité désirée}] + FC_{\text{repos}}$

Légende : VO_2R = volume d'oxygène de réserve; FCR= fréquence cardiaque de réserve; FC = Fréquence cardiaque
 Référence : (American College of Sports Medicine, 2014)

Concernant les capacités cardiorespiratoires des personnes atteintes de FM, les lignes directrices canadiennes indiquent que :

« En dépit du fait que les patients aux prises avec la FM rapportent une capacité fonctionnelle amoindrie, on a trouvé que leur capacité cardiorespiratoire était similaire à celle des témoins, portant à penser que les personnes souffrant de FM surestiment leur perception de l'effort [191]. » (M.-A. Fitzcharles, Peter A. Ste-Marie, et al., 2013).

La référence à la fin de cette citation est une étude faite par Nielens et al. (2000). Ce projet de recherche a utilisé un test sous-maximal sur ergocycle, un moniteur cardiaque, l'échelle de Borg (CR-10) pour mesurer la perception de la difficulté à l'effort et une échelle visuelle analogue de 10 centimètres pour mesurer l'intensité de la douleur. Les échanges gazeux n'ont pas été mesurés. L'arrêt du test avait lieu lorsque les participantes atteignaient 65% de leur fréquence cardiaque de réserve. Puisqu'il s'agit d'un test sous-maximal, il faut donc extrapoler les résultats afin d'obtenir la capacité aérobie maximale. Les résultats de ce projet de recherche indiquent que la condition cardiorespiratoire des participantes atteintes de FM (n=30; âge : 46,9±7,8) n'est pas significativement différente de celle du groupe contrôle (n=67; âge : 45,1±7,7 ans).

Les lignes directrices de l'ACSM indiquent pour leur part que la capacité aérobie des personnes atteintes de FM est réduite :

« Individuals with fibromyalgia have reduced aerobic capacity...as well as overall reductions in physical activity, functional performance (e.g.: walking, stair climbing), and physical fitness. » (American College of Sports Medicine, 2014).

Les recommandations des lignes directrices canadiennes sur l'activité physique et les exercices aérobies, sont donc plus générales que celles de l'ACSM. De plus, il y a une controverse entre ces deux lignes directrices sur les capacités cardiorespiratoires des personnes atteintes de FM.

2.2.5 Les capacités cardiorespiratoires et la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires d'adultes atteints de fibromyalgie

Cette section de la recension des écrits est présentée sous forme d'article. La capacité de récupération est définie comme étant la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires.

Article 1

Review of cardiorespiratory fitness among adults with fibromyalgia

Auteurs de l'article: Lucie Bouvrette Leblanc, Nathaly Gaudreault, Pierre Boulay.

Statut de l'article: L'article a été soumis au journal *Rheumatology International* (Bouvrette LeBlanc, L., Boulay P., Gaudreault, N. (2017). Review of cardiorespiratory fitness among adults with fibromyalgia. *Rheumatol Int.*).

Avant-propos : L'article consiste en une revue narrative des écrits portant sur les capacités cardiorespiratoires des personnes atteintes de fibromyalgie. La contribution de l'étudiante à cet article inclut l'élaboration de la liste des mots clés à partir des concepts pertinents, l'élaboration de la stratégie de recherche documentaire, la lecture et le triage des titres et des abrégés ainsi que la sélection et la synthèse des écrits en lien avec la problématique de recherche. L'équipe de direction a accompagné l'étudiante tout au long de ces étapes, afin de la guider dans son cheminement. La permission d'intégrer l'article au mémoire a été obtenue par les codirecteurs.

RÉSUMÉ

Contexte : Une meilleure compréhension de la condition cardiorespiratoire des adultes atteints de fibromyalgie (FM) pourrait aider à optimiser les recommandations sur les activités physiques et minimiser le taux d'abandon des programmes d'exercices et de réadaptation, pour ainsi promouvoir le maintien ou l'amélioration de l'autonomie des activités de la vie quotidienne, loisir et travail.

Méthodes : Une revue narrative structurée des écrits a été réalisée. Une recherche de données informatisées a été effectuée en utilisant des mots clés et des « *MeSH terms* » ou « *CINHAL headings* », dans différentes bases de données électroniques. Afin d'être incluses, les études devaient répondre à un ensemble de critères *a priori* d'inclusion et d'exclusion.

Résultats : La recherche dans les bases de données a engendré un total de 1546 articles et après un processus de sélection, 18 articles ont été retenus pour révision. De ces articles sélectionnés, douze études ont démontré une condition cardiorespiratoire plus basse chez les femmes atteintes de FM, lesquelles ont utilisé un test d'épreuve cardiorespiratoire maximal (ergocycle ou tapis roulant). Les six autres études n'ont pas démontré une réduction de la condition cardiorespiratoire chez les femmes atteintes de FM. Ces six études ont toutes utilisé un ergocycle et trois ont utilisé un test d'épreuve sous-maximal pour estimer la condition cardiorespiratoire.

Conclusion : Les études sur la condition cardiorespiratoire des femmes atteintes de FM révèlent des résultats contradictoires. L'hétérogénéité des devis de recherche, de la sévérité des symptômes et des protocoles d'évaluation pourrait partiellement expliquer ces résultats contradictoires.

ABSTRACT

Background. A better understanding of cardiorespiratory fitness (CRF) among adults with fibromyalgia (FM) could help to optimize physical activity recommendations and minimize exercise and rehabilitation program dropout rates, thereby promoting maintenance or improvement of independence with activities of daily living, leisure and work.

Methods. A narrative structured literature review was conducted. An electronic document search using key words, and MeSH terms or CINHALL headings, was performed with various electronic databases. Studies were included if they met a set of *a priori* inclusion and exclusion criteria.

Results. The database search yielded 1546 articles and following the screening process, 18 articles were retained for this review. Of these selected articles, twelve studies showed lower CRF in women with FM, which used a maximal exercise test protocol (cycle ergometer or treadmill). The remaining six studies did not demonstrate a lower CRF in women with FM. Of those six studies, all used a cycle ergometer and three used a submaximal exercise test protocol to estimate CRF.

Conclusion. Studies on CRF among women with FM reveal conflicting results. The heterogeneity of the study design, symptom severity and the assessment protocol might partly explain these conflicting results.

Original Title

Review of cardiorespiratory fitness among adults with fibromyalgia

Journal

Rheumatology International

Authors

Lucie Bouvrette LeBlanc^{a,b}, Pierre Boulay^{a,c}, Nathaly Gaudreault^{a,d}.

^a Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada

^b Hôpital Charles-Le Moyne Research Centre

^c Research Centre on Aging CIUSSSS - CHUS

^d Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke

Acknowledgements

The authors would like to thank the Équipe de Recherche Interdisciplinaire sur la Prévention et la Réduction de l'Incapacité au Travail (ÉRIPRIT), a team financed by the Fonds de recherche du Québec-Santé (FRQS), for its financial support. Lucie Bouvrette LeBlanc received a salary bursary from the ÉRIPRIT and the FRQS.

INTRODUCTION

Fibromyalgia (FM) is characterized by widespread pain, fatigue and non-restorative sleep. In the United States, the prevalence of FM is roughly 2% of the adult population, with a ratio of approximately 7 women to 3 men (Lawrence et al., 2008; Walitt et al., 2015). The main goal of the non-pharmacological approach is to improve self-efficacy and optimize functional capacity. Therefore, guidelines for FM recommend a multidisciplinary approach where prescription of exercises and functional activities represent a significant part of the rehabilitation (American College of Sports Medicine, 2014; Eich et al., 2012; M. A. Fitzcharles et al., 2013).

Although, physical activities may help in the management of symptoms and optimization of functional capacities, it can also cause an increase in symptoms, potentially contributing to attrition from exercise programs (Busch, Schachter, Overend, Peloso, & Barber, 2008; Jones et al., 2002). Furthermore, an increase in symptoms might negatively affect self-management of the condition and subsequently result in a negative impact on the level of participation in physical activities including exercise. This might cause deconditioning and lead to a decline in functional capacities. Furthermore, attrition from an exercise or rehabilitation program would prevent progression toward maintenance or a return to work, which, in turn, might affect direct and indirect costs, particularly work-related costs.

One symptom that might be exacerbated during and/or a few days after exercise is fatigue. The cardiorespiratory fitness (CRF) level and capacity to recover post-exercise can contribute to an increase in fatigue. However, the results on CRF seem to be controversial and might explain the differences observed between practice guidelines (American College of Sports Medicine, 2014; M. A. Fitzcharles et al., 2013). A better understanding of CRF among adults with FM could assist in exercise prescription, minimize dropout rates from exercise/rehabilitation programs and promote independence with activities of daily living, leisure and work.

METHODS

Search strategy

To provide an overview of the research conducted on this topic, a structured narrative literature review was performed using the following electronic databases: CINHAL, SCOPUS, Medline and PubMed. Google Scholar was used for the review of grey literature. Reference lists of articles included in the review were screened to identify relevant publications that might have been missed in the electronic database search. Articles published from January 1990 to January 2015 were retrieved and two updates were carried out to include papers up to February 2017. MeSH terms or CINHAL headings and key words were used to identify relevant studies.

The selection of articles was based on the following inclusion criteria: 1) articles in English or French; 2) adults with FM; 3) diagnostic criteria based on American College of Rheumatology criteria from 1990 or 2010 (Frederick Wolfe et al., 2011; F. Wolfe et al., 1990); 4) CRF outcomes including aerobic capacity; and 5) comparison group (control group or normative values). The exclusion criteria included case reports and studies on FM-related diagnoses, such as myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome (ME/CFS) and chronic pain.

Study Selection

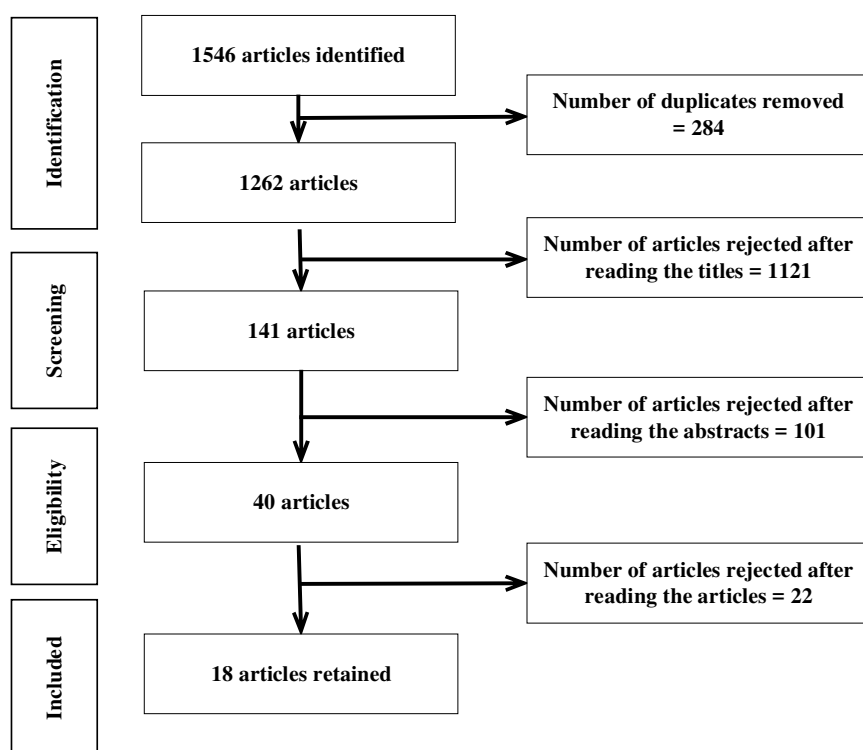
General and specific information were collected from all the relevant articles. To ensure uniformity of the procedure, one reviewer (LBL) used a template to retrieve information on the authors, year of publication, study location, study populations and comparators (i.e., normative values vs control group), aims of the study, protocols used to evaluate CRF, CRF outcome measures and the main conclusions to be retained. In cases of data selection uncertainty, two other reviewers (NG, PB) were consulted and disagreements were resolved through consensus.

Findings were synthesized and organized into four key issues: 1) cardiorespiratory fitness level; 2) maximal vs submaximal testing protocol; 3) cycling vs treadmill testing protocol; and 4) fibromyalgia severity level. The CRF level was divided into two categories: 1A) studies showing a significantly lower CRF in participants with FM vs a control group or normative values; and 1B) studies not showing a significant reduction in CRF in participants with FM vs a control group.

RESULTS

Based on the inclusion and exclusion criteria, 1546 articles were retrieved from the databases and grey literature. Out of those 1546 articles, 284 duplicates were removed, 1121 articles were rejected after reading the title and 101 after reading the abstract. Eighteen articles were retained after reading the articles (Figure 1). These studies are summarized in Table 1, 2 and 3.

Figure 1
Selection Diagram



Cardiorespiratory fitness level

Studies showing a significantly lower cardiorespiratory fitness in participants with FM

Of the 18 articles retained, twelve studies showed a lower CRF in women with FM (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Dinler et al., 2007; Gomez-Cabello et al., 2015; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard et al., 1994; Sanudo & Galiano, 2009; A. Soriano-Maldonado et al., 2014; Valim et al., 2002) compared to a control group or normative values (Table 1 and 3). These studies were published between 1994 and 2015 and used a maximal exercise test protocol on either a cycle ergometer (n=7) or treadmill (n=5).

Altogether, the twelve studies showed that participants with FM have a significantly lower VO_{2peak} compared to a control group or were at or below the 35th percentile compared to normative values. Two studies compared their results to normative values instead of a control group without FM (Sanudo & Galiano, 2009; A. Soriano-Maldonado et al., 2014). The study by Sanudo and Galiano (2009) evaluated two groups of participants with FM: a severely affected group (n=16) and moderately affected group (n=16), on two separate occasions, approximately one week apart. The Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQ) was used to classify the participants (moderately affected and severely affected participants), using a cut-off point of 54 on the total FIQ score (<54 vs \geq 54). According to the authors' results, the average VO_{2peak} of the severely affected participants were significantly lower than the moderately affected participants for both tests (T1 and T2) (See Table 1). When compared to American College of Sports Medicine (ACSM) normative values, the average VO_{2peak} of the moderately affected participants were at the 35th percentile, whereas the severely affected participants were under the 10th percentile. For its part, the study by Soriano-Maldonado et al. (2014) reported an average VO_{2peak} below the 10th percentile for an American population of the same sex and age.

Out of the twelve studies, four studies (Bardal et al., 2013; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; Valim et al., 2002) looked at oxygen uptake at the ventilatory anaerobic threshold (VO_{2VAT}) between the FM and control group, and one study (Sanudo & Galiano, 2009) looked at VO_{2VAT} between severely and moderately affected participants with FM. The four studies

showed a significantly lower VO_{2VAT} in the FM group compared to the control group (Bardal et al., 2013; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; Valim et al., 2002) and the other study showed a significant difference in VO_{2VAT} between severely and moderately affected participants at T2 only (Sanudo & Galiano, 2009).

More specifically, seven studies (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard et al., 1994) used a maximal exercise protocol on a cycle ergometer. The study by Bachasson et al. (2013) showed a significantly lower VO_{2peak} ($p < 0.01$) in the FM group ($n=11$) compared to the healthy sedentary age-, sex- and body mass index (BMI)-matched control group ($n=11$) (FM: 23.7 ± 2.7 ; control: 36.1 ± 6.3 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$). No data on VO_{2VAT} were reported. A second study by Bardal et al. (2013) compared the FM group ($n=12$; except for VO_{2peak} values, $n=11$) to a healthy sex- and age-matched control group ($n=12$). VO_{2peak} and VO_{2VAT} were significantly lower in the FM group than in the control group as reported in L $O_2 \cdot \text{min}^{-1}$ only (VO_{2peak} : 1.7 ± 0.3 ; 2.2 ± 0.5 L $O_2 \cdot \text{min}^{-1}$; $p = 0.007$) (VO_{2VAT} : 1.3 ± 0.3 ; 1.7 ± 0.4 L $O_2 \cdot \text{min}^{-1}$; $p = 0.011$). da Cunha Ribeiro et al. (2011) also reported significantly lower VO_{2peak} in FM participants compared to a sex-, age- and BMI-matched healthy control group (FM: 22 ± 1 vs control: 32 ± 2 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; $p < 0.01$). The forth study, by Hsieh et al. (2010), recruited 31 Chinese women with FM, as well as 31 gender-, body weight-, daily activity level- and exercise habit-matched healthy women for the control group. The VO_{2peak} and VO_{2VAT} values for the FM group were: 18.6 ± 3.7 and 10.7 ± 2.3 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; and for the control group: 21.0 ± 3.2 and 13.1 ± 2.9 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, presenting a significant difference between both groups (VO_{2peak} : $p = 0.009$; VO_{2VAT} : $p = 0.001$). The authors mentioned that eight women with FM and 25 women from the control group met the maximal oxygen uptake (VO_{2max}) criterion. The research study by McIver et al. (2006) selected eight women with FM and eight healthy controls matched for age and exercise training status. There was no significant difference in BMI between the groups. Criteria for achievement of VO_{2peak} were listed and all the participants met at least two of the four criteria. VO_{2peak} was 16.9 ± 1.32 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ for the FM group and 21.5 ± 1.44 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ for the control group, with a significant difference between both groups ($p = 0.035$). Lund et al. (2003) recruited nine women for the FM group and nine matched women

for the control group, with similar age, height and weight and did not include any trained athletes. The median and range of $\text{VO}_{2\text{peak}}$ for the FM group was 24 (21-39) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ and 36 (28-46) for the control group with a significant difference between both groups ($p < 0.01$). The ventilator anaerobic threshold was reached at the lower absolute and relative work level in the FM group compared to the control group, with a $\text{VO}_{2\text{peak}}$ median and range of 17 (11-24) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ for the FM group and 27 (20-34) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ for the control group with a p -value of <0.001 between both groups. Lastly, Norregaard et al. (1994) also used a maximal exercise protocol on a cycle ergometer, but without measuring gas exchange. Therefore, the $\text{VO}_{2\text{max}}$ was estimated using the following formula: $\text{VO}_{2\text{max}} (\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) = 3.5 + (\text{maximal performance [W]} \times 13 / \text{weight [kg]})$. Using the median maximal workload obtained, the equivalent oxygen uptake was 22 $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (20-27) for the FM group and 30 $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (25-31) for the control group ($p = 0.012$).

The last five studies (Dinler et al., 2007; Gomez-Cabello et al., 2015; Sanudo & Galiano, 2009; A. Soriano-Maldonado et al., 2014; Valim et al., 2002) (Table 1) used a maximal exercise test on a treadmill instead of a cycle ergometer. The first study (Gomez-Cabello et al., 2015) included 28 women with FM and 22 age-matched women without FM for the control group. There was no significant difference between both groups for height but there was a significant difference for BMI (FM: 28.6 ± 6.5 vs control: $23.5 \pm 28.6 \text{ kg/m}^2$; $p = 0.001$). $\text{VO}_{2\text{peak}}$ was significantly lower in the FM group than the control group (FM: 21.4 ± 4.9 vs control: $28.8 \pm 5.4 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; $p < 0.001$). In the second study (A. Soriano-Maldonado et al., 2014), 31 women with FM were included in cardiorespiratory data analysis. There was no control group. $\text{VO}_{2\text{peak}}$ was $19.5 \pm 3.4 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Compared to normative values, the findings indicated that CRF was severely impaired with an average $\text{VO}_{2\text{peak}}$ below the 10th percentile compared to American women of the same age (Wang et al., 2010). As mentioned previously, the study by Sanudo and Galiano (2009), compared 2 groups of women with FM: a moderately affected group and a severely affected group. Each group included 16 women between the age of 42 and 63 years. The authors compared physiological parameters such as $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and $\text{VO}_{2\text{VAT}}$ between the moderately and severely affected participants during the first trial (T1) and between the two groups during the second trial (T2) approximately one week apart. $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and $\text{VO}_{2\text{VAT}}$ at T1 were 26.17 ± 3.62 and

20.28 ± 2.70 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹ for the moderately affected participants and 22.13 ± 2.50 and 19.21 ± 2.22 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹ for the severely affected participants, with a respective *p*-value of <0.001 for VO_{2peak} and 0.163 for VO_{2VAT}. Therefore, there was no significant difference in VO_{2VAT} between both groups at T1. At T2, VO_{2peak} and VO_{2VAT} were 23.59 ± 2.83 and 20.29 ± 3.04 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹ for the moderately affected group and 20.89 ± 1.62 and 18.55 ± 1.67 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹ for the severely affected group, with a significant difference in VO_{2peak} (*p* = <0.001) and VO_{2VAT} (*p* = 0.019) between both groups. Therefore, there was a significant difference in VO_{2VAT} between both groups at T2 but not at T1. Furthermore, 63% of participants in the moderately affected group and 40% in the severely affected group achieved the VO_{2max} criterion. The fourth study (Dinler et al., 2007) using a maximal exercise protocol on a treadmill, showed a lower peak oxygen uptake by an average of 21.2% in the FM group (n=18; VO_{2peak} = 22.66 ± 3.18 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹) compared to the control group (n=15; 27.46 ± 4.68 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹; *p* = 0.001). The last study by Valim et al. (2002) compared 50 women with FM to 50 healthy sedentary women matched for age, weight and BMI. The results showed a significantly lower VO_{2peak} and VO_{2VAT} in FM group (VO_{2peak}: 25.64 ± 5.21 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹; VO_{2VAT}: 16.35 ± 2.94 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹) compared to the control group (VO_{2peak}: 30.77 ± 5.56 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹; VO_{2VAT}: 18.74 ± 3.86 ml O₂·min⁻¹·kg⁻¹) (VO_{2peak} *p*-value = 0.000001; VO_{2VAT} *p*-value = 0.001).

Table 1. CRF, protocol and VO_{2peak} criteria of the studies showing a significantly lower CRF between participants with FM and control group or normative values

Authors	Control Group			FM Group			Protocol				VO _{2peak} criteria	
	n Age (years)	VO _{2peak} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	VO _{2VAT} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	n Age (years)	VO _{2peak} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	VO _{2VAT} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	Maximal	Submaximal	Treadmill	Cycle ergometer		Testing protocol
Bachasson et al. 2013	11 women Age: 48±8	36.1±6.3	---	11 women Age: 44±9	23.7±2.7	---	X			X	FM: 15W for 2 min. followed by 2-min. increments of 15W Control: 30W for 2 min. followed by 2-min. increments of 25W	N
Bardal et al. 2013	12 women Age: 54.3±9.7	2.2±0.5 L/min	1.7±0.4 L/min	12 women Age: 53.9±8.0	1.7±0.3 L/min n=11 because one participant became unwell	1.3±0.3 L/min n=12	X			X	Increase in workload of 15W/min	Y Meeting 1 of 3 criteria
da Cunha Ribeiro et al. 2011	14 women Age: 41±4	32±2	---	14 women Age: 46±3	22±1	---	X			X	Modified Balke treadmill	Y According to a reference – criteria not written in the text
Hsieh et al. 2010	31 women Age: 44.7±6.2	21.0±3.2	13.1±2.9	31 women Age: 42.4±9.1	18.6±3.7	10.7±2.3	X			X	Began at 0W with increments of 10-15 W/min.	Criteria for maximum effort (met at least 2 of 4 criteria)
McIver et al. 2006	8 women Age: 52.2±2.16	21.5±1.44	---	8 women Age: 53.1±3.51	16.9±1.32	---	X			X	Incremental exercise test stages with increased workload of 20W. 1. First 2 stages = 3 min. 2. Subsequent stages = 1 min.	Y Met at least 2 of 4 criteria
Lund et al. 2003	9 women Age: 45 (25-59)	36 (28-46)	27 (20-34)	9 women Age: 45 (34-52)	24 (21-39)	17 (11-24)	X			X	First 2 stages = 6 min. each (20 and 40W (n=2) or 30 and 60W) Followed by increments of 10-20W/min	N
Norregaard et al. 1994	15 women Age: 50 (46-54)	30 (25-31)	---	15 women Age: 49 (44-54)	22 (20-27)	---	X			X	Began at 40W Increments every 3 min. Following those steps: 70W; 100W; 130W; 150W; 170W; 190W	Used a formula to estimate VO _{2max}

Note: Data are expressed in mean ± standard deviation or median (range); n = sample size; L/min = liters per minute; W = watts; min. = minutes; RPE = Rate of perceived exertion; VAS = Visual analogue scale: Y= yes; N = no; N/A= non-applicable

Table 1. CRF, protocol and VO_{2peak} criteria of the studies showing a significantly lower CRF between participants with FM and control group or normative values

Authors	Control Group			FM Group			Protocol			VO _{2peak} criteria
	n Age (years)	VO _{2peak} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	VO _{2VAT} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	n Age (years)	VO _{2peak} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	VO _{2VAT} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	Maximal Submaximal Treadmill Cycle ergometer	Testing protocol	Criteria were explicitly defined	
Gomez-Cabello et al. 2015	22 women Age: 53.1±7.4	28.8±5.4	---	28 women Age: 51.1±8.4	21.4±4.9	---	X	X	Fernhall et al. walking protocol: 1. Began at 3.2 km/h 2. Increase of 0.8 km/h every 3 min. until participants started to run 3. Increased the slope 4% every min.	N
Soriano-Maldonado et al. 2014	N/A	---	---	31 women Age: 48.3±7.8	19.5±3.4 Compare to normative values among US adults	---	X	X	Warm-up before testing: 3 min at 2.5 km/h. 1. 6 increments of 3 min each 2. Began at 2.5 km/h with an increase of 2.5 km/h every 3 min, up to 7.5 km/h. 3. Followed by a 2.5% slope increase every 3 min. up to 7.5% 4. Maintained 7.5 km/h with 7.5% slope until exhaustion	N
Sanudo & Galiano 2009	---	---	---	32 women 16 per group Age: Group 1: 54.12±5.9 4 Group 2: 55.38±7.3 7	Group 1 – moderately affected Trial 1: 26.17±3.62 Trial 2: 23.59±2.83 Group 2 - Severely affected Trial 1: 22.13±2.50 Trial 2: 20.89±1.62	Group 1 – moderately affected Trial 1: 20.28±2.70 Trial 2: 20.29±3.04 Group 2 - Severely affected Trial 1: 19.21±2.22 Trial 2: 18.55±1.67	X	X	Modified Bruce protocol	Y Met 2 of 3 criteria
Dinler et al. 2007	15 women Age: 27±5	27.46±4.6 8	---	18 women Age: 28±4	22.66±3.18	---	X	X	Standard Bruce multistage maximal treadmill protocol.	N
Valim et al. 2002	50 women Age: 41.35±8.49	30.77±5.5 6	18.74±3.8 6	50 women Age: 41.2±9.43	25.64±5.21	16.35±2.94	X	X	1) Warm-up = 3 min. at 3 km/h; 2) Increments of 1 km/h every minute up to 7 km/h; 3) Followed by an increase in the slope of a 2.5%, up to 15%. Stopped at participant's request due to dyspnea, pain or muscle fatigue	N Mentioned a maximum test value based on maximum estimated heart rate for their age

Note: Data are expressed in mean ± standard deviation or median (range); n = sample size; km/h = kilometer per hour; min. = minutes; Y= yes; N = no; N/A= non-applicable

Studies not showing a significant reduction in cardiorespiratory fitness in participants with FM

Six studies did not demonstrate a lower CRF in women with FM when compared to matched control participants (Mengshoel et al., 1995; Nielens, Boisset, & Masquelier, 2000; J. Norregaard, Bulow, Lykkegaard, Mehlsen, & Danneskiold-Samsoe, 1997; Sener et al., 2013; Simms et al., 1994; Vincent, Whipple, Low, Joyner, & Hoskin, 2016). These studies were published between 1994 and 2016 and all used a cycle ergometer to evaluate CRF. Three studies used a submaximal exercise test protocol (Mengshoel et al., 1995; Nielens et al., 2000; Sener et al., 2013) and three studies used a maximal exercise test protocol (J. Norregaard et al., 1997; Simms et al., 1994; Vincent et al., 2016). None of the studies evaluated VO_{2VAT} . Therefore, the fact that these studies did not demonstrate a significantly lower CRF is based solely on VO_{2peak} .

The study by Vincent et al. (2016) recruited 30 women with FM (age: 47.0 ± 10.4 ; BMI: 25.8 ± 4.6) and 30 healthy pain- and fatigue-free women (age: 41.1 ± 8.4 ; BMI: 26.0 ± 4.0). There was no significant difference in BMI between both groups but there was a significant difference between both groups with regard to age ($p = 0.019$). Therefore they included age as a covariate in all consecutive analysis (Vincent et al., 2016). The maximal testing protocol on the cycle ergometer was not explained in detail, only that the workload was increased in increments until participants achieved VO_{2max} or exhaustion. There was no significant difference between the VO_{2peak} of the FM group and the control group (FM: 23.5 ± 5.2 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; control: 28.3 ± 6.9 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; adjusted for age, $p = 0.07$). However, it is mentioned that more participants with FM than participants from the control group were excluded from the test because of comorbidities. It is not clear how many participants from each group completed the maximal exercise test. Lastly, the average FIQR total score was 43, which is considered a moderate level of FM severity.

One of the purposes of the study by Senner et al. (2013) was to investigate the maximal aerobic capacity of women with FM ($n=39$). The results were compared to a control group of 40 BMI-matched healthy women. There was no significant difference in age between both groups. Participants VO_{2max} was estimated using a submaximal exercise

protocol (Astrand) on a computerized cycle ergometer (Monark). Results did not show a significant difference in VO_{2max} between the FM group ($40.2 \pm 10.3 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) and the control group ($37.3 \pm 8.4 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$), with a p -value above 0.05 (p -value = 0.627).

The study by Nielens et al. (2000) also used a submaximal cycle ergometer test. This study compared the CRF of 30 women with FM to a control group of 67 age-matched healthy women. They used a graded multistage test, starting at 25 watts (W) with increments of 25 W every three or four 2-minute stage. The test was stopped when the participant's HR reaches 65% of the HR reserve ($HR_{65\%}$) using the Karvonen formula. Based on the calculation, their results showed no significant difference (p -value = 0.08) between the FM group ($1.52 \pm 0.42 \text{ PWC}_{65\%/kg}$) and the control group ($1.67 \pm 0.39 \text{ PWC}_{65\%/kg}$).

The third study to use a submaximal testing protocol on a cycle ergometer employed the Astrand's method of indirect measurement to estimate the maximum oxygen uptake (Mengshoel et al., 1995). The FM group included 37 (age: 34 (21-42); median (range)) women and the control group included 20 healthy sedentary women (age: 31 (22-44); median (range)). The results showed no significant difference in estimated VO_{2max} between the FM group ($28 (25-33) \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) and the control group ($31 (24-33) \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) (p -value = 0.8).

The last two studies (J. Norregaard et al., 1997; Simms et al., 1994), one by Norregaard et al. (1997) and the other by Simms et al. (1994), used a maximal exercise test on a cycle ergometer. The first study included a control group as part of the overall study, but the control group was not part of the CRF evaluation. One hundred and twenty-six women with FM participated to this CRF testing. The median age of the FM group was slightly lower than 47, ranging from 39 to 54. The testing protocol did not include gas exchange. The results were estimated using a formula. Therefore, the corresponding maximal performance was 21 (16-25) $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. However, the median maximal heart rate was only 63% (44%-90%) of the predicted maximal heart rate ($220 - \text{age}$). Considering the expected maximal heart rate, the estimated maximal aerobic capacity (VO_{2max}) would have been 30 (24-39) $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. This estimated VO_{2max} corresponds to the normative values of "normal"

sedentary subjects of the same age (J. Norregaard et al., 1997). The other study by Simms et al. (1994) included thirteen FM women and thirteen “normal” sedentary women. There was no significant difference in terms of age, height and weight between the groups. Continuous monitoring of gas analysis was included as part of the measurements. The results of the $\text{VO}_{2\text{peak}}$ between the FM group ($29.7 \pm 8.1 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) and the control group ($32.1 \pm 7.2 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) did show a significant difference (p -value = 0.43).

Table 2. CRF, protocol and VO_{2peak} criteria of the studies showing no difference in CRF between participants with FM and a control group

Authors	Control Group			FM Group			Protocol			VO _{2peak} criteria	
	n Age (years)	VO _{2peak} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	VO _{2VAT} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	n Age (years)	VO _{2peak} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	VO _{2VAT} ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	Maximal	Submaximal	Treadmill Cycle ergometer		Testing protocol
Vincent et al. 2016	30 women Age: 41.1±8.4	28.3±6.9	---	30 women Age: 47.0±10.4	23.5±5.2	---	X		X	Increased increments until participants achieved a VO _{2max} or were too tired.	Y for adequate effort (RER >1) N for VO _{2peak}
Sener et al. 2013	40 women Age: 38.3±8.4	37.3±8.4	---	39 women Age: 42±10.3	40.2±10.3	---		X	X	Astrand test protocol	N/A
Nielens et al. 2000	67 women Age: 45.1 ± 7.7	PWC65%/kg (W/kg) (Mean±SD) 1.67±0.39	---	30 women Age: 46.9 ± 7.8	PWC65%/kg (W/kg) (Mean±SD) 1.52±0.42	---		X	X	Began at 25W with an increase of 25W in each 3 or 4 2-min. stages. Stopped the test at 65% of HRR	N/A
Mengshoel et al. 1995	20 women Age: 31 (22-44)	31 (24-33)	---	37 women Age: 34 (21-42)	28 (25-33)	---		X	X	6 min. at a constant rate within 350-600 kpm at a pedaling rate of 50 RPM.	N/A
Norregaard et al. 1997	126 women Age: 53 (36-68)	Did not evaluate the CRF	---	181 women Age: 47 (39-54)	126 patients performed the ergometer test. Maximal performance: Estimated 21 (16-25) VO _{2max} : Estimated if patients would have reached max HR 30 (24-39)	---	X		X	1. Began at 25-50W (mostly 25W but 30-50 W in some participants) 2. Stepwise increments every 3 min. until exhaustion.	Used a formula to calculate VO _{2max}
Simms et al. 1994	13 women Age: 34.2±10.8	32.1±7.2	---	13 women Age: 39.9±5.5	29.7±8.1	---	X		X	1. Began at 0W for 1 min. 2. Subsequently by 1 min. stages of 15W until volitional exhaustion.	N

Note: Data are expressed in mean ± standard deviation or median (range); n = sample size; PWC = Physical Working Capacity; W/kg = Watt per kilogram; SD = standard deviation; HR = Heart rate; HRR = Heart rate reserved; kpm = kilopond- meter; RPM: Revolutions per minute; W = Watt; min. = minute

Table 3. Difference in VO_{2peak} and VO_{2VAT} of the studies showing lower CRF between participants with FM and control group or normative values

Authors	VO _{2peak}	VO _{2VAT}	Gas analysis	Comment
Bachasson et al. 2013	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> < 0.01)	N/A	Y	
Bardal et al. 2013	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.007)	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.011)	Y	
da Cunha Ribeiro et al. 2011	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> < 0.01)	N/A	Y	
Hsieh et al. 2010	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.009)	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.001)	Y	
McIver et al. 2006	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.035)	N/A	Y	
Lund et al. 2003	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> < 0.01)	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> < 0.001)	Y	
Norregaard et al. 1994	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.012)	Lactate threshold of 2 mmol·L ⁻¹ corresponded to a WL of 62 W (39-76) at a HR 124 min ⁻¹ (115-132) in participants with FM compared to a WL 83 W (70-102) at a HR 140 min ⁻¹ (128-146) in the controls (<i>p</i> =0.02).	N	A lactate concentration of 2 mmol L ⁻¹ was designated to indicate the AT. Linear interpolation was used to calculate the corresponding HR and WL. They observed an AT at a lower HR in participants with FM.
Gomez-Cabello et al. 2015	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> < 0.001)	N/A	Y	
Soriano-Maldonado et al. 2014	Below the 10 th percentile compared to normative values of the American population - same sex and age	N/A	Y	No control group. VO _{2peak} results are being compared to normative values.
Sanudo & Galiano 2009	Significantly lower in severely affected than moderately affected group, at T1 and T2 (<i>p</i> < 0.001 at T1 and T2)	Significantly lower in severely affected than moderately affected group, only at T2 (<i>p</i> = 0.163 at T1 and 0.019 at T2)	Y	Two cardiopulmonary evaluations separated by approximately one week. Compared two groups of participants with FM: moderately and severely affected participants - determined by the results of the FIQ. No non-FM control group.
Dinler et al. 2007	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.001)	N/A	Y	
Valim et al. 2002	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> = 0.000001)	Significantly lower in FM group than control group (<i>p</i> < 0.001)	Y	

Data from Table 1 were used for *p*-values; WL = Workload; W = Watts; HR = Heart Rate; Min = Minute; AT = Anaerobic Threshold; FIQ = Fibromyalgia Impact Questionnaire

Maximal vs submaximal testing protocol

Fifteen studies (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Dinler et al., 2007; Gomez-Cabello et al., 2015; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard et al., 1994; J. Norregaard et al., 1997; Sanudo & Galiano, 2009; Simms et al., 1994; A. Soriano-Maldonado et al., 2014; Valim et al., 2002; Vincent et al., 2016) used a maximal exercise test protocol and only three (Mengshoel et al., 1995; Nielens et al., 2000; Sener et al., 2013) used a submaximal testing protocol. None of the studies showing a lower CRF among women with FM, used a submaximal exercise test protocol. Therefore, three of the six studies showing no difference in CRF among women with FM when compared to a control group, used a submaximal exercise test protocol.

Cycle ergometer vs treadmill testing protocol

Thirteen out of the 18 studies (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; Mengshoel et al., 1995; Nielens et al., 2000; J Norregaard et al., 1994; J. Norregaard et al., 1997; Sener et al., 2013; Simms et al., 1994; Vincent et al., 2016) used a cycle ergometer to evaluate CRF. All the studies showing no difference in CRF among women with FM used a cycle ergometer, and seven out of the twelve studies showing a lower CRF among women with FM used a cycle ergometer (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard et al., 1994).

Fibromyalgia severity level

Sanudo and Galiano (2009) compared the results of the participants' maximal oxygen uptake to the ACSM (1998) normative values and reported that the participants in the moderately affected group scored in the 35th percentile compared to the severely affected participants who were under the 10th percentile. These authors also reported that the CRF of FM participants is different based on FM severity. Furthermore, the study by Valim et al. (2002) reported that participants with CRF level below average (weak and very weak) presented the worse results with the FIQ.

DISCUSSION

To our knowledge, this is the first review focusing on CRF in adults with FM and we found conflicting results in the current literature. Although most of the studies (12 out of 18) pointed towards a lower CRF for adults with FM, caution must be taken before drawing such a conclusion.

Firstly, attention should be given to the heterogeneity of the methods used to evaluate CRF. Twelve studies (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Dinler et al., 2007; Gomez-Cabello et al., 2015; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard et al., 1994; Sanudo & Galiano, 2009; A. Soriano-Maldonado et al., 2014; Valim et al., 2002) showing that FM women have a lower CRF used a maximal exercise test protocol, whereas three (Mengshoel et al., 1995; Nielens et al., 2000; Sener et al., 2013) out of the six studies (Mengshoel et al., 1995; Nielens et al., 2000; J. Norregaard et al., 1997; Sener et al., 2013; Simms et al., 1994; Vincent et al., 2016) that did not demonstrate a lower CRF in women with FM used a submaximal exercise test protocol. Using a maximal exercise test provides a better estimate of VO_{2max} (American College of Sports Medicine, 2014). This might partly explain these conflicting results.

Secondly, all studies (n=6) (Mengshoel et al., 1995; Nielens et al., 2000; J. Norregaard et al., 1997; Sener et al., 2013; Simms et al., 1994; Vincent et al., 2016) that did not demonstrate a lower CRF for FM participants used a cycle ergometer protocols, whereas cycle ergometers (n=7) (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard et al., 1994) and treadmills (n=5) (Dinler et al., 2007; Gomez-Cabello et al., 2015; Sanudo & Galiano, 2009; A. Soriano-Maldonado et al., 2014; Valim et al., 2002) were used in studies that concluded on lower CRF. Using a treadmill in a FM population might represent a more natural type of movement, one that is more representative of daily activities and requires less muscle strength of the lower extremities than using the ergometer (Balady et al., 2010).

Moreover, certain issues regarding the clinical profile of the participants warrant consideration. The study by Sanudo and Galiano (2009) concluded that the aerobic capacity of patients with FM differs depending on the severity of the disease assessed using the FIQ. Severely affected participants showed significant statistical differences in VO_{2peak} and VO_{2VAT} compared to moderately affected participants. Furthermore, the study by Valim et al. (2002) reported that participants with a physical fitness level below average presented the worse results with the FIQ. This inverse correlation between FM severity level and cardiorespiratory fitness may help to establish CRF sub-groups based on FM severity level to optimize activity and exercise prescription. Since an association between CRF and FM symptom severity was reported, the heterogeneity of the participants' clinical profile could be another explanatory factor for these conflicting results.

Looking at the results of the studies (Table 1 and 2), the two lowest mean VO_{2peak} in $ml\ O_2 \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$, from the FM groups were 16.9 ± 1.32 and 18.6 ± 3.7 . This represents a 4.8 and 5.3 metabolic equivalent of task (METs). It is also important to note that few studies provided data on VO_{2VAT} . However, the lowest mean VO_{2VAT} from the FM groups was 10.7 ± 2.3 (age: 42.4 ± 9.1), which represents 3.1 METs. It takes approximately 4.0 METs to push or pull a stroller with a child, to walk with children at a speed of 2.5 to 3.1 mph or to climb stairs at a slow pace; 5.0 METs to move or lift light loads; and 6.3 METs to climb a hill walking (Compendium of Physical Activities, December 2016). On average, those activities are above the ventilator anaerobic threshold of 3.1 METs, which might be difficult to maintain, since fatigue increases significantly when working above this threshold. Furthermore, it might be impossible for some of the participants to complete activities above their VO_{2peak} . Furthermore, the standard deviations imply that the VO_{2peak} and VO_{2VAT} measurements of some participants are even lower. Although, pain is an important symptom to consider in the management of FM, CRF is as important since it could have an important impact on functional status.

Finally, myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome (ME/SFC) is a condition with similarities to FM (Meeus, Nijs, Hermans, Goubert, & Calders, 2013). Some studies evaluated this population on two separate occasions, 24 hours apart (T1 and T2),

using a maximal cardiorespiratory test conducted on a cycle ergometer (Keller, Pryor, & Giloteaux, 2014; Snell, Stevens, Davenport, & Van Ness, 2013; Vanness, Snell, & Stevens, 2007; Vermeulen, Kurk, Visser, Sluiter, & Scholte, 2010). The study by VanNess et al. (2007) and Keller et al. (2014) showed significant decreases in VO_{2peak} from T1 to T2 (T1: 28.9 ± 8.0 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ vs T2: 20.5 ± 1.8 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.031$) (Vanness et al., 2007) (T1: 21.9 ± 4.75 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ vs T2: 18.6 ± 4.06 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.000$) (Keller et al., 2014) and VO_{2VAT} (T1: 18.0 ± 5.2 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ vs T2: 11.0 ± 3.4 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.021$) (Vanness et al., 2007) (T1: 12.2 ± 3.68 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ vs T2: 9.9 ± 2.89 ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.003$) (Keller et al., 2014). Sanudo and Galiano (2009) evaluated the CRF of participants with FM on two separate occasions, approximately one week apart. However, the purpose of their re-evaluation was not to assess the participants' ability to recover following a maximal exercise test protocol. Therefore, they did not evaluate if there was a significant difference (p -value) between T1 and T2, but rather between moderately and severely affected participants at T1 and at T2. None of the studies from the present literature review re-evaluated the CRF of the participants with FM the day after or a few days following the first evaluation to evaluate the participants' capacity to recover. This information would provide a better understanding of the ability to recover and a better understanding of the possible impact on their daily activities including work-related activities.

In light of this review, some recommendations are proposed for future studies to better understand CRF among FM participants. To minimize the heterogeneity of the participants, FM severity should be taken into consideration and the use the FIQR should be considered to evaluate the FM severity level. Also, when indicated, consideration should be given to using a maximal exercise test (VO_{2peak}) on a treadmill, which in our opinion, better reflects functional activities than a cycle ergometer. Criteria also need to be defined to determine if participants have reached a true VO_{2peak} . Finally, none of the studies evaluated capacity to recover following a maximal exercise test. Re-evaluating participants with FM 24 hours after an initial cardiorespiratory test, could provide further information on their capacity to recover, which could help to optimize physical activity recommendations and minimize dropout rates from exercise and rehabilitation programs. Therefore, promoting independence with activities of daily living, leisure and work.

LIMITATIONS

This literature review presents some limitations. Only articles published in French or English were accepted. Therefore, articles in other languages could present valuable information. Furthermore, limitations in the use of certain databases for the literature review could limit the finding of the articles.

CONCLUSION

Studies on CRF among women with FM reveal conflicting results. The heterogeneity of the study design, participant symptom severity and the assessment protocol used might partly explain these conflicting results. However, most of the studies showed a decrease in CRF in participants with FM compared to a control group or normative values. This decrease in CRF might have an important impact on participants' capacity to complete certain activities. Therefore, it is an important aspect to consider in the management of this condition.

REFERENCES

- American College of Sports Medicine. (2014) *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*: Philadelphia, PA : Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins. Ninth edition.
- Bachasson, D., Guinot, M., Wuyam, B., Favre-Juvin, A., Millet, G. Y., Levy, P., & Verges, S. (2013). Neuromuscular fatigue and exercise capacity in fibromyalgia syndrome. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 65(3), 432-440. doi:10.1002/acr.21845
- Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., . . . Milani, R. V. (2010). Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 122(2), 191-225. doi:10.1161/CIR.0b013e3181e52e69
- Bardal, E. M., Olsen, T. V., Ettema, G., & Mork, P. J. (2013). Metabolic rate, cardiac response, and aerobic capacity in fibromyalgia: a case-control study. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 42(5), 417-420. doi:10.3109/03009742.2013.767372
- Busch, A. J., Schachter, C. L., Overend, T. J., Peloso, P. M., & Barber, K. A. (2008). Exercise for fibromyalgia: a systematic review. *Journal of Rheumatology*, 35(6), 1130-1144.
- Compendium of Physical Activities. Retrieved from <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/home-activity>. (December, 2016)
- da Cunha Ribeiro, R., Roschel, H., Artioli, G., Dassouki, T., Perandini, L., Calich, A., . . . Gualano, B. (2011). Cardiac autonomic impairment and chronotropic incompetence in fibromyalgia. *Arthritis Res Ther*, 13(6), R190.

- Dinler, M., Kasikcioglu, E., Akin, A., Sayli, O., Aksoy, C., Oncel, A., & Berker, E. (2007). Exercise capacity and oxygen recovery half times of skeletal muscle in patients with fibromyalgia [2]. *Rheumatology International*, 27(3), 311-313.
- Eich, W., Hauser, W., Arnold, B., Jackel, W., Offenbacher, M., Petzke, F., . . . Henningsen, P. (2012). Fibromyalgia syndrome. Definition, classification, clinical diagnosis and prognosis. *Schmerz*, 26(3), 247-258. doi:10.1007/s00482-012-1169-x
- Fitzcharles, M. A., Ste-Marie, P. A., Goldenberg, D. L., Pereira, J. X., Abbey, S., Choinière, M., . . . Shir, Y. (2013). 2012 Canadian guidelines for the diagnosis and management of fibromyalgia syndrome: Executive summary. *Pain Research and Management*, 18(3), 119-126.
- Gomez-Cabello, A., Vicente-Rodriguez, G., Navarro-Vera, I., Martinez-Redondo, D., Diez-Sanchez, C., & Casajus, J. A. (2015). Influences of physical fitness on bone mass in women with fibromyalgia. *Adapt Phys Activ Q*, 32(2), 125-136. doi:10.1123/apaq.2014-0193
- Hsieh, L. F., Chien, H. L., Chuang, C. C., & Bai, C. H. (2010). Aerobic capacity is reduced in Chinese women with primary fibromyalgia syndrome. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 18(3), 216-225.
- Jones, K. D., Clark, S. R., & Bennett, R. M. (2002). Prescribing exercise for people with fibromyalgia. *AACN Clin Issues*, 13(2), 277-293.
- Keller, B. A., Pryor, J. L., & Giloteaux, L. (2014). Inability of myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome patients to reproduce VO_{2peak} indicates functional impairment. *J Transl Med*, 12, 104. doi:10.1186/1479-5876-12-104
- Lawrence, R. C., Felson, D. T., Helmick, C. G., Arnold, L. M., Choi, H., Deyo, R. A., . . . Wolfe, F. (2008). Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. *Arthritis Rheum*, 58(1), 26-35. doi:10.1002/art.23176
- Lund, E., Kendall, S. A., Janerot-Sjoberg, B., & Bengtsson, A. (2003). Muscle metabolism in fibromyalgia studied by P-31 magnetic resonance spectroscopy during aerobic and anaerobic exercise. *Scand J Rheumatol*, 32(3), 138-145.
- McIver, K. L., Evans, C., Kraus, R. M., Ispas, L., Sciotti, V. M., & Hickner, R. C. (2006). NO-mediated alterations in skeletal muscle nutritive blood flow and lactate metabolism in fibromyalgia. *Pain (03043959)*, 120(1-2), 161-169. doi:10.1016/j.pain.2005.10.032
- Meeus, M., Nijs, J., Hermans, L., Goubert, D., & Calders, P. (2013). The role of mitochondrial dysfunctions due to oxidative and nitrosative stress in the chronic pain or chronic fatigue syndromes and fibromyalgia patients: peripheral and central mechanisms as therapeutic targets? *Expert Opin Ther Targets*, 17(9), 1081-1089. doi:10.1517/14728222.2013.818657
- Mengshoel, A. M., Vollestad, N. K., & Forre, O. (1995). Pain and fatigue induced by exercise in fibromyalgia patients and sedentary healthy subjects. *Clinical & Experimental Rheumatology*, 13(4), 477-482.
- Nielens, H. M. D., Boisset, V. M. D., & Masquelier, E. M. D. (2000). Fitness and perceived exertion in patients with fibromyalgia syndrome. *Clinical Journal of Pain*, 16(3), 209-213.
- Norregaard, J., Buelow, P. M., Mehlsen, J., & Danneskiold-Samsoe, B. (1994). Biochemical changes in relation to a maximal exercise test in patients with fibromyalgia. *Clinical Physiology (Oxford)*, 14(2), 159-167.

- Norregaard, J., Bulow, P. M., Lykkegaard, J. J., Mehlsen, J., & Danneskiold-Samsoe, B. (1997). Muscle strength, working capacity and effort in patients with fibromyalgia. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 29(2), 97-102.
- Sanudo, B., & Galiano, D. (2009). Using cardiovascular parameters and symptom severity to prescribe physical activity in women with fibromyalgia. *Clinical & Experimental Rheumatology*, 27(5 Suppl 56), S62-66.
- Sener, U., Ucok, K., Ulasli, A. M., Genc, A., Karabacak, H., Coban, N. F., . . . Cevik, H. (2013). Evaluation of health-related physical fitness parameters and association analysis with depression, anxiety, and quality of life in patients with fibromyalgia. *International Journal of Rheumatic Diseases*. doi:10.1111/1756-185X.12237
- Simms, R. W., Roy, S. H., Hrovat, M., Anderson, J. J., Skrinar, G., Lepoole, S. R., . . . Jolesz, F. (1994). Lack of association between fibromyalgia syndrome and abnormalities in muscle energy metabolism. *Arthritis and rheumatism*, 37(6), 794-800.
- Snell, C. R., Stevens, S. R., Davenport, T. E., & Van Ness, J. M. (2013). Discriminative validity of metabolic and workload measurements for identifying people with chronic fatigue syndrome. *Physical Therapy*, 93(11), 1484-1492. doi:10.2522/ptj.20110368
- Soriano-Maldonado, A., Ortega, F. B., & Munguia-Izquierdo, D. (2014). Association of cardiorespiratory fitness with pressure pain sensitivity and clinical pain in women with fibromyalgia. *Rheumatol Int*. doi:10.1007/s00296-014-3203-z
- Valim, V., Oliveira, L. M., Suda, A. L., Silva, L. E., Faro, M., Barros Neto, T. L., . . . Natour, J. (2002). Peak oxygen uptake and ventilatory anaerobic threshold in fibromyalgia. *Journal of Rheumatology*, 29(2), 353-357.
- Vanness, J. M., Snell, C. R., & Stevens, S. R. (2007). Diminished cardiopulmonary capacity during post-exertional malaise. *Journal of Chronic Fatigue Syndrome*, 14(2), 77-85. doi:10.1300/J092v14n02_07
- Vermeulen, R. C., Kurk, R. M., Visser, F. C., Sluiter, W., & Scholte, H. R. (2010). Patients with chronic fatigue syndrome performed worse than controls in a controlled repeated exercise study despite a normal oxidative phosphorylation capacity. *J Transl Med*, 8, 93. doi:10.1186/1479-5876-8-93
- Vincent, A., Whipple, M. O., Low, P. A., Joyner, M., & Hoskin, T. L. (2016). Patients with fibromyalgia have significant autonomic symptoms but modest autonomic dysfunction. *PM and R*, 8(5), 425-435. doi:10.1016/j.pmrj.2015.08.008
- Walitt, B., Nahin, R. L., Katz, R. S., Bergman, M. J., & Wolfe, F. (2015). The prevalence and characteristics of fibromyalgia in the 2012 National Health Interview Survey. *PLoS ONE*, 10(9), e0138024. doi:10.1371/journal.pone.0138024
- Wang, C. Y., Haskell, W. L., Farrell, S. W., Lamonte, M. J., Blair, S. N., Curtin, L. R., . . . Burt, V. L. (2010). Cardiorespiratory fitness levels among US adults 20-49 years of age: findings from the 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol*, 171(4), 426-435. doi:10.1093/aje/kwp412
- Wolfe, F., Clauw, D. J., Fitzcharles, M.-A., Goldenberg, D. L., Häuser, W., Katz, R. S., . . . Winfield, J. B. (2011). Fibromyalgia criteria and severity scales for clinical and epidemiological studies: A modification of the ACR preliminary diagnostic criteria for fibromyalgia. *Journal of Rheumatology*, 38(6), 1113-1122. doi:10.3899/jrheum.100594

Wolfe, F., Smythe, H. A., Yunus, M. B., Bennett, R. M., Bombardier, C., Goldenberg, D. L., . . . et al. (1990). The American College of Rheumatology 1990 criteria for the classification of fibromyalgia. Report of the multicenter criteria committee. *Arthritis Rheum*, 33(2), 160-172.

OBJECTIFS DE RECHERCHE

Les objectifs de ce projet de recherche étaient: 1) de décrire la condition cardiorespiratoire de femmes atteintes de FM; et 2) de décrire leurs capacités à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant une épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal réalisée sur tapis roulant. La capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires est définie par la comparaison entre les capacités cardiorespiratoires obtenues à 24 heures d'intervalle.

L'atteinte de l'objectif principal permettra une meilleure connaissance et compréhension de la condition cardiorespiratoire et de la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires de femmes atteintes de FM. Ces connaissances permettront de mieux guider les intervenants quant à l'intensité des exercices aérobies et de l'activité physique à prescrire pour cette clientèle. De plus, ces résultats permettront de guider les intervenants dans l'évaluation des capacités fonctionnelles puisque la condition et la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires peuvent avoir un impact sur l'accomplissement des activités quotidiennes incluant le maintien ou retour au travail, chez cette population.

MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente la méthodologie de recherche choisie pour répondre aux objectifs. Tout d'abord, le dispositif de recherche est présenté, suivi de la population à l'étude, l'échantillonnage et critères de sélection et des procédures de recrutement et de collecte des données. Par la suite, les variables à l'étude et les instruments de mesure sont abordés. Les méthodes d'analyse concluent ce chapitre du mémoire.

4.1 Dispositif de recherche

Cette étude est une étude descriptive avec un aspect évolutif (évaluation-réévaluation).

4.2 Population à l'étude

La population cible est une population de femmes âgées de 18 à 65 ans présentant un diagnostic de fibromyalgie et demeurant dans la province du Québec. La population étudiée est constituée de femmes âgées de 18 à 65 ans présentant un diagnostic de fibromyalgie et demeurant dans la région de l'Estrie.

4.3 Échantillonnage et critères d'inclusion et d'exclusion

L'échantillon final est constitué d'un sous-groupe de douze femmes âgées de 35 à 62 ans présentant un diagnostic de fibromyalgie. Les détails sur les participantes ainsi que les critères d'inclusion et d'exclusion sont présentés dans l'article de la section résultat.

4.4 Recrutement des participantes

Les participantes ont été recrutées sur une base volontaire par le biais de l'Association de fibromyalgie de l'Estrie, de la Clinique universitaire de réadaptation de l'Estrie, la base de données Nabû du Centre de recherche sur le vieillissement (CdRV) du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux (CIUSSS) de l'Estrie – Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CHUS), ainsi que des affiches de recrutement. Le recrutement a pris place dans la région de Sherbrooke, Québec, Canada, du mois de juin 2015 à juin 2016. Ce projet de recherche a été approuvé par le Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CR-CHUS du CIUSSS de l'Estrie) (voir certificat d'éthique et renouvellement à l'annexe A).

4.5 Procédures de collecte des données

Les procédures de collecte des données sont présentées de façon détaillée dans l'article de la section résultats. En résumé, la collecte des données s'est déroulée au CdRV du CIUSSS de l'Estrie - CHUS, un centre affilié à l'université de Sherbrooke. Le projet de recherche incluait trois visites (T0, T1 et T2). Une partie de la première visite (T0) servait à déterminer l'éligibilité des participantes, au projet de recherche. Durant l'autre partie de la première visite, les participantes remplissaient certains questionnaires et étaient familiarisées avec la procédure d'évaluation cardiorespiratoire sur tapis roulant. Les participantes ont également reçu des instructions verbales et écrites en lien avec la liste des recommandations à suivre avant les deux épreuves d'effort cardiorespiratoire maximal (American College of Sports Medicine, 2014), qui prenaient place lors de la deuxième (T1) et troisième visite (T2). À chacune de ces deux visites (T1 et T2), les participantes ont donc été soumises à une épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal, à 24 heures d'intervalle.

4.6 Variables à l'étude et instruments de mesure

La variable indépendante à l'étude est le diagnostic de fibromyalgie, tandis que les variables dépendantes sont les composantes de la condition cardiorespiratoire évaluées lors des deux épreuves d'effort cardiorespiratoire effectuées dans un intervalle de 24 heures selon

le protocole BSU/Bruce ramp. La perception de la douleur, la perception de la difficulté à l'effort, la sévérité de la fibromyalgie, l'indice de kinésiophobie et le niveau d'activité physique ont été mesurés afin de mieux décrire l'échantillon.

L'information sur les instruments utilisés pour mesurer la capacité cardiorespiratoire de chacune des participantes se retrouve dans l'article de la section résultats. Une brève description de l'échelle numérique de la douleur (0-10), l'échelle de BORG modifiée (CR-10), le Questionnaire révisé sur l'impact de la Fibromyalgie (QRIF), l'échelle de kinésiophobie de Tampa (EKT-CF) et le questionnaire sur les activités physiques - International Physical Activity Questionnaire – *Self-administered Long Version in Canadian French* (IPAQ-SALVCF), est incluse dans l'article de la section résultats. Une description plus détaillée de ces instruments de mesure est décrite au point 4.6.2 à 4.6.7.

4.6.1 Diagnostic de fibromyalgie

Le diagnostic de fibromyalgie a été fait par un médecin suivant les critères diagnostiques de 1990 ou 2010, du Collège américain de rhumatologie. Le recrutement et les évaluations se sont déroulés de juin 2015 à juin 2016.

4.6.2 Condition cardiorespiratoire

L'épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal permet de déterminer la $VO_{2\text{crête}}$ et le seuil anaérobie ventilatoire ($VO_{2\text{SAV}}$). La détermination du seuil anaérobie ventilatoire a été quantifiée par l'étudiante et vérifiée par un expert à partir des cinétiques du débit ventilatoire expiré (VE) et des équivalents respiratoires (VE/VO_2 et VE/VCO_2) et selon la méthode de Beaver, ou V slope, qui met en correspondance la VO_2 et VCO_2 . L'équivalent métabolique, soit le rapport de l'activité physique sur la dépense énergétique a été quantifié en METs ($1 \text{ MET} = 3.5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$). Pour mesurer l'équivalent métabolique de chacune des participantes, la formule suivante a été utilisée : Équivalent métabolique en METs = $VO_{2\text{crête}}$ ($\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) / $3,5 (\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1})$. Un formulaire intitulé *Prise de données - Test d'épreuve d'effort maximal cardiorespiratoire*, a été utilisé pour prendre en note les variables cardiorespiratoires, avant, pendant et après l'épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal.

4.6.3 Perception de la douleur

L'intensité de la douleur a été évaluée à partir de l'échelle numérique de la douleur en utilisant une échelle de Likert variant de 0 à 10, où 0 représente « pas de douleur » et 10 une « douleur maximale imaginable ». Puisque des prises de mesures respiratoires ont été faites pendant l'épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal, la perception de la douleur doit pouvoir être rapportée sans parler, c'est-à-dire en pointant le chiffre correspondant à leur perception de la douleur. Cette échelle a donc été choisie en raison de sa facilité d'administration et la capacité de pouvoir être utilisée en pointant le chiffre correspondant. Les participantes ont donc coté leur douleur sur une échelle de 0 à 10, avant, pendant et après l'épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal. Cet outil de mesure de la douleur est valide (Turk & Melzack, 2011) et démontre une bonne corrélation avec d'autres mesures d'intensité de la douleur (Turk & Melzack, 2011).

4.6.4 Perception de la difficulté à l'effort

La perception de la difficulté à l'effort a été mesurée en utilisant l'Échelle de BORG modifiée (CR-10) (G. A. Borg, 1982) et adaptée de l'Échelle de Borg (1982). Cet outil de mesure comporte 12 niveaux entre 0 et 10 (0; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 et 10) et utilise une échelle de type catégorie avec des propriétés de ratio (Category Ratio scale from 0 to 10 (CR-10)). Un questionnement pourrait se poser à savoir si les personnes avec la FM peuvent discriminer entre la perception de la difficulté à l'effort et la douleur induite par l'exercice. Or, une étude conclut que les femmes atteintes de FM sont capables de discriminer entre les deux, spécialement lorsque l'intensité de l'exercice augmente (Soriano-Maldonado et al., 2014).

L'outil de mesure a été expliqué aux participantes avant l'épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal sur tapis roulant, tout en suivant les directives de l'ACSM pour mesurer la perception de la difficulté à l'effort :

- 1) Il doit être clair pour le client, patient ou athlète que la perception de la difficulté à l'effort est une méthode pour déterminer l'intensité de l'effort, fatigue, et/ou inconfort ressentis durant l'exercice.

2) La variété de sensations doit correspondre à l'échelle. Par exemple, le chiffre 0 doit faire référence à la sensation au repos, tandis que le chiffre 10 doit faire référence au niveau maximal de difficulté à l'effort.

3) La perception de la difficulté à l'effort doit être spécifique pour tout le corps ou pour une région anatomique précise comme le thorax, les bras, et/ou les jambes. Typiquement, les individus intéressés à surveiller le stress d'un entraînement utilisent l'échelle de la perception de la difficulté à l'effort.

4) Il est important de savoir qu'il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse dans l'évaluation de la perception de la difficulté à l'effort. Toutefois, l'individu doit clairement comprendre la signification des descripteurs. Une explication de l'échelle est donc nécessaire avant l'utilisation (American College of Sports Medicine, 2014) - traduction libre et adaptée pour l'échelle de Borg modifiée (CR-10)).

De plus, les participantes sont autorisées à utiliser des décimales et à aller au-delà du chiffre 10 (E. Borg & Kaijser, 2006). Cet aspect a donc été incorporé aux directives citées précédemment. Durant l'épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal, chacune des participantes devait évaluer toutes les 2 minutes, sa perception de sa difficulté à l'effort en se référant à l'échelle de BORG modifiée (CR-10). L'échelle de BORG modifiée (CR-10) était placée en avant de chacune des participantes, pour qu'elles puissent s'y référer visuellement. Finalement, l'échelle de Borg modifiée (CR-10) représente un outil valide et modérément fidèle pour mesurer l'intensité de l'exercice chez les femmes FM (Soriano-Maldonado et al., 2014)

4.6.5 Sévérité de la fibromyalgie

Le *Fibromyalgia Impact Questionnaire* (FIQ) a été développé au début des années 90. Il a été révisé en 2009 (Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQR)) et cette version a été traduite en français en 2012, auprès de la population québécoise (Cloutier, 2012). La sévérité de la FM a été évaluée avec le Questionnaire révisé sur l'impact de la fibromyalgie (QRIF), version française. Ce questionnaire est autoadministré, comporte 21 items et évalue 3 domaines, soit : activités de la vie quotidienne (n=9), impact global (n=2) et symptômes (n=10), durant les 7 dernières journées. Une échelle numérique à 11 niveaux

(0 à 10) est utilisée pour la mesure de chacun des trois domaines. Le 0 de l'échelle du domaine *activités de la vie quotidienne*, représente « aucune difficulté » et le 10 « très difficile », le 0 de l'échelle *impact global* représente « jamais » et le 10 « toujours », tandis que le 0 du domaine *symptômes* représente « pas de douleur » et le 10 « douleur insupportable ». Le score total du domaine *activités de la vie quotidienne* se situe entre 0 et 30, car il est divisé par 3 (9 items x 10, divisé par 3), entre 0 et 20 pour l'*impact global* et entre 0 et 50 pour le score total du domaine *symptômes*, car il est divisé par deux (10 items x 10, divisé par 2). Le poids des trois domaines est donc : 30% activités de la vie quotidienne; 20% impact global et 50% symptômes. Le score total peut varier de 0 (peu d'impact) à 100 (impact sévère).

Les propriétés métrologiques du QRIF, version française, n'ont pas encore fait l'objet d'une étude. Par contre, les données psychométriques du FIQR, version anglaise, ont démontré une corrélation de 0,88 ($p < 0,001$) entre le score total du FIQ et celui du FIQR (R. M. Bennett & Friend, 2011; R. M. Bennett, Friend, et al., 2009). La corrélation entre chacun des 3 domaines et le score total du FIQR varient de 0,90 à 0,93 (R. M. Bennett & Friend, 2011; R. M. Bennett, Friend, et al., 2009). Ceci indique que les questions de chacun des trois domaines mesurent le même construit. La validité conceptuelle convergente démontre une forte corrélation avec le FIQ et une bonne corrélation avec le SF-36 (R. M. Bennett, Friend, et al., 2009). La validité discriminante a été évaluée en comparant le score total du FIQR chez les 4 groupes suivants : 1) fibromyalgie; 2) arthrite rhumatoïde ou lupus érythémateux disséminé; 3) dépression majeure et 4) sujets en santé (témoin). Le score total de chacun de ces groupes était significativement différent, avec un score total significativement plus élevé dans le groupe FM (R. M. Bennett, Friend, et al., 2009).

Pour ce qui a trait à la fidélité, la cohérence interne calculée à partir de l'alpha de Cronbach est de 0,95 (R. M. Bennett, Friend, et al., 2009). La fidélité test-retest n'a pas fait l'objet de l'étude de Bennett et al., 2009, mais une étude sur la validité et fidélité du FIQR, version turque, rapporte un test-retest de 0,835 (Ediz, Hiz, Toprak, Tekeoglu, & Ercan, 2011).

Les participantes FM ont complété le QRIF lors de la première session afin d'évaluer la sévérité de la fibromyalgie. Le score total du QRIF a été utilisé afin de déterminer le degré de sévérité : faible (0 à <39); modéré (39 à <59); sévère (59 à 100) (R. M. Bennett, Bushmakina, Cappelleri, Zlateva, & Sadosky, 2009).

4.6.6 Indice de kinésiophobie

L'indice de kinésiophobie a été mesuré à l'aide de l'échelle de kinésiophobie de Tampa (Kori, Miller, & Tood, 1990), version canadienne-française non abrégée (EKT-CF). Cet outil mesure la peur du mouvement et de se blesser à nouveau et comporte 17 items. Chacune des questions utilise une échelle de Likert allant de 1 « Fortement en désaccord » à 4 « Fortement en accord ». Le score total varie donc entre 17 et 68. Un score élevé signifie un haut niveau de kinésiophobie.

La cohérence interne à partir de l'alpha de Cronbach est adéquate ($\alpha = 0,71$) (French, Roach, & Mayes, 2002). En ce qui concerne la validité de construit, des associations significatives ont été observées entre la peur du mouvement et les facteurs suivants : niveau de détresse psychologique ($r = 0,45$), anxiété ($r = 0,43$), incapacité liée à la douleur ($r = 0,47$), sévérité de la douleur ($r = 0,41$) et détresse affective ($r = 0,35$) (French et al., 2002). Des corrélations négatives ont été observées entre la peur du mouvement et : la perception de contrôle sur sa vie et de maîtrise personnelle ($r = -0,30$); et la capacité de retourner au travail à la fin d'un programme de réadaptation ($r = -0,28$) (French et al., 2002). Les participantes ont rempli ce questionnaire, autoadministré, lors de la deuxième (T1) et troisième (T2) rencontre, avant l'évaluation des capacités cardiorespiratoires.

4.6.7 Niveau d'activité physique

Le Questionnaire sur les activités physiques des 7 derniers jours (*International Physical Activity Questionnaire – Self-administered Long Version in Canadian French* (IPAQ-SALVCF)) a été utilisé afin de mesurer le niveau d'activité physique des participantes. Cet outil a été développé pour être utilisé auprès de personnes âgées de 18 à 69 ans (IPAQ, 2005, novembre). Il permet de classer les participantes selon 3 niveaux d'activité physique : faible; modéré et élevé (IPAQ, 2005, novembre).

Faible :

- Aucune activité n'est rapportée OU
- Quelques activités sont rapportées, mais pas assez pour répondre aux critères de la catégorie modérée ou élevée.

Modéré :

L'un des 3 critères suivants :

- 3 journées ou plus d'activités vigoureuses d'au moins 20 minutes par jour OU
- 5 jours ou plus d'activités modérées à intenses et/ou marche d'au moins 30 minutes par jour OU
- 5 jours ou plus de l'une des combinaisons de marche, activités modérées vigoureuses ou vigoureuses pour atteindre un minimum d'au moins 600 MET-minutes/semaine.

Élevé :

L'un des 2 critères suivants :

- Activités d'intensité vigoureuses au moins 3 jours et une accumulation d'au moins 1500 MET-minutes/semaine
- 7 jours ou plus de l'une des combinaisons de marche, activités modérées à vigoureuses ou vigoureuses pour atteindre un minimum d'au moins 3000 MET-minutes/semaine.

De plus, cet outil de mesure inclut 4 domaines d'activité physique, soit : loisirs; domestiques/jardinage; travail et transport (IPAQ, 2005, novembre). L'*International Physical Activity Questionnaire – Self-administered Long Version in Canadian French* (IPAQ-SALVCF) est un outil fiable et valide pour mesurer le niveau d'activité physique chez les Canadiens français (Gauthier, Lariviere, & Young, 2009). La fidélité test-retest après 24 heures démontre des résultats stables entre les journées et une cohérence interne (ICC = 0,72 – 0,93) (Gauthier et al., 2009). La validité de critère concurrente en comparaison avec le nombre de pas au podomètre, présente un coefficient de corrélation de Pearson de $r = 0,66$, $p < 0,01$ le score du niveau d'activité physique; de $r = 0,60$ pour le Volume d'oxygène crête score de la pratique d'activités physiques de loisirs; $r = 0,50$ pour le score des activités physiques d'intensité vigoureuse et un $r = -0,43$ pour le score du temps assis (Gauthier et al.,

2009). Les participantes du groupe FM ont rempli le Questionnaire sur les activités physiques des 7 derniers jours lors de la première visite (T0).

4.7 Taille de l'échantillon

Le calcul de la taille de l'échantillon est basé sur l'issue principale, la consommation maximale d'oxygène ($VO_{2\text{crête}}$) atteinte lors d'un effort progressif maximal. Selon la revue de la littérature, aucune recherche n'a été publiée concernant l'évaluation des composantes de la capacité cardiorespiratoire suivant un protocole d'évaluation réévaluation après 24 heures. Les résultats de l'étude de Sanudo et Galiano (2009), ou la moyenne du groupe 1 (modérément affecté) est de $26,17 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ avec un écart-type de 3,62 au temps 1 et de $23,59 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ avec un écart-type de 2,83 au temps 2, ont été utilisés pour le calcul de la taille de l'échantillon.

En considérant l'objectif principal, avec une taille d'échantillon de convenance de douze participantes nous aurons une puissance de 83% pour détecter une taille de l'effet de 0,92 en utilisant un test-t bilatéral pour échantillons dépendants avec un niveau de signification (alpha) fixé à 0,05. Le choix du sexe se justifie en raison de la prévalence de la FM chez les femmes et par le désir d'avoir un échantillon plus homogène.

4.8 Analyses statistiques

Des statistiques descriptives (moyenne et écart-type) ainsi que le nombre de participantes (pourcentage) ont permis de décrire les caractéristiques des participantes (âge, poids, grandeur, IMC, la durée depuis le début des symptômes et du diagnostic), les paramètres de la condition cardiorespiratoire, la perception de la difficulté à l'effort, l'intensité de la douleur et les scores globaux des questionnaires QRIF, TSK-CF et de l'IPAQ. En considérant la taille de l'échantillon ($n=12$) des procédures statistiques non paramétriques ont été utilisées pour évaluer les différences entre l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2) et entre les niveaux de sévérité de la FM en utilisant le test des rangs signés de Wilcoxon ou le test U de Mann-Whitney. Le seuil de signification a été établi à 5%, soit $p \leq 0.05$ pour tous les tests. Les

données ont été analysées en utilisant le logiciel SPSS, version 24 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

Certaines parties de la section sur la méthodologie sont décrites plus spécifiquement dans l'article 2, page 54 à 69 du présent mémoire.

RÉSULTATS

Article 2

Assessment of cardiorespiratory fitness and capacity to recover among women with fibromyalgia

Auteurs de l'article: Lucie Bouvrette-Leblanc, Nathaly Gaudreault, Daniel Tessier, Warner M. Mampuya, Pierre Arsenault, Pierre Boulay.

Statut de l'article: L'article a été soumis au journal *Physical Therapy* (Bouvrette LeBlanc, L., Gaudreault, N., Tessier, D., Mampuya W., Arsenault P, Boulay P. (2017). Assessment of cardiorespiratory fitness and capacity to Recover among women with Fibromyalgia. *Phys Ther.*).

Avant-propos : Les résultats principaux de ce mémoire sont présentés sous forme d'article. Un résumé en français et un autre, en anglais, précèdent le manuscrit. L'article décrit la méthodologie et les résultats du projet de recherche sur la condition et la récupération cardiorespiratoires, c'est-à-dire la capacité de reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires, de femmes atteintes de fibromyalgie évaluées selon un protocole d'évaluation et réévaluation après 24 heures. La contribution de l'étudiante à cet article inclut la rédaction du protocole de recherche, la présentation du projet au comité d'éthique, la collecte et l'analyse des données et la rédaction de l'article à titre de premier auteur. L'équipe de direction a supervisé les différentes étapes du projet de recherche et révisé la rédaction de l'article. Par la suite, les coauteurs ont révisé l'article. La permission d'intégrer l'article au mémoire a été obtenue par les codirecteurs et coauteurs. En guise de complément, les résultats en lien avec deux profils atypiques ont été ajoutés à la fin de ce chapitre.

RÉSUMÉ

Contexte : L'exercice aérobic fait partie des interventions recommandées pour les personnes atteintes de fibromyalgie (FM). Toutefois, si leur condition cardiorespiratoire est inférieure ou non à la population en générale ou sédentaire, demeure controversée. De plus, peu est connu sur leurs capacités de récupération à la suite d'un exercice vigoureux.

Objectifs : L'objectif de cette étude était: 1) de décrire la condition cardiorespiratoire de femmes atteintes de FM ; 2) de décrire leurs capacités de récupération 24 heures suivant une épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal.

Devis : Étude descriptive avec un aspect évaluation – réévaluation. **Méthodes :** Douze femmes atteintes de la FM ont été soumises à deux épreuves d'effort cardiorespiratoire maximal à 24 heures d'intervalle (T1-T2). La collecte des échanges gazeux et ECG ont été faites de façon continue tout au long des deux tests. Le lactate sanguin, la pression artérielle, l'intensité de la douleur et la perception de la difficulté à l'effort ont également été évalués. Des questionnaires ont été utilisés afin de mieux décrire les participantes. Des procédures statistiques non paramétriques ont été utilisées aux fins d'analyses statistiques. **Résultats :** Aucune différence significative au niveau de la $VO_{2\text{crête}}$ (25,5 (5,3) vs. 26,5 (5,3) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0.05$) et de la VO_2 au seuil anaérobie ventilatoire ($VO_{2\text{SAV}}$: 21,2 (4,8) vs. 21,7 (4,8) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0,05$) n'a été observée entre T1 et T2. En comparant les résultats de la $VO_{2\text{crête}}$ au T1 aux valeurs normatives, 75% des participantes se situent sous la catégorie "Passable". **Limitations :** L'échantillon étant composé uniquement de femmes atteintes de FM, cela ne permet pas d'extrapoler au niveau des hommes atteints de la FM. Avoir reçu un diagnostic d'encéphalomyélite myalgique/ syndrome de fatigue chronique (EM/SFC) était un critère d'exclusion. Toutefois, il est possible pour une participante d'avoir l'EM/SFC sans toutefois avoir reçu le diagnostic. **Conclusion :** Les participantes n'ont pas démontré de différence significative au niveau de la condition cardiorespiratoire et de la capacité à récupérer 24 heures suivant une épreuve d'effort maximal. Leur condition cardiorespiratoire était plus basse que la population en général.

ABSTRACT

Background: Exercise interventions are part of the recommended strategies for the management of fibromyalgia (FM). However, whether this population has a lower cardiorespiratory fitness level than the general or sedentary population is still controversial. Furthermore, little is known about the recovery capacity of an FM population following strenuous exercise. **Objective:** The objective of this study was twofold: 1) to describe the cardiorespiratory fitness of women with FM; and 2) to describe their capacity to recover 24 hours following a maximal exercise test. **Design:** Descriptive study with an evaluation and re-evaluation component. **Methods:** Twelve women with FM underwent two maximal exercise tests 24 hours apart (T1-T2). Gas exchange and ECG were continuously monitored during both tests. Blood lactate, blood pressure, pain intensity and perceived exertion, were also assessed. Questionnaires were used to further characterize participants. Non-parametric statistical procedures were used for data analysis. **Results:** No significant differences in VO_{2peak} (25.5 (5.3) vs. 26.5 (5.3) ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0.05$) and VO_2 at ventilatory anaerobic threshold (VO_{2VAT} : 21.2 (4.8) vs. 21.7 (4.8) ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0.05$) were found between T1 and T2, respectively. When comparing VO_{2peak} results at T1 to normative values, 75% of our participants were below the “Fair” category. **Limitations:** The sample only included women with FM and therefore did not allow for extrapolation to men with FM. A confirmed diagnosis of Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS) was an exclusion criteria. However, it is possible for a participant to have ME/CFS without having received a diagnosis. **Conclusion:** Participants showed no significant difference in cardiorespiratory fitness or the capacity to recover 24 hours following a maximal exercise test. Participants also had a lower cardiorespiratory fitness level than the general population.

Original Title

Assessment of cardiorespiratory fitness and capacity to recover among women with fibromyalgia

Journal

Physical Therapy Journal

Authors

Lucie Bouvrette-LeBlanc^{a,b}, Nathaly Gaudreault^{a,c}, Daniel Tessier^{a,d}, Warner M. Mampuya^{a,c}, Pierre Arsenault^a, Pierre Boulay^{a,d}.

^a Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada

^b Hôpital Charles-Le Moyne Research Centre

^c Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke

^d Research Centre on Aging CIUSSS - CHUS

Acknowledgements**ACKNOWLEDGEMENTS**

This research project was financed, in part, by the *Équipe de recherche interdisciplinaire sur la prévention et la réduction de l'incapacité au travail* (ÉRIPRIT), a team financed by the *Fonds de recherche du Québec-Santé* (FRQS). Lucie Bouvrette-LeBlanc received grants from the ÉRIPRIT and FRQS. The authors would like to thank Djamal Berbiche, Senior Statistician, Faculty of Medicine and Health Sciences, at Université de Sherbrooke, for his assistance with statistical analysis, Katherine Boisvert-Vigneault, B.Sc. in Kinesiology, M.Sc. in Physical Activity, Ph.D. student in Gerontology and Josiane Gauthier, B.Sc. in Kinesiology, M.Sc. student in Physical Activity at Université de Sherbrooke for their assistance during the evaluation and re-evaluation.

INTRODUCTION

Fibromyalgia (FM) is characterized by widespread pain, fatigue and sleep disturbance. In the United States, the prevalence of FM is roughly 2% of the adult population, with a ratio of approximately 7 women to 3 men (Lawrence et al., 2008; Walitt et al., 2015). The etiology of fibromyalgia remains unclear, but abnormalities of pain processing mechanisms have been documented (Bellato et al., 2012; Julien et al., 2005; Staud, 2009). The two main intervention categories are pharmacological and nonpharmacological. The nonpharmacological approach is part of multicomponent and multidisciplinary therapy, which can include interventions such as education on different topics, psychological interventions and exercise (M.-A. Fitzcharles, P. A. Ste-Marie, et al., 2013). The primary goals of those interventions are to reduce symptoms, and improve function and self-management. Aerobic exercise is an important aspect in modulating the descending pain pathway (M.-A. Fitzcharles, P. A. Ste-Marie, et al., 2013). However, determining the appropriate exercise intensity without causing an increase in symptoms during and after exercise, while optimizing function and minimizing dropout rates, remains a challenging task.

Studies looking at the cardiorespiratory fitness (CRF) of adults living with FM have shown conflicting results. A recent study indicates that the CRF is severely impaired, below the 10th percentile among women with FM, compared to the American population (A. Soriano-Maldonado et al., 2014). Another study also reported a significantly lower anaerobic threshold (AT) and peak oxygen uptake ($VO_{2\text{peak}}$) among women with FM compared with healthy sedentary individuals matched for sex, age, weight and body mass index (BMI) (Valim et al., 2002). In contrast, other studies did not show a lower $VO_{2\text{peak}}$ in women with FM (Mengshoel et al., 1995; Nielens et al., 2000; J. Norregaard et al., 1997; Sener et al., 2013; Simms et al., 1994). However, one study concluded that the CRF of patients with FM differs depending on the severity of the disease assessed using the Fibromyalgia Impact Questionnaire (Sanudo & Galiano, 2009). Severely affected patients showed significant differences in $VO_{2\text{peak}}$ compared to moderately affected patients. The conflicting results could therefore be explained by the heterogeneity of the participants' clinical profile as well as the difference in testing protocols used (i.e., maximal vs submaximal). More studies are

needed to provide clarity on the subject. Furthermore, knowledge on the impact FM has on the capacity to recover following intense physical exertion is indeed lacking in the scientific literature. This could provide valuable information on patients' capacity to recover, which is an important aspect to consider when prescribing daily functional activities, physical activities and/or aerobic exercises two to four days per week as suggested by the guidelines (American College of Sports Medicine, 2014; Eich et al., 2012), and when evaluating functional capacity related to daily or work-related activities.

The aim of this study was twofold: 1) to describe the cardiorespiratory fitness of women with FM; and 2) to describe their capacity to recover 24 hours following a maximal exercise test. The following descriptive variables were considered: (1) fibromyalgia severity; (2) kinesiophobia; and (3) physical activity level.

METHODS

Participants

Recruitment of all participants took place in the province of Quebec, Canada, from June 2015 to June 2016. Participants were recruited using convenience sampling through the Regional Fibromyalgia Association, the recruitment center at the Research Centre on Aging affiliated with the Université de Sherbrooke, and recruitment posters. The inclusion criteria included: (1) confirmed diagnosis of fibromyalgia; (2) women between the ages of 18 and 65 years inclusively; and (3) ability to speak French or English. The exclusion criteria included: known diagnosis of Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS), inflammatory rheumatism, cardiovascular or respiratory disease, diabetes mellitus, cancer, beta-blocker medications, pregnancy or any medical contraindication, depressed state or a disability potentially affecting CRF. In all, thirteen FM women participated in this study. Of those, the results of one participant were not accepted for data analysis because she failed to reach her ventilatory anaerobic threshold (VAT), which she attributed to a fear of falling on the treadmill. The final sample size consisted of 12 adult women with a FM diagnosis. Participants had to provide medical confirmation or a report confirming their diagnosis of FM and a list of their medications. The local ethical committee approved the study protocol. Informed consent was obtained from all participants.

Procedures

The research protocol included three visits. During the initial visit (T0), participants were first assessed for their eligibility. As part of this eligibility assessment, their medical history was reviewed, the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q+) and the BECK Depression Inventory-II (BDI-II) was administered and a medical examination and medication review was carried out by a physician. If eligible for the study, participants then completed the following questionnaires: (1) Sociodemographic questionnaire; (2) Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQR); and (3) International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Participants were then introduced to the CRF testing procedures, equipment and set-up. During the second and third visit (T1; T2), participants completed the Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK-CF) prior to completing the maximal cardiorespiratory exercise tests. The visits took place at the Research Centre on Aging in Sherbrooke, Quebec.

Testing protocol

At the initial visit (T0), participants were familiarized with the equipment and testing procedures to reduce anxiety. They also received verbal and written instructions prior to the first maximal exercise test (T1) and a reminder before the second maximal exercise test (T2). Instructions included (1) not to eat food, except for a small amount as needed; not to drink alcohol or caffeine or use tobacco products at least three hours before the test; (2) to avoid significant physical activity and exercise 48 hours before the test; and (3) to remain well hydrated 24 hours before the tests (American College of Sports Medicine, 2014). All participants then underwent two maximal exercise tests until volitional exhaustion, 24 hours apart, using the modified BSU/Bruce ramp multistage treadmill (Quinton Q-stress TM55, Waukesha, Wisconsin, USA) protocol to determine their CRF (T1) and capacity to recover (T2). The metabolic cart was calibrated before each test. Prior to testing, participants received standardized instructions on the use of the numeric pain rating scale (0-10) and the rating of perceived exertion scale (Modified Borg Scale (CR-10)) and were instructed not to hold on to the handrail, except for safety reasons. The BSU/Bruce ramp protocol begins at 1.7 mph with a 0% incline and consists of increments in either speed and/or grade every 20 seconds (Kaminsky & Whaley, 1998). Metabolic measurements such as gas exchange (Medisoft Ergocard, Sorinnes, Belgium) and 12-lead ECG (Quinton, Q-stress, Waukesha, Wisconsin,

USA) were taken on a continuous basis during cardiorespiratory testing. Blood pressure (BP) and self-reported pain measurements (numeric scale (0-10)) were taken at rest and every two minutes during and after (two-, four- and six-minute post-test) cardiorespiratory testing. Oxygen (O_2) saturation was measured using a fingertip pulse oximeter (Respironics Model 920, Kennesaw, Georgia, USA), before and after testing. Rating of perceived exertion (Modified Borg Scale (CR-10)) was measured every two minutes during the test. A blood lactate (Lactate Pro, Kyoto, Japan) measurement was taken two minutes after completion of both maximal exercise tests.

Cardiorespiratory fitness and recovery capacity outcomes

Cardiorespiratory fitness and recovery capacity parameters were characterized using physiological parameters measured at rest, at peak response and at ventilatory anaerobic threshold (VAT). Resting heart rate (HR) and BP measurements were taken at rest in a sitting position before both maximal exercise tests. VO_{2peak} was considered as the highest O_2 uptake averaged over a 30 second period during the test. VO_{2peak} is a reliable and reproducible measurement (Bruce, Kusumi, & Hosmer, 1973; Taylor, Buskirk, & Henschel, 1955; Weltman et al., 1990). The technical error with repeated measures, which includes assessor error and day-to-day variability, was reported to be $0.2 \text{ l } O_2 \cdot \text{min}^{-1}$, which represents $3.08 \text{ ml } O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ for a 65 kg individual (Clarke, de Lannoy, & Ross, 2016). The VAT was determined using the respiratory equivalents (VE/VO_2 and VE/VCO_2) and the V slope (VO_2 and VCO_2). In this study, the capacity to recover was determined by comparing the CRF results obtained at T1 and T2.

Although there is no gold standard to determine if true aerobic capacity was attained during maximal exercise testing, achievement of at least two of the following criteria were used to determine if participants attained true VO_{2peak} : (1) a plateau in oxygen uptake or an increase of less than $150 \text{ ml } O_2 \cdot \text{min}^{-1}$ with an increase in workload; (2) no increase in heart rate with an increase in workload; (3) achievement of the predicted maximal HR ($220 - \text{age}$), considering that a $>85\%$ age-predicted maximal heart rate is a well-recognized indicator of participant effort (Balady et al., 2010); (4) blood lactate $\geq 8.0 \text{ mmol/L}$ post-exercise; (5) a

respiratory exchange ratio ≥ 1.10 (Balady et al., 2010); and (6) a rating of perceived exertion ≥ 9 on the Modified Borg Scale (CR-10).

Pain and rating of perceived exertion

Pain intensity level was measured using a numeric pain rating scale from 0 to 10, where 0 represents no pain and 10 maximum pain. The Modified Borg Scale CR-10 was used to measure the rating of perceived exertion (RPE). This scale ranges from 0 (no effort) to 10 (maximum effort).

Fibromyalgia severity

Fibromyalgia severity, as perceived by the participant, was measured with the Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire – French Canadian version (FIQR). The total score ranges from 0 to 100. Based on the overall score, participants were categorized into one of the following FM severity levels: mild (0 to <39); moderate (39 to <59); or severe (59 to 100) (R. M. Bennett, Bushmakin, et al., 2009).

Kinesiophobia and physical activity level

Rated kinesiophobia perception was measured using the Tampa Scale of Kinesiophobia – French Canadian version (TSK-CF) (French et al., 2002). The TSK-CF consists of 17 items using a 4-point Likert scale, ranging from 1 (strongly disagree) to 4 (strongly agree). The total score ranges from 17 to 68, with higher values representing a greater degree of kinesiophobia. The physical activity level was assessed using the long version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – French Canadian version (Gauthier et al., 2009). The IPAQ result for each participant can be classified into three physical activity levels: low; moderate; or high.

Statistical analysis

Descriptive statistics expressed as a mean (standard deviation) or a number of participants (percentage) were used to describe the participants' characteristics (age, weight, height, BMI, duration since onset of symptoms and diagnosis), CRF parameters, RPE, pain intensity level and overall score on the FIQR, TSK-CF and IPAQ. Due to the small sample

size (n=12), differences between the evaluation and re-evaluation or between FM severity groups were determined using non-parametric tests, a Wilcoxon signed-rank test and a Mann-Whitney U-test. The level of significance was established at $p \leq 0.05$ for all tests. Data were analyzed using SPSS software, version 24 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

RESULTS

Participants

The participants' anthropometric characteristics as well as the number of years since the onset of symptoms and diagnosis are presented in Table 1. The number and percentage of participants in each category related to educational and current occupational status are also presented in Table 1. None of the participants were smokers.

Table 1.
Participants' characteristics (n=12)^a

Variable	Data
Age [years]	50.5 (7.9)
Weight [kg]	69.3 (16.0)
Height [cm]	162.8 (7.6)
Body Mass Index [kg/m ²]	26.4 (7.1)
Time since onset of symptoms [years]	14.5 (9.4)
Time since diagnosis [years]	6.3 (6.3)
	n (%)
Educational status (%)	
Elementary	0 (0.0)
High school	4 (33.3)
College	2 (16.7)
University	6 (50.0)
Current occupational status (%)	
Unemployed/ Stay at home	2 (16.7)
Working full time	3 (25.0)
Working part time	5 (41.7)
Short-term or long-term disability	0 (0.0)
Retired	2 (16.7)

^aNote: Data are expressed as a mean (SD)

Legend: SD = Standard deviation

Cardiorespiratory fitness and recovery capacity

The results for CRF and recovery capacity for all parameters measured at rest, at peak response and at VAT are presented in Table 2. VO_{2peak} and VO_2 at VAT (VO_{2VAT}) are also

expressed as a metabolic equivalent of tasks (METs), a unit often used to compare the results to the estimated energy expenditure required to perform different physical activities.

At rest, there was no significant difference between either test (T1 versus T2) in terms of heart rate and BP. At peak exertion, there was also no significant difference in heart rate and BP, or in $\text{VO}_{2\text{peak}}$ response values between T1 (25.5 (5.3) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) and T2 (26.5 (5.3) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0.05$). The overall mean exercise time on the treadmill was 8.3 (1.5) minutes at T1 and 8.6 (1.5) minutes at T2. The main reason given by participants to stop the test was shortness of breath, fatigue, pain and/or having reached maximal capacity. Eleven out of twelve participants met the true $\text{VO}_{2\text{peak}}$ criteria. The participant who did not meet the $\text{VO}_{2\text{peak}}$ criteria, reaching at least 85% of the predicted maximal HR on both tests (T1: 169 bpm; T2: 175 bpm), and her RER was 1.08 (T1) and 1.07 (T2), which is just under the 1.10 requirement. Participants' oxygen saturation levels were between 94% and 100%, before and after testing.

At the VAT, the mean values of the various parameters were not significantly different between T1 and T2. The mean $\text{VO}_{2\text{VAT}}$ was 21.2 (4.8) at T1 and 21.7 (4.8) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ at T2 ($p > 0.05$). The minimal and maximal values at VAT were 14.4 and 27.7 $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ at T1 and 15.0 and 28.5 $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ at T2. In this study, $\text{VO}_{2\text{VAT}}$ occurred at 83.3 (6.5)% and 81.8 (7.6)% of their $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and was reached at 5.2 (1.2) and 5.5 (1.4) minutes (T1 and T2).

Pain and rating of perceived exertion

There was no significant difference in the pain intensity level at rest and at peak exertion between both testing days. The mean pain intensity level at peak response, on a scale from 0 to 10, was 4.4 (3.4) at T1 and 5.5 (3.6) at T2 (Table 2). There was also no significant difference in RPE at peak response between both testing days (Table 2).

Table 2.
Cardiorespiratory fitness variables, rate of perceived exertion, pain and kinesiophobia at evaluation (n=12) and re-evaluation (n=12), at rest, peak response and/or ventilatory anaerobic threshold^a

Variables	Evaluation (T1)	Re-evaluation (T2)	p-value
Resting state			
Heart rate [bpm]	79.8 (14.3)	76.7 (11.3)	0.21
SBP [mm Hg]	114.2 (13.2)	116.8 (13.8)	0.16
DBP [mm Hg]	71.0 (7.2)	72.0 (9.6)	0.68
Pain [0-10]	1.5 (1.7)	2.5 (1.9)	0.07
Kinesiophobia score	34.3 (8.5)	35.2 (7.0)	0.35
Peak response			
Heart rate [bpm]	166.9 (12.0)	165.2 (11.6)	0.18
% of age-predicted max HR†	98.6 (7.6)	97.5 (6.4)	0.18
SBP [mm Hg]	179.3 (18.6)	179.3 (21.3)	0.88
DBP [mm Hg]	66.5 (6.7)	68.3 (8.5)	0.23
VO _{2peak} [L O ₂ ·min ⁻¹]	1.7 (0.4)	1.8 (0.5)	0.15
VO _{2peak} [ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹]	25.5 (5.3)	26.5 (5.3)	0.25
METs	7.3 (1.5)	7.6 (1.5)	0.21
RER	1.2 (0.1)	1.2 (0.1)	0.10
Blood lactate [mmol·L ⁻¹]	6.2 (2.3)	6.0 (1.7)	0.79
Pain [0-10]	4.4 (3.4)	5.5 (3.6)	0.12
Rate of perceived exertion [0-10+]	8.3 (1.3)	8.5 (1.4)	0.29
Stop time [minutes]	8.3 (1.5)	8.6 (1.5)	0.18
Ventilatory anaerobic threshold			
Heart rate [bpm]	135.3 (12.0)	136.2 (10.5)	0.67
VO _{2VAT} [L O ₂ ·min ⁻¹]	1.4 (0.3)	1.5 (0.3)	0.84
VO _{2VAT} [ml O ₂ ·min ⁻¹ ·kg ⁻¹]	21.2 (4.8)	21.7 (4.8)	0.94
METs	6.1 (1.4)	6.2 (1.4)	0.87
Time [minutes]	5.2 (1.2)	5.5 (1.4)	0.29

^aNote: Data are expressed as a mean (SD)

Legend: † % of age-predicted max HR (220-age); SBP=Systolic blood pressure; DBP=Diastolic blood pressure; VO₂=Oxygen uptake; METs = Metabolic equivalent of tasks; RER = Respiratory exchange ratio; Stop time = time between the beginning and the end of the test.

Fibromyalgia severity

To better describe the participants, the overall results on the FIQR were categorized into three FM severity levels: mild (n=6); moderate (n=5); and high (n=1). The mean and standard deviation from the overall scores on the FIQR was 39.7 (17.1), characterizing this cohort with a moderate FM severity level. There was no significant difference ($p > 0.05$) in VO_{2peak} and VO_{2VAT} between T1 to T2 within mildly and moderately affected participants. However, when comparing mildly to moderately affected participants at T1 and T2, results showed a significant difference in VO_{2peak} at T2 ($p = 0.02$) and in VO_{2VAT} at T1 and T2 ($p = 0.04$ and 0.02). Although our data does not reveal a significant difference in VO_{2peak} at T1

between mildly and moderately affected participants, it is important to note that the p -value is just slightly above the level of significance of 0.05 ($p = 0.06$).

Kinesiophobia and physical activity level

The participants' mean scores on the Tampa Scale of Kinesiophobia showed no significant difference between the two tests (T1: 34.3 (8.5); T2: 35.2 (7.0)). Based on the results of the IPAQ, one participant was considered as having a low physical activity level, seven with a moderate level, and four with a high level of physical activity.

DISCUSSION

The main findings of this study indicate that there is no significant difference in CRF and capacity to recover 24 hours after a maximal exercise test in women with FM. Our sample of participants had a mean VO_{2peak} of 25.5 (5.3) at T1 and 26.5 (5.3) ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ at T2, which represents 7.3 (1.5) and 7.6 (1.5) METs. The results also show that participants with FM have a reduced VO_{2peak} . When comparing the results of their VO_{2peak} at T1 to the American College of Sports Medicine normative values paired for age and sex (American College of Sports Medicine, 2014), 75% of our study participants had an VO_{2peak} score below the "Fair" category, of which 25% had values below the "Very Poor" category (American College of Sports Medicine, 2014).

When considering the lower values of the VAT in METs (4.1 and 4.3 – T1 and T2), it is possible for some participants to have difficulties in completing some daily activities or exercise, since fatigue increases exponentially when working above VAT (Svedahl & MacIntosh, 2003; Tzvetkov et al., 2008). When considering the severity of fibromyalgia, the mean VO_{2VAT} of the moderately affected participants were significantly lower than that of the mildly affected participants at T1 and T2 (T1: $p=0.04$; T2: $p=0.02$). This difference in VO_{2VAT} results in a noticeable discrepancy in METs between the two groups (mean METs for the mildly affected participants = 7.0 vs 5.3 METs for the moderately affected participants). This could represent a greater difficulty to complete certain daily activities or exercise, particularly for the moderately affected group. These results should be taken into consideration when prescribing physical activities, exercises or evaluating functional

capacities. For example, the estimated standard METs to carry groceries up a flight of stairs is 7.5 METs (Compendium of Physical Activities, December 2016) and cycling at 10–12 $\text{mi} \cdot \text{hr}^{-1}$ is 6.0 METs (American College of Sports Medicine, 2014).

The results of this study are similar to the results reported by Soriano-Maldonado (A. Soriano-Maldonado et al., 2014). In their study, they assessed the CRF of 31 women with FM (age: 48.3 (7.8); BMI: 27.1 (5.2)) and used a maximal incremental treadmill test until participants were not able to further maintain the effort. The findings of their study revealed that women with FM have a severely impaired CRF, with an average $\text{VO}_{2\text{peak}}$ (19.5 (3.4) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) below the 10th percentile when compared to the American population of the same age and sex. Another study by Valim et al. (2002) (Valim et al., 2002), evaluated 50 women with FM (age: 41.2 (9.43); BMI: 25.81 (4.98)) and 50 women from the control group (age: 41.35 (8.49); BMI: 25.3 (4.43)). The authors also used a maximal incremental treadmill protocol and stopped the testing at the participants' request because of dyspnea, pain or muscle fatigue. Their results revealed a significant difference in $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and $\text{VO}_{2\text{VAT}}$ between both groups, with a lower CRF level (25.64 (5.21) and 16.35 (2.94) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) in women with FM compared to healthy matched sedentary individuals (30.77 (5.56) and 18.74 (3.86) $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$).

The study by Sanudo and Galiano (Sanudo & Galiano, 2009) also considered the severity of FM. Thirty-two women with FM were divided into two groups of 16 participants: moderately affected (age: 54.12 (5.94); BMI: 28.29(4.49)) and severely affected (age: 55.38 (7.37); BMI: 29.04 (4.98)). Participants took part in a maximum effort treadmill test twice, approximately one week apart, using the BSU/Bruce ramp protocol. The reason for the re-evaluation after one week was to assess the reproducibility of the physiological outcome measures. The reason for re-evaluation after 24 hours in our study was to describe their capacity to recover 24 hours following a maximal exercise test to better understand their capacity to perform daily functional activities, physical activities, aerobic exercises and when evaluating functional capacity related to daily or work-related activities. The results of Sanudo and Galiano showed significant differences in $\text{VO}_{2\text{peak}}$ between moderately (T1: 26.17 (3.62); T2: 23.59 (2.83)) and severely affected participants (T1: 22.13 (2.50); T2: 20.89

(1.62)). The total score on the Fibromyalgia Impact Questionnaire was used to determine the group assignment for each participant, based on the following cut-off scores: <54 = moderately affected and ≥ 54 = severely affected participants. In our study, we used the score from the Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire and divided the participants into three categories, as described by Bennett and al. (2009): mildly affected = 0 to <39 ; moderately affected = 39 to <59 ; and severely affected = 59 to 100 (R. M. Bennett, Bushmakina, et al., 2009). We had only one participant with a score equal or higher than 59. Although there are differences between both studies in FM severity classification, it is interesting to note that the severity of fibromyalgia seems to negatively affect VO_{2peak} in both studies.

The principal strength of this study is the re-evaluation of CRF variables 24 hours after the first maximal exercise test. Re-evaluation data provides information on CRF recovery of women affected with FM. To our knowledge this is the first published study using this protocol with this population. The primary limitation of this study is the recruitment of only women with FM, which is not representative of the FM population. Therefore, those results cannot be generalized to men. The participants were also recruited mostly through recruitment posters, which can result in a volunteer bias. Another limitation is related to the small sample size of the mildly ($n=5$) and moderately ($n=6$) affected participants. Therefore, the comparison between these sub-groups must be considered as exploratory. Exploring the subgroups was nonetheless useful in generating a new hypothesis for further research since the severity of FM seems to negatively affect CRF. Finally, one of the exclusion criteria was not to have received a diagnosis of ME/CFS. However, the presence or absence of this diagnosis was based on participants' past medical history. Therefore, even though the participants reported that they had never been diagnosed with ME/CFS, it is possible for a participant to have the condition without having received the diagnosis.

CONCLUSION

The participants in our study showed no significant difference in their ability to recover 24 hours following a maximal exercise test. Their CRF level was lower than the general population and seems to be affected by their FM severity level. More research is

needed to investigate our hypothesis that severity of fibromyalgia might negatively affect CRF and recovery capacity.

REFERENCES

- American College of Sports Medicine, M. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health. Ninth edition.
- Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., . . . Milani, R. V. (2010). Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, *122*(2), 191-225. doi:10.1161/CIR.0b013e3181e52e69
- Bellato, E., Marini, E., Castoldi, F., Barbasetti, N., Mattei, L., Bonasia, D. E., & Blonna, D. (2012). Fibromyalgia syndrome: etiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Pain Res Treat*, *2012*, 426130. doi:10.1155/2012/426130
- Bennett, R. M., Bushmakin, A. G., Cappelleri, J. C., Zlateva, G., & Sadosky, A. B. (2009). Minimal clinically important difference in the fibromyalgia impact questionnaire. *J Rheumatol*, *36*(6), 1304-1311. doi:10.3899/jrheum.081090
- Bruce, R. A., Kusumi, F., & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J*, *85*(4), 546-562.
- Clarke, J., de Lannoy, L., & Ross, R. (2016). Comparison of measures of maximal and submaximal fitness in response to exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. doi:10.1249/mss.0000000000001164
- Compendium of Physical Activities. Retrieved from <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/home-activity>. (March 2017).
- Eich, W., Hauser, W., Arnold, B., Jackel, W., Offenbacher, M., Petzke, F., . . . Henningsen, P. (2012). Fibromyalgia syndrome. Definition, classification, clinical diagnosis and prognosis. *Schmerz*, *26*(3), 247-258. doi:10.1007/s00482-012-1169-x
- Fitzcharles, M.-A., Ste-Marie, P. A., & Pereira, J. X. (2013). Fibromyalgia: evolving concepts over the past 2 decades. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, *185*(13), E645-E651. doi:10.1503/cmaj.121414
- French, D. J., Roach, P. J., & Mayes, S. (2002). Peur du mouvement chez des accidentés du travail: L'Échelle de Kinésiophobie de Tampa (EKT). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des Sciences du comportement*, *34*(1), 28-33. doi:10.1037/h0087152
- Gauthier, A. P., Lariviere, M., & Young, N. (2009). Psychometric properties of the IPAQ: A validation study in a sample of Northern Franco-Ontarians. *Journal of Physical Activity & Health*, *6*, S54-S60.
- Julien, N., Goffaux, P., Arsenault, P., & Marchand, S. (2005). Widespread pain in fibromyalgia is related to a deficit of endogenous pain inhibition. *Pain*, *114*(1-2), 295-302. doi:10.1016/j.pain.2004.12.032
- Kaminsky, L. A., & Whaley, M. H. (1998). Evaluation of a new standardized ramp protocol: The BSU/Bruce ramp protocol. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, *18*(6), 438-444.

- Lawrence, R. C., Felson, D. T., Helmick, C. G., Arnold, L. M., Choi, H., Deyo, R. A., . . . Wolfe, F. (2008). Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. *Arthritis Rheum*, *58*(1), 26-35. doi:10.1002/art.23176
- Mengshoel, A. M., Vollestad, N. K., & Forre, O. (1995). Pain and fatigue induced by exercise in fibromyalgia patients and sedentary healthy subjects. *Clinical and Experimental Rheumatology*, *13*(4), 477-482.
- Nielens, H., Boisset, V., & Masquelier, E. (2000). Fitness and perceived exertion in patients with fibromyalgia syndrome. *Clin J Pain*, *16*(3), 209-213.
- Norregaard, J., Bulow, P. M., Lykkegaard, J. J., Mehlsen, J., & Danneskiold-Samsøe, B. (1997). Muscle strength, working capacity and effort in patients with fibromyalgia. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, *29*(2), 97-102.
- Sanudo, B., & Galiano, D. (2009). Using cardiovascular parameters and symptom severity to prescribe physical activity in women with fibromyalgia. *Clinical & Experimental Rheumatology*, *27*(5 Suppl 56), S62-66.
- Sener, U., Uçok, K., Ulaşlı, A. M., Genc, A., Karabacak, H., Coban, N. F., . . . Cevik, H. (2013). Evaluation of health-related physical fitness parameters and association analysis with depression, anxiety, and quality of life in patients with fibromyalgia. *International Journal of Rheumatic Diseases*. doi:10.1111/1756-185X.12237
- Simms, R. W., Roy, S. H., Hrovat, M., Anderson, J. J., Skrinar, G., Lepoole, S. R., . . . Jolesz, F. (1994). Lack of association between fibromyalgia syndrome and abnormalities in muscle energy metabolism. *Arthritis and rheumatism*, *37*(6), 794-800.
- Soriano-Maldonado, A., Ortega, F. B., & Munguia-Izquierdo, D. (2014). Association of cardiorespiratory fitness with pressure pain sensitivity and clinical pain in women with fibromyalgia. *Rheumatology International*. doi:10.1007/s00296-014-3203-z
- Staud, R. (2009). Abnormal pain modulation in patients with spatially distributed chronic pain: fibromyalgia. *Rheum Dis Clin North Am*, *35*(2), 263-274. doi:10.1016/j.rdc.2009.05.006
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, *28*(2), 299-323.
- Taylor, H. L., Buskirk, E., & Henschel, A. (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol*, *8*(1), 73-80.
- Tzvetkov, S., Bonov, P., & Dasheva, D. (2008). Problems in determination of the ventilatory threshold based on the respiratory exchange ratio in high-level athletes. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, *6*(2), 115-123.
- Valim, V., Oliveira, L. M., Suda, A. L., Silva, L. E., Faro, M., Barros Neto, T. L., . . . Natour, J. (2002). Peak oxygen uptake and ventilatory anaerobic threshold in fibromyalgia. *Journal of Rheumatology*, *29*(2), 353-357.
- Walitt, B., Nahin, R. L., Katz, R. S., Bergman, M. J., & Wolfe, F. (2015). The prevalence and characteristics of fibromyalgia in the 2012 National Health Interview Survey. *PLoS ONE*, *10*(9), e0138024. doi:10.1371/journal.pone.0138024
- Weltman, A., Snead, D., Stein, P., Seip, R., Schurrer, R., Rutt, R., & Weltman, J. (1990). Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and $\text{VO}_{2\text{max}}$. *Int J Sports Med*, *11*(1), 26-32. doi:10.1055/s-2007-1024757

5.1 Supplément aux résultats

Ce supplément aux résultats présente tout d'abord deux résultats atypiques parmi l'échantillon des douze participantes. Bien que ces résultats ne concernent que deux participantes et que toute interprétation doit être faite avec réserve, il a été choisi de les présenter à titre de supplément au mémoire dans le but d'alimenter la discussion et d'ouvrir des pistes de réflexion pour des recherches futures. Par la suite, les résultats cardiorespiratoires en fonction du niveau de sévérité de la FM des participantes seront présentés, suivi de la fréquence cardiaque maximale et au seuil anaérobie ventilatoire.

5.1.1 Résultats atypiques

En général, il n'y a pas de différence significative entre l'évaluation et la réévaluation pour la $VO_{2\text{crête}}$ et la $VO_{2\text{SAV}}$. Par contre, deux participantes ont démontré des résultats atypiques entre l'évaluation et la réévaluation. Le premier graphique (figure 1), présente une courbe typique de la VO_2 en $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ selon le temps (minutes), entre l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2). Les figures 2 et 3 présentent des courbes atypiques de la VO_2 entre T1 et T2.

Concernant le graphique de la figure 2, l'erreur technique d'une mesure répétée, qui inclut l'erreur de l'évaluateur et les variations d'une journée à l'autre, a été évaluée à 0,2 L/min, ce qui représente $3,08 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour un individu de 65 kg (Clarke et al., 2016). Toutefois, la différence entre T1 et T2 de la $VO_{2\text{crête}}$, démontrait une diminution de la consommation d'oxygène de 1,67 à 1,35 L/min, soit 0,37 L/min ou encore $6,1 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Son temps d'arrêt était un peu plus de neuf minutes au T1 et T2. Le ratio d'échange respiratoire (RER) et la fréquence cardiaque maximale étaient de 1,27 et 181 bpm au T1 vs 1,22 et 180 bpm au T2. Relatif à la sévérité de la fibromyalgie, cette participante présente un niveau modéré de sévérité. Son niveau d'activité physique était modéré, selon les données du questionnaire IPAQ, version longue, et elle rapportait une intensité de douleur maximale inférieure à 5/10 au T1 et T2.

À l'opposé, la figure 3 a démontré une augmentation de la VO_2 au T2 en comparaison au T1 et ceci pour la totalité du test. Les résultats ont indiqué une augmentation de la $VO_{2\text{SAV}}$

de $5,8 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ entre T1 et T2 et une augmentation d'environ $5,2 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ de la $\text{VO}_{2\text{crête}}$ entre T1 et T2. Son temps d'arrêt était de plus de huit minutes au T1 et T2. Le RER était $> 1,10$ au T1 et T2. La participante présentait un faible niveau de sévérité de la FM, un niveau modéré d'activité physique et une douleur maximale inférieure à 5/10 au T1 et T2.

Figure 1 : Graphique typique de la VO_2 selon le temps, durant l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2)

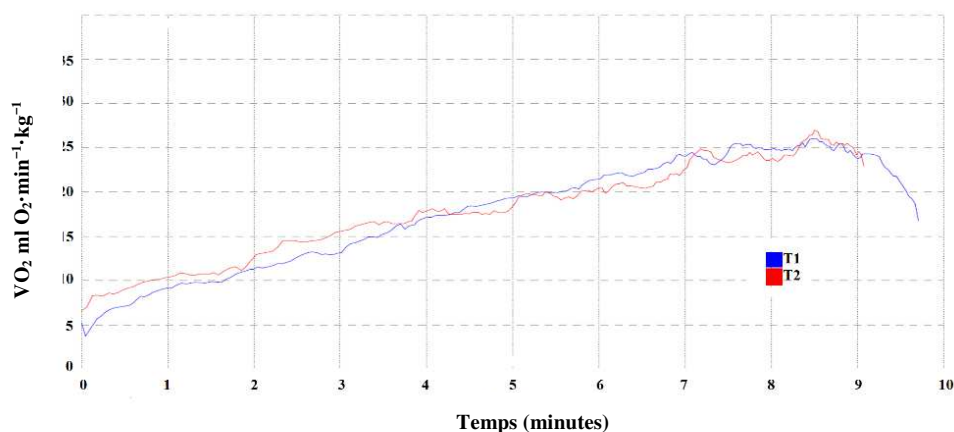


Figure 2 : Graphique atypique de la VO_2 selon le temps, durant l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2)

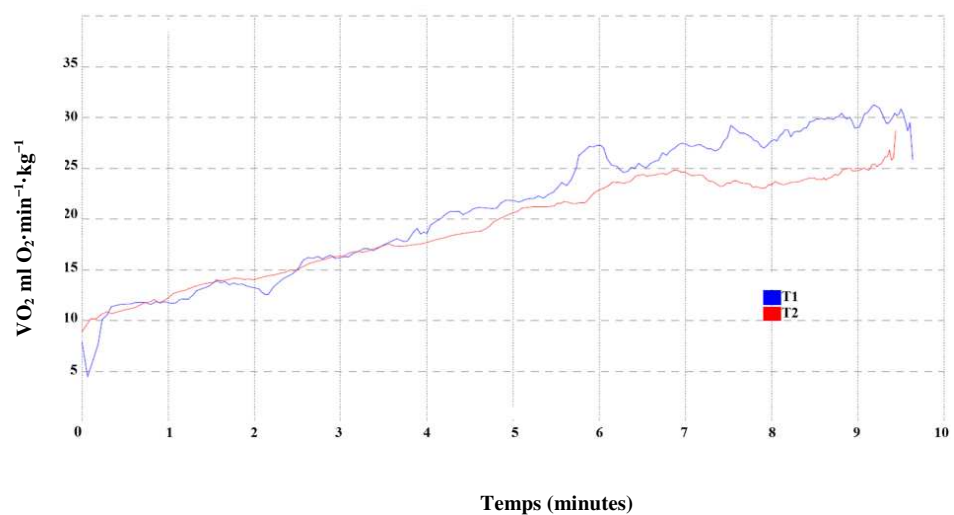
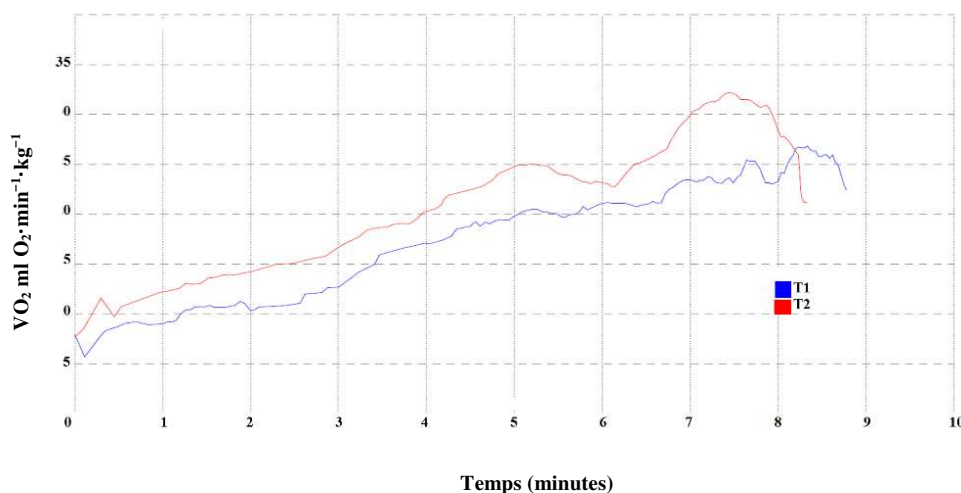


Figure 3 : Graphique atypique de la VO₂ selon le temps, durant l'évaluation (T1) et la réévaluation (T2)



5.1.2 Sévérité de la fibromyalgie

Un élément externe aux objectifs de cette étude est de regarder les résultats de la VO_{2crête} et de la VO_{2SAV} selon le niveau de sévérité de la FM des participantes. Selon le score total du FIQ, cinq participantes étaient légèrement affectées, six modérément affectées et une sévèrement affectée. Puisque seulement une participante était incluse dans la catégorie sévèrement affectée par la FM, les résultats de cette catégorie n'ont pas été considérés. En comparant les participantes légèrement et modérément affectées au T1 et T2, les résultats démontrent une différence significative entre les deux groupes pour la VO_{2crête} au T2 ($30,4 \pm 3,3$ vs $22,9 \pm 4,7$ ml O₂ · min⁻¹ · kg⁻¹; $p = 0,02$) et pour la VO_{2SAV} au T1 ($24,0 \pm 4,0$ vs $18,5 \pm 4,4$ ml O₂ · min⁻¹ · kg⁻¹; $p = 0,04$) et au T2 ($24,9 \pm 3,2$ vs $18,7 \pm 4,5$ ml O₂ · min⁻¹ · kg⁻¹; $p = 0,02$). Il n'y a pas de différence significative de la VO_{2crête} au T1 entre les participantes légèrement et modérément affectées par la FM ($28,5 \pm 2,8$ vs $22,2 \pm 5,3$), toutefois, la valeur p est légèrement au-dessus du seuil de signification de 0,05, soit de 0,06.

5.1.3 Fréquence cardiaque maximale et fréquence cardiaque au seuil anaérobie ventilatoire

La fréquence cardiaque maximale au T1 était de $166,9 \pm 12,0$ bpm (n=12). Pour sa part, la fréquence cardiaque au seuil anaérobie ventilatoire au T1 était de $135,3 \pm 12,0$ bpm (n=12). Le pourcentage de la fréquence cardiaque maximale au seuil anaérobie ventilatoire

au T1 est donc de $82 \pm 5 \%$. Toutefois, en clinique il n'est habituellement pas possible d'évaluer les capacités cardiorespiratoires maximales à l'aide d'un chariot métabolique. Différentes formules sont alors utilisées afin d'estimer la fréquence cardiaque maximale. Les lignes directrices de l'ACSM (American College of Sports Medicine, 2014) présentent cinq formules couramment utilisées (tableau 2).

Tableau 2.

Calcul de la fréquence cardiaque maximale au T1 selon différentes formules

	Fréquence cardiaque maximale réelle (n=12)	Pourcentage de la fréquence cardiaque réelle au seuil anaérobie ventilatoire
	166,9 \pm 12,0 bpm	82 \pm 5 %
Formules	Estimation de la fréquence cardiaque maximale	Estimation du pourcentage de la fréquence cardiaque maximale au seuil anaérobie ventilatoire
220 - âge	169,5 \pm 7,9 bpm	80 \pm 8 %
216,6 - (0,84 x âge)	174,2 \pm 6,5 bpm	78 \pm 7 %
208 - (0,7 x âge)	172,8 \pm 5,5 bpm	78 \pm 7 %
207 - (0,7 x âge)	171,8 \pm 5,5 bpm	79 \pm 7 %
206 - (0,88 x âge)	161,4 \pm 6,9 bpm	84 \pm 8 %

*Note : La fréquence cardiaque maximale réelle et l'estimation de la fréquence cardiaque maximale sont données en moyenne \pm écart-type.

- 1) La première formule est « 220 – âge » (Fox, Naughton, & Haskell, 1971). En utilisant cette formule pour chacune des participantes, selon leur âge, l'estimation de la fréquence cardiaque maximale est donc de 169,5 \pm 7,9 bpm (n=12). Cette estimation de la fréquence cardiaque maximale prédite selon l'âge représente 80 \pm 8 % du seuil anaérobie au T1.
- 2) La deuxième formule est « 216,6 – (0,84 x âge) » (Astrand, 1952). En utilisant cette formule, l'estimation de la fréquence cardiaque maximale est donc de 174,2 \pm 6,5 bpm. Cette estimation de la fréquence cardiaque maximale représente 78 \pm 7 % de la fréquence cardiaque maximale au seuil anaérobie ventilatoire au T1. La surestimation de la fréquence cardiaque maximale en utilisant cette formule peut provenir de la population à l'étude soit des femmes et des hommes âgés de 4 à 34 ans.

- 3) De l'utilisation de la troisième formule, soit « $208 - (0,7 \times \text{âge})$ » (Tanaka, Monahan, & Seals, 2001), découle une estimation de la fréquence cardiaque maximale de $172,8 \pm 5,5$ bpm. Cette estimation représente également 78 ± 7 % de la fréquence cardiaque maximale au seuil anaérobie ventilatoire au T1.
- 4) L'utilisation de l'avant-dernière formule « $207 - (0,7 \times \text{âge})$ » (Gellish et al., 2007) résulte en une estimation de la fréquence cardiaque maximale de $171,8 \pm 5,5$ bpm, ce qui représente 79 ± 7 % de la fréquence cardiaque maximale au seuil anaérobie ventilatoire au T1.
- 5) La dernière formule est « $206 - (0,88 \times \text{âge})$ » (Gulati et al., 2010). En utilisant cette formule, l'estimation de la fréquence cardiaque maximale est donc de $161,4 \pm 6,9$ bpm, ce qui représente 84 ± 8 % de la fréquence cardiaque maximale au seuil anaérobie ventilatoire au T1.

En comparant ces cinq formules couramment utilisées pour estimer la fréquence cardiaque maximale, la formule se rapprochant le plus de la fréquence maximale réelle au T1 ($166,9 \pm 12,0$ bpm) est donc « $220 - \text{âge}$ » avec une différence de 2,6 bpm. La différence entre la valeur estimée et la valeur réelle de la fréquence cardiaque maximale varie entre 7,3 et - 5,5 bpm en utilisant les quatre autres formules. Par conséquent, cette formule « $220 - \text{âge}$ » procure également l'estimation du pourcentage de la fréquence cardiaque maximale au seuil anaérobie ventilatoire, se rapprochant le plus de pourcentage réel.

DISCUSSION

La présente section se veut un complément à la discussion présentée dans l'article sur les résultats. En premier lieu, les résultats globaux seront revus relativement aux objectifs. Les résultats exploratoires seront discutés ensuite. Les retombées anticipées, les forces et limites ainsi que les recommandations pour des recherches futures seront finalement abordées.

Les objectifs de ce mémoire étaient: 1) de décrire la condition cardiorespiratoire de femmes atteintes de FM; et 2) de décrire leurs capacités à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant une épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal. La moyenne de la $VO_{2\text{crête}}$ des participantes était de $25,5 \pm 5,3$ à T1 et $26,5 \pm 5,3$ $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ à T2. En considérant qu'un MET est égal à $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, la moyenne des $VO_{2\text{crête}}$ en $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ divisée par $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, représente donc une capacité fonctionnelle de $7,3 \pm 1,5$ et $7,6 \pm 1,5$ METs, respectivement. En comparant les résultats de la $VO_{2\text{crête}}$ au T1 aux valeurs normatives de l'ACSM, valeurs appariées pour l'âge et le sexe, 75% des participantes se situent sous la catégorie "Passable", dont 25% sous le seuil de la catégorie "Très pauvre" (American College of Sports Medicine, 2014). Pour sa part, la moyenne de la $VO_{2\text{SAV}}$ est de $21,2 \pm 4,8$ (83% de la $VO_{2\text{crête}}$) et $21,7 \pm 4,8$ $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (82% de la $VO_{2\text{crête}}$) au T1 et T2. Ceci équivaut à une capacité de $6,1 \pm 1,4$ et $6,2 \pm 1,4$ METs au seuil anaérobie ventilatoire.

La condition cardiorespiratoire peut avoir un impact sur la capacité à accomplir différentes activités de la vie quotidienne ou domestique. Par exemple, la dépense énergétique requise pour monter une pente à la marche correspond à environ 6,3 METs alors que 6,5 METs sont dépensés pour laver le plancher à quatre pattes ou laver la salle de bain ou la baignoire, avec un effort vigoureux (Compendium of Physical Activities, Mars 2017). Pour marcher à une vitesse de 7,2 km/h (4,5 mph), à plat sur une surface ferme, la dépense énergétique est de 7,0 METs et celle correspondant à monter l'épicerie en haut des

escaliers est de 7,5 METs (Compendium of Physical Activities, Mars 2017). Toutes ces activités sont au-dessus de la moyenne du seuil anaérobie ventilatoire de 6,2 METs. Ceci suggère que l'effort déployé lors de ces activités pourrait être difficile à maintenir pour nos participantes, puisque la fatigue augmente significativement en travaillant au-dessus de ce seuil (Svedahl & MacIntosh, 2003; Tzvetkov et al., 2008). De plus, monter l'épicerie en haut des escaliers peut être au-dessus de la $VO_{2\text{crête}}$ pour plusieurs participantes. Finalement, la moyenne et l'écart-type de la fréquence cardiaque au seuil anaérobie ventilatoire au T1 étaient de $135,3 \pm 12,0$ bpm et la fréquence cardiaque maximale de $166,9 \pm 12,0$ bpm. Les participantes ont donc atteint leur seuil anaérobie ventilatoire à $82 \pm 5\%$ de la fréquence cardiaque maximale atteinte. Ce point est important à considérer lors de la prescription d'activités ou d'exercices aérobies, puisqu'en milieu clinique il n'est habituellement pas possible d'évaluer les capacités cardiorespiratoires des patientes en utilisant un chariot métabolique. Cet élément peut donc aider les intervenants à estimer ce seuil anaérobie ventilatoire. De plus, certaines formules sont utilisées afin d'estimer la fréquence cardiaque maximale et de prescrire des exercices à un pourcentage de cette fréquence cardiaque. En comparant cinq formules couramment utilisées, la formule se rapprochant le plus de la fréquence maximale réelle au T1 est « $220 - \text{âge}$ ».

Concernant le deuxième objectif de ce mémoire, les résultats ne démontrent pas de différence significative entre T1 et T2 au niveau de la $VO_{2\text{crête}}$ ($25,5 \pm 5,3$ vs. $26,5 \pm 5,3$ ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0,05$) et de la VO_2 au seuil anaérobie ventilatoire ($VO_{2\text{SAV}}$: $21,2 \pm 4,8$ vs. $21,7 \pm 4,8$ ml $O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p > 0,05$). Ainsi, le test d'effort maximal réalisé la veille ne semble pas avoir eu de répercussion sur la capacité à reproduire les mesures physiologiques du système cardiorespiratoire.

Toutefois, deux participantes ont démontré un profil atypique de reproduction des mesures physiologiques cardiorespiratoires. Il n'est toutefois pas possible de déterminer la cause de ces résultats atypiques ou d'émettre des conclusions, vu le nombre restreint de participantes présentant ce type de profil. Les résultats de la figure 2 nous mènent à considérer deux hypothèses à explorer dans le futur. La première hypothèse est la concomitance possible du diagnostic de FM et d'encéphalomyélite myalgique / syndrome de

fatigue chronique (EM/CFS). Bien que la fatigue ainsi qu'un malaise et/ou fatigue après effort soient prédominants chez les personnes affectées par l'EM/SFC, certaines personnes avec un diagnostic de FM peuvent également avoir un diagnostic d'EM/SFC sans toutefois avoir reçu le diagnostic. Dans des études antérieures, des personnes atteintes d'EM/SFC ont été soumises à deux tests d'effort cardiorespiratoire maximal sur ergocycle séparés par un intervalle de 24 heures, afin de mesurer l'effet du malaise post effort (Keller et al., 2014; Snell et al., 2013; Vanness et al., 2007; Vermeulen et al., 2010). Le premier test permettait d'évaluer la condition cardiorespiratoire et le deuxième test, la capacité de reproduction des mesures cardiorespiratoires des personnes atteintes d'EM/SFC. Les résultats de ces études ont démontré une diminution significative de la $VO_{2crête}$ et/ou VO_{2SAV} lors de la réévaluation. Ainsi, supposons qu'une personne atteinte de FM présente de la fatigue ou un malaise post-effort et un profil similaire à celui de la Figure 2 lors d'un 2^e test d'effort maximal effectué 24 heures plus tard, peut-être faudrait-il considérer la possibilité d'un diagnostic conjoint de FM et EM/SFC. Toutefois, de plus amples études sont nécessaires avant de pouvoir émettre des conclusions.

La deuxième hypothèse à considérer est la possibilité d'un sous-groupe de FM, présentant des dysfonctions au niveau de la mitochondrie. Puisque toutes les personnes affectées par la FM ne présentent pas nécessairement de dysfonctions de la mitochondrie, certains auteurs ont donc émis l'hypothèse de sous-groupes de FM présentant ce type de dysfonctions (Alcocer-Gómez et al., 2015). Toutefois, l'évaluation de la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant un test d'effort cardiorespiratoire maximal, ainsi que l'effet de l'exercice sur cette sous-population n'a pas fait l'objet d'étude de recherche.

Il n'est également pas possible d'identifier la cause des résultats atypiques de la figure 3. Lors de la réévaluation, 24 heures suivant le test d'épreuve maximal sur tapis roulant, le taux d'oxygène nécessaire pour accomplir la même tâche était supérieur tout au long du test et avec une $VO_{2crête}$ et VO_{2SAV} au-delà de l'erreur technique. De plus amples recherches sont nécessaires afin de mieux comprendre ces résultats atypiques.

Un élément externe aux objectifs mentionnés précédemment est le niveau de sévérité de la FM des participantes. En comparant les participantes légèrement et modérément affectées à T1 et T2, les résultats démontrent une différence significative entre les deux groupes pour la $VO_{2\text{crête}}$ au T2 et pour la $VO_{2\text{SAV}}$ au T1 et au T2. Tel que mentionné précédemment, en considérant qu'un MET est égal à $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, la moyenne des $VO_{2\text{crêtes}}$ et $VO_{2\text{SAV}}$ en $\text{ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ divisée par $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, représente donc une capacité fonctionnelle de 8,4 METs et de 6,4 METs et un seuil anaérobie ventilatoire de 7,0 et 5,3 METs pour les participantes légèrement vs modérément affectées, respectivement. En considérant la dépense énergétique requise pour accomplir les différentes activités citées précédemment, les participantes modérément affectées par la FM auraient plus de difficulté à effectuer les différentes activités, puisque la majorité de ces activités sont au-dessus de leur capacité fonctionnelle ($VO_{2\text{crête}}$). Toutefois, il est noté que le nombre limité de participantes dans chacun des groupes (léger : $n = 6$; modéré : $n = 5$) permet seulement d'explorer un lien possible entre la sévérité de la FM et les capacités cardiorespiratoires. Par contre, d'autres études ont rapporté un lien entre la sévérité de la FM et les capacités cardiorespiratoires. L'étude de Sanudo et Galiano (2009) a évalué 32 femmes atteintes de FM. Les participantes étaient divisées en deux groupes : modérément affectées ($n=16$; âge: $54,12 \pm 5,94$; BMI: $28,29 \pm 4,49$) et sévèrement affectées ($n=16$; âge: $55,38 \pm 7,37$; BMI: $29,04 \pm 4,98$). Chaque participante a été soumise à un test d'effort maximal sur tapis roulant à deux reprises, avec environ une semaine d'intervalle entre l'évaluation et la réévaluation, en utilisant le protocole de *BSU/Bruce ramp*. Les résultats démontrent une différence significative de la $VO_{2\text{crête}}$ ($p < 0,001$ à T1 et T2) entre les participantes modérément (T1: $26,17 \pm 3,62 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; T2: $23,59 \pm 2,83 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) et sévèrement affectées (T1: $22,13 \pm 2,50 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$; T2: $20,89 \pm 1,62 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Bien qu'exploratoires, les résultats de notre étude portant sur la sévérité de la fibromyalgie semblent aller dans le même sens, mais quelques différences méthodologiques doivent être mises en exergue. Dans l'étude de Sanudo et Galiano, la raison de la réévaluation après une semaine était pour évaluer la reproductibilité des mesures physiologiques. Toutefois, les objectifs de cette étude n'étaient pas de décrire ou d'évaluer la reproductibilité des mesures physiologiques. Les analyses statistiques mettaient donc l'accent sur la

différence entre deux groupes de FM (modérément et sévèrement affecté), qu'entre les mesures cardiorespiratoires au T1 et T2. Dans la présente étude, nous avons plutôt choisi de décrire la capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant un test d'effort maximal. Ceci afin de mieux comprendre leur capacité à récupérer après avoir accompli des activités fonctionnelles, des activités physiques, des exercices aérobies, ou à la suite d'évaluation des capacités fonctionnelles liées à l'achèvement d'activités quotidiennes ou au travail. Les questions de recherche étaient donc différentes. Dans l'étude de Sanudo et Galiano, le Questionnaire de l'impact de la fibromyalgie (QIF) a été utilisé pour déterminer l'attribution de chacune des participantes dans l'un des deux groupes. Le score total du QIF a servi à déterminer cette attribution, en utilisant un score-seuil de 54 : <54 = modérément affectées et ≥ 54 = sévèrement affectées. Dans la présente étude, le Questionnaire révisé de l'impact de la fibromyalgie (QRIF) a été utilisé afin de déterminer le niveau de sévérité de chacune des participantes selon l'une des trois catégories suivantes, tel que décrit par Bennett et al. (2009) : légèrement affectées = 0 à <39 ; modérément affectées = 39 à <59 ; et sévèrement affectées = 59 à 100 (R. M. Bennett, Bushmakina, et al., 2009). Seulement une participante avait un score total supérieur à 59. Pour cette raison, un groupe *sévèrement affecté* n'a pas fait partie des analyses exploratoires sur ce sujet. En somme, malgré ces divergences méthodologiques, il est intéressant de noter que dans les deux études la sévérité de la FM semble négativement affecter les capacités cardiorespiratoires. De plus, une autre étude, par Valim et al. (2002), mentionne que les participantes avec une condition physique sous la moyenne présentent les pires résultats au QIF.

6.1 Retombées anticipées pour la pratique

Cette étude a permis de mieux décrire le profil cardiorespiratoire de femmes atteintes de FM. Plus précisément, de décrire le seuil anaérobie ventilatoire et la condition cardiorespiratoire de femmes atteintes de FM. Elle constitue également la première étude à décrire leur capacité à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant une épreuve d'effort maximale. De plus, les résultats exploratoires ainsi que les résultats de d'autres études (Sanudo & Galiano, 2009; Valim et al., 2002), semblent mettre en lumière l'impact de la sévérité de la FM sur les capacités cardiorespiratoires. Les résultats

de cette étude constituent un premier pas vers une meilleure compréhension de leurs capacités cardiorespiratoires et de l'impact de ces dernières sur l'achèvement de leurs activités quotidiennes incluant le maintien ou le retour au travail. Aussi, ces résultats pourraient permettre aux professionnels de la santé impliqués dans le suivi de ces patientes d'améliorer la prescription d'activités physiques et d'exercices aérobies. Cette prescription pourrait prendre en considération des sous-groupes de FM. Ces sous-groupes pourraient inclure le niveau de sévérité de la fibromyalgie. La prescription et la progression d'exercices aérobies pourraient aussi être établies en fonction des résultats du test d'effort maximal. Un meilleur monitoring lors de la pratique d'activités avec, par exemple, un cardiofréquencemètre assurerait possiblement un meilleur dosage de l'intensité. De plus, l'épreuve d'effort maximal à l'effort pourrait permettre d'identifier les personnes qui présentent un profil atypique. Ces personnes pourraient ne pas répondre favorablement aux exercices aérobies. Les résultats de notre étude ne permettent pas de conclure sur ce point, mais ils ouvrent la voie à d'autres recherches.

6.2 Forces et limites de l'étude

Les principales forces et limites ont été présentées dans l'article sur les résultats. Toutefois, il est important de spécifier que l'échantillonnage volontaire, le niveau élevé de scolarisation des participantes, 50 % de l'échantillon possèdent un niveau universitaire, ainsi qu'un taux un peu plus élevé de participantes sur le marché du travail en comparaison avec les statistiques d'une étude américaine (Walitt et al., 2015), peut avoir apporté un biais de sélection pouvant affecter la validité externe.

6.3 Recommandations pour des recherches futures

Les résultats de la présente étude et de d'autres études (Bachasson et al., 2013; Bardal et al., 2013; da Cunha Ribeiro et al., 2011; Dinler et al., 2007; Gomez-Cabello et al., 2015; Hsieh et al., 2010; Lund et al., 2003; McIver et al., 2006; J Norregaard et al., 1994; Sanudo & Galiano, 2009; A. Soriano-Maldonado et al., 2014; Valim et al., 2002) démontrent une réduction des capacités cardiorespiratoires de femmes atteintes de FM. Les traitements de réactivation doivent donc prendre cet élément en considération. Il est donc indispensable

de développer une approche de réactivation, tout en déterminant la dose d'activités physiques qui ne causera pas de recrudescence des symptômes de la FM et optimisera le niveau d'autonomie et de productivité. Par exemple, il serait pertinent de comparer l'effet d'un programme d'exercices aérobies intermittents vs en continu, tout en respectant le seuil anaérobie ventilatoire, et de mesurer son impact sur différents indicateurs tels que le niveau de sévérité de la FM et l'amélioration de la condition cardiorespiratoire.

Bien qu'une corrélation inverse semble exister entre le niveau de sévérité de la FM et les capacités cardiorespiratoires, d'autres études sur ce sujet sont nécessaires. La taille de notre échantillon ne permet pas d'émettre de conclusion en ce sens, mais ouvre néanmoins une piste pour des recherches futures. De plus, les résultats atypiques lors de la réévaluation des mesures physiologiques cardiorespiratoires pourraient être le reflet de sous-groupes de FM, mais de plus amples études sur ce sujet sont également nécessaires. Ces études futures pourraient permettre d'améliorer la prescription d'activités physiques, d'exercices aérobies et l'évaluation des capacités fonctionnelles, ainsi que de réduire l'abandon des programmes d'exercices. Un taux d'attrition qui irait jusqu'à 61% (Jain et al., 2003; Jones et al., 2002).

CONCLUSION

Cette étude a permis de décrire le seuil anaérobie ventilatoire et la condition cardiorespiratoire de femmes atteintes de FM. Elle constitue également la première étude à décrire leurs capacités à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant une épreuve d'effort cardiorespiratoire maximal.

Les résultats de cette étude démontrent que les femmes atteintes de FM ont une capacité cardiorespiratoire maximale inférieure à celle de la population générale. En comparant les résultats de leur $VO_{2\text{crête}}$ au T1, aux valeurs normatives appariées pour l'âge et le sexe (American College of Sports Medicine, 2014), 75% des participantes avaient une $VO_{2\text{crête}}$ sous la catégorie « passable », dont 25% sous la catégorie « très pauvre ». Ces faibles valeurs de la $VO_{2\text{crête}}$ affectent donc leur $VO_{2\text{SAV}}$ affectant possiblement leur capacité à accomplir des activités physiques de façon soutenue, puisque la fatigue augmente significativement en travaillant au-dessus du seuil anaérobie ventilatoire. De plus, les résultats de cette étude indiquent que les femmes atteintes de FM n'ont aucune difficulté significative à reproduire les mesures physiologiques cardiorespiratoires 24 heures suivant le premier test d'effort maximal. Toutefois, une étude similaire sur un échantillon plus grand permettrait de faire des sous-groupes, en offrant ainsi la possibilité d'identifier des profils de participantes avec une difficulté à récupérer. Finalement, les capacités cardiorespiratoires des participantes semblent être affectées par le niveau de sévérité de la FM. Par contre, de plus amples recherches sont nécessaires à ce sujet.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Ablin, J. N., & Buskila, D. (2015). Update on the genetics of the fibromyalgia syndrome. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, 29(1): 20-28.
- Alcocer-Gómez, E., Garrido-Maraver, J., Bullón, P., Marín-Aguilar, F., Cotán, D., Carrión, A. M., . . . Cordero, M. D. (2015). Metformin and caloric restriction induce an AMPK-dependent restoration of mitochondrial dysfunction in fibroblasts from Fibromyalgia patients. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease*, 1852(7): 1257-1267.
- American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health (9th éd.).
- Andrade, A., Steffens, R. A., Vilarino, G. T., Sieczkowska, S. M., & Coimbra, D. R. (2017). Does volume of physical exercise have an effect on depression in patients with fibromyalgia? *J Affect Disord*, 208: 214-217.
- Astrand, P. O. (1952). *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age*. Copenhagen (Denmark): Fjnar Munksgaard: 171.
- Bachasson, D., Guinot, M., Wuyam, B., Favre-Juvin, A., Millet, G. Y., Levy, P., & Verges, S. (2013). Neuromuscular fatigue and exercise capacity in fibromyalgia syndrome. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 65(3): 432-440.
- Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., . . . Milani, R. V. (2010). Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 122(2): 191-225.
- Bardal, E. M., Olsen, T. V., Etema, G., & Mork, P. J. (2013). Metabolic rate, cardiac response, and aerobic capacity in fibromyalgia: a case-control study. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 42(5): 417-420.
- Bellato, E., Marini, E., Castoldi, F., Barbasetti, N., Mattei, L., Bonasia, D. E., & Blonna, D. (2012). Fibromyalgia syndrome: etiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Pain Res Treat*, 2012: 426130.
- Bennett, R. M., Bushmakin, A. G., Cappelleri, J. C., Zlateva, G., & Sadosky, A. B. (2009). Minimal clinically important difference in the fibromyalgia impact questionnaire. *J Rheumatol*, 36(6): 1304-1311.
- Bennett, R. M., & Friend, R. (2011). The Revised FM Impact Questionnaire (FIQR): an overview of its development and use in recent publications. *Newsletters Patient Reported Outcomes*, 46(Fall): 1-4.
- Bennett, R. M., Friend, R., Jones, K. D., Ward, R., Han, B. K., & Ross, R. L. (2009). The Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire (FIQR): validation and psychometric properties. *Arthritis Res Ther*, 11(4): R120.
- Besteiro Gonzalez, J. L., Suarez Fernandez, T. V., Arboleya Rodriguez, L., Muniz, J., Lemos Giraldez, S., & Alvarez Fernandez, A. (2011). Sleep architecture in patients with fibromyalgia. *Psicothema*, 23(3): 368-373.
- Borg, E., & Kaijser, L. (2006). A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports*, 16(1): 57-69.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5): 377-381.

- Bradley, L. A. (2009). Pathophysiology of fibromyalgia. *Am J Med*, 122(12 Suppl): S22-30.
- Bruce, R. A., Kusumi, F., & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J*, 85(4): 546-562.
- Busch, A. J., Schachter, C. L., Overend, T. J., Peloso, P. M., & Barber, K. A. (2008). Exercise for fibromyalgia: a systematic review. *Journal of Rheumatology*, 35(6): 1130-1144.
- Clarke, J., de Lannoy, L., & Ross, R. (2016). Comparison of measures of maximal and submaximal fitness in response to exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, DOI: 10.1249/mss.0000000000001164, page consultée le 22 novembre 2016.
- Cloutier, L. (2012). Le QRIF : traduction québécoise d'un questionnaire mesurant l'impact de la fibromyalgie. <http://www.bouclier.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Affiche-Impact%20de%20la%20fibromyalgie%202012-10-10.pdf>
- Compendium of Physical Activities. <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/home-activity>, site visité en décembre 2016.
- Compendium of Physical Activities. <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/home-activity>, site visité en mars 2017.
- Cordero, M. D., De Miguel, M., Moreno Fernandez, A. M., Carmona Lopez, I. M., Garrido Maraver, J., Cotan, D., . . . Sanchez Alcazar, J. A. (2010). Mitochondrial dysfunction and mitophagy activation in blood mononuclear cells of fibromyalgia patients: implications in the pathogenesis of the disease. *Arthritis Res Ther*, 12(1): R17.
- Cordero, M. D., Moreno-Fernandez, A. M., Carmona-Lopez, M. I., Sanchez-Alcazar, J. A., Rodriguez, A. F., Navas, P., & de Miguel, M. (2010). Mitochondrial dysfunction in skin biopsies and blood mononuclear cells from two cases of fibromyalgia patients. *Clin Biochem*, 43(13-14): 1174-1176.
- Craft, L. L., Perna, F. A., Freund, K. M., & Culpepper, L. (2008). Psychosocial correlates of exercise in women with self-reported depressive symptoms. *J Phys Act Health*, 5(3): 469-480.
- Crofford, L. J., Pillemer, S. R., Kalogeras, K. T., Cash, J. M., Michelson, D., Kling, M. A., . . . Wilder, R. L. (1994). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis perturbations in patients with fibromyalgia. *Arthritis Rheum*, 37(11): 1583-1592.
- da Cunha Ribeiro, R., Roschel, H., Artioli, G., Dassouki, T., Perandini, L., Calich, A., . . . Gualano, B. (2011). Cardiac autonomic impairment and chronotropic incompetence in fibromyalgia. *Arthritis Res Ther*, 13(6), R190.
- Dinler, M., Kasikcioglu, E., Akin, A., Sayli, O., Aksoy, C., Oncel, A., & Berker, E. (2007). Exercise capacity and oxygen recovery half times of skeletal muscle in patients with fibromyalgia [2]. *Rheumatology International*, 27(3): 311-313.
- Doerr, J. M., Fischer, S., Nater, U. M., & Strahler, J. (2017). Influence of stress systems and physical activity on different dimensions of fatigue in female fibromyalgia patients. *J Psychosom Res*, 93: 55-61.
- Ediz, L., Hiz, O., Toprak, M., Tekeoglu, I., & Ercan, S. (2011). The validity and reliability of the Turkish version of the Revised Fibromyalgia Impact Questionnaire. *Clin Rheumatol*, 30(3): 339-346.

- Eich, W., Hauser, W., Arnold, B., Jackel, W., Offenbacher, M., Petzke, F., . . . Henningsen, P. (2012). Fibromyalgia syndrome. Definition, classification, clinical diagnosis and prognosis. *Schmerz*, *26*(3): 247-258.
- Epstein, S. A., Kay, G., Clauw, D., Heaton, R., Klein, D., Krupp, L., . . . Zisook, S. (1999). Psychiatric disorders in patients with fibromyalgia. A multicenter investigation. *Psychosomatics*, *40*(1): 57-63.
- Fitzcharles, M.-A., Peter A. Ste-Marie, Goldenberg, D. L., Pereira, J. X., Abbey, S., Choinière, M., . . . Shir, Y. (2013). Lignes directrices canadiennes 2012 pour le diagnostic et la prise en charge du syndrome de fibromyalgie. <http://rheum.ca/images/documents/2012CanadianFMGuidelinesFR.pdf>, site visité le 11 novembre 2014.
- Fitzcharles, M.-A., Ste-Marie, P. A., & Pereira, J. X. (2013). Fibromyalgia: evolving concepts over the past 2 decades. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, *185*(13): E645-E651.
- Fitzcharles, M. A., Ste-Marie, P. A., Goldenberg, D. L., Pereira, J. X., Abbey, S., Choinière, M., . . . Shir, Y. (2013). 2012 Canadian guidelines for the diagnosis and management of fibromyalgia syndrome: Executive summary. *Pain Research and Management*, *18*(3): 119-126.
- Fitzcharles, M. A., Ste-Marie, P. A., Panopalis, P., Menard, H., Shir, Y., & Wolfe, F. (2012). The 2010 American college of rheumatology fibromyalgia survey diagnostic criteria and symptom severity scale is a valid and reliable tool in a French speaking fibromyalgia cohort. *BMC Musculoskelet Disord*, *13*: 179.
- Fox, S. M., 3rd, Naughton, J. P., & Haskell, W. L. (1971). Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res*, *3*(6): 404-432.
- French, D. J., Roach, P. J., & Mayes, S. (2002). Peur du mouvement chez des accidentés du travail: L'Échelle de Kinésiophobie de Tampa (EKT). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des Sciences du comportement*, *34*(1): 28-33.
- Gauthier, A. P., Larivière, M., & Young, N. (2009). Psychometric properties of the IPAQ: A validation study in a sample of northern Franco-Ontarians. *Journal of Physical Activity & Health*, *6*: S54-S60.
- Gellish, R. L., Goslin, B. R., Olson, R. E., McDonald, A., Russi, G. D., & Moudgil, V. K. (2007). Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(5): 822-829.
- Gerdle, B., Forsgren, M. F., Bengtsson, A., Leinhard, O. D., Soren, B., Karlsson, A., . . . Lundberg, P. (2013). Decreased muscle concentrations of ATP and PCR in the quadriceps muscle of fibromyalgia patients--a 31P-MRS study. *Eur J Pain*, *17*(8): 1205-1215.
- Gomez-Cabello, A., Vicente-Rodriguez, G., Navarro-Vera, I., Martinez-Redondo, D., Diez-Sanchez, C., & Casajus, J. A. (2015). Influences of physical fitness on bone mass in women with fibromyalgia. *Adapt Phys Activ Q*, *32*(2): 125-136.
- Griep, E. N., Boersma, J. W., Lentjes, E. G., Prins, A. P., van der Korst, J. K., & de Kloet, E. R. (1998). Function of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in patients with fibromyalgia and low back pain. *J Rheumatol*, *25*(7): 1374-1381.
- Gulati, M., Shaw, L. J., Thisted, R. A., Black, H. R., Bairey Merz, C. N., & Arnsdorf, M. F. (2010). Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women: the st. James women take heart project. *Circulation*, *122*(2): 130-137.

- Hauser, W., Klose, P., Langhorst, J., Moradi, B., Steinbach, M., Schiltenwolf, M., & Busch, A. (2010). Efficacy of different types of aerobic exercise in fibromyalgia syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Arthritis Res Ther*, 12(3): R79.
- Hsieh, L. F., Chien, H. L., Chuang, C. C., & Bai, C. H. (2010). Aerobic capacity is reduced in Chinese women with primary fibromyalgia syndrome. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 18(3): 216-225.
- IPAQ. (2005). Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) - Short and long form. Révisé en novembre 2005. <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=56f92d66615e27d49a658031&assetKey=AS%3A344600888791041%401459170662924>
- Jain, A. K., Carruthers, B. M., van de Sande, M. I., Barron, S. R., Donaldson, C. C. S., Dunne, J. V., . . . Seibel, D. G. (2003). Fibromyalgia syndrome: Canadian clinical working case definition, diagnostic and treatment protocols - a consensus document. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 11(4): 3-107.
- Jones, K. D., Clark, S. R., & Bennett, R. M. (2002). Prescribing exercise for people with fibromyalgia. *AACN Clin Issues*, 13(2): 277-293.
- Jones, K. D., Deodhar, P., Lorentzen, A., Bennett, R. M., & Deodhar, A. A. (2007). Growth hormone perturbations in fibromyalgia: a review. *Semin Arthritis Rheum*, 36(6): 357-379.
- Julien, N., Goffaux, P., Arsenault, P., & Marchand, S. (2005). Widespread pain in fibromyalgia is related to a deficit of endogenous pain inhibition. *Pain*, 114(1-2): 295-302.
- Kaminsky, L. A., & Whaley, M. H. (1998). Evaluation of a new standardized ramp protocol: The BSU/Bruce ramp protocol. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 18(6): 438-444.
- Keller, B. A., Pryor, J. L., & Giloteaux, L. (2014). Inability of myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome patients to reproduce VO₂ peak indicates functional impairment. *J Transl Med*, 12: 104.
- Kelly, D. J., Ahmad, M., & Brull, S. J. (2001). Preemptive analgesia I: physiological pathways and pharmacological modalities. *Can J Anaesth*, 48(10): 1000-1010.
- Koltyn, K. F., Brellenthin, A. G., Cook, D. B., Sehgal, N., & Hillard, C. (2014). Mechanisms of exercise-induced hypoalgesia. *J Pain*, 15(12): 1294-1304.
- Kori, S. H., Miller, R. P., & Tood, D. D. (1990). Kinesiophobia: A new view of chronic pain behavior. *Pain Management*(Jan/Feb): 35-43.
- Lachaine, J., Beauchemin, C., & Landry, P. A. (2010). Clinical and economic characteristics of patients with fibromyalgia syndrome. *Clin J Pain*, 26(4): 284-290.
- Lawrence, R. C., Felson, D. T., Helmick, C. G., Arnold, L. M., Choi, H., Deyo, R. A., . . . Wolfe, F. (2008). Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. *Arthritis Rheum*, 58(1): 26-35.
- Le Bars, D., Dickenson, A. H., & Besson, J. M. (1979). Diffuse noxious inhibitory controls (DNIC). I. Effects on dorsal horn convergent neurones in the rat. *Pain*, 6(3): 283-304.
- Lund, E., Kendall, S. A., Janerot-Sjoberg, B., & Bengtsson, A. (2003). Muscle metabolism in fibromyalgia studied by P-31 magnetic resonance spectroscopy during aerobic and anaerobic exercise. *Scand J Rheumatol*, 32(3): 138-145.
- Marchand, S. (2008). The physiology of pain mechanisms: from the periphery to the brain. *Rheum Dis Clin North Am*, 34(2): 285-309.

- Marchand, S. (2009). *Le phénomène de la douleur*: Montréal : Éditions de la Chenelière, c2009 (2e éd.)
- McBeth, J., Silman, A. J., Gupta, A., Chiu, Y. H., Ray, D., Morriss, R., . . . Macfarlane, G. J. (2007). Moderation of psychosocial risk factors through dysfunction of the hypothalamic-pituitary-adrenal stress axis in the onset of chronic widespread musculoskeletal pain: findings of a population-based prospective cohort study. *Arthritis Rheum*, *56*(1): 360-371.
- McIver, K. L., Evans, C., Kraus, R. M., Ispas, L., Sciotti, V. M., & Hickner, R. C. (2006). NO-mediated alterations in skeletal muscle nutritive blood flow and lactate metabolism in fibromyalgia. *Pain (03043959)*, *120*(1-2): 161-169.
- Meeus, M., Nijs, J., Hermans, L., Goubert, D., & Calders, P. (2013). The role of mitochondrial dysfunctions due to oxidative and nitrosative stress in the chronic pain or chronic fatigue syndromes and fibromyalgia patients: peripheral and central mechanisms as therapeutic targets? *Expert Opin Ther Targets*, *17*(9): 1081-1089.
- Mengshoel, A. M., Vollestad, N. K., & Forre, O. (1995). Pain and fatigue induced by exercise in fibromyalgia patients and sedentary healthy subjects. *Clinical & Experimental Rheumatology*, *13*(4): 477-482.
- Nardin, R. A., & Johns, D. R. (2001). Mitochondrial dysfunction and neuromuscular disease. *Muscle and Nerve*, *24*(2): 170-191.
- Naugle, K. M., Fillingim, R. B., & Riley, J. L., 3rd. (2012). A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. *J Pain*, *13*(12): 1139-1150.
- Nielens, H. M. D., Boisset, V. M. D., & Masquelier, E. M. D. (2000). Fitness and perceived exertion in patients with fibromyalgia syndrome. *Clinical Journal of Pain*, *16*(3): 209-213.
- Norregaard, J., Buelow, P. M., Mehlsen, J., & Danneskiold-Samsoe, B. (1994). Biochemical changes in relation to a maximal exercise test in patients with fibromyalgia. *Clinical Physiology (Oxford)*, *14*(2): 159-167.
- Norregaard, J., Bulow, P. M., Lykkegaard, J. J., Mehlsen, J., & Danneskiold-Samsoe, B. (1997). Muscle strength, working capacity and effort in patients with fibromyalgia. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, *29*(2): 97-102.
- Organisation mondiale de la Santé. (Juin 2016). Activité physique - Aide mémoire. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/fr/>
- Penrod, J. R., Bernatsky, S., Adam, V., Baron, M., Dayan, N., & Dobkin, P. L. (2004). Health services costs and their determinants in women with fibromyalgia. *Journal of Rheumatology*, *31*(7): 1391-1398.
- Reyes del Paso, G. A., Garrido, S., Pulgar, A., & Duschek, S. (2011). Autonomic cardiovascular control and responses to experimental pain stimulation in fibromyalgia syndrome. *J Psychosom Res*, *70*(2): 125-134.
- Reyes Del Paso, G. A., Garrido, S., Pulgar, A., Martin-Vazquez, M., & Duschek, S. (2010). Aberrances in autonomic cardiovascular regulation in fibromyalgia syndrome and their relevance for clinical pain reports. *Psychosom Med*, *72*(5): 462-470.
- Riva, R., Mork, P. J., Westgaard, R. H., Ro, M., & Lundberg, U. (2010). Fibromyalgia syndrome is associated with hypocortisolism. *Int J Behav Med*, *17*(3): 223-233.
- Rusu, C., Gee, M. E., Lagace, C., & Parlor, M. (2015). Chronic fatigue syndrome and fibromyalgia in Canada: prevalence and associations with six health status indicators. *Health Promot Chronic Dis Prev Can*, *35*(1): 3-11.

- Sánchez-Domínguez, B., Bullón, P., Román-Malo, L., Marín-Aguilar, F., Alcocer-Gómez, E., Carrión, A. M., . . . Cordero, M. D. (2015). Oxidative stress, mitochondrial dysfunction and, inflammation common events in skin of patients with fibromyalgia. *Mitochondrion*, 21: 69-75.
- Sanudo, B., & Galiano, D. (2009). Using cardiovascular parameters and symptom severity to prescribe physical activity in women with fibromyalgia. *Clinical & Experimental Rheumatology*, 27(5 Suppl 56): S62-66.
- Sener, U., Ucok, K., Ulasli, A. M., Genc, A., Karabacak, H., Coban, N. F., . . . Cevik, H. (2013). Evaluation of health-related physical fitness parameters and association analysis with depression, anxiety, and quality of life in patients with fibromyalgia. *International Journal of Rheumatic Diseases*. doi:10.1111/1756-185X.12237
- Simms, R. W., Roy, S. H., Hrovat, M., Anderson, J. J., Skrinar, G., Lepoole, S. R., . . . Jolesz, F. (1994). Lack of association between fibromyalgia syndrome and abnormalities in muscle energy metabolism. *Arthritis and rheumatism*, 37(6): 794-800.
- Snell, C. R., Stevens, S. R., Davenport, T. E., & Van Ness, J. M. (2013). Discriminative validity of metabolic and workload measurements for identifying people with chronic fatigue syndrome. *Physical Therapy*, 93(11): 1484-1492.
- Soriano-Maldonado, Ruiz, Álvarez-Gallardo, Segura-Jiménez, Santalla, & Munguía-Izquierdo. (2014). Validity and reliability of rating perceived exertion in women with fibromyalgia: exertion-pain discrimination. *Journal of Sports Sciences*. DOI: 10.1080/02640414.2014.994661, page consultée en décembre 2014.
- Soriano-Maldonado, A., Ortega, F. B., & Munguía-Izquierdo, D. (2014). Association of cardiorespiratory fitness with pressure pain sensitivity and clinical pain in women with fibromyalgia. *Rheumatol Int*. doi:10.1007/s00296-014-3203-z, page consultée en janvier 2014.
- Statistique Canada. (2015). Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes, 2014. <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/150617/t002b-fra.htm>.
- Staud, R. (2009). Abnormal pain modulation in patients with spatially distributed chronic pain: fibromyalgia. *Rheum Dis Clin North Am*, 35(2): 263-274.
- Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2): 299-323.
- Tak, L. M., Cleare, A. J., Ormel, J., Manoharan, A., Kok, I. C., Wessely, S., & Rosmalen, J. G. (2011). Meta-analysis and meta-regression of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity in functional somatic disorders. *Biol Psychol*, 87(2): 183-194.
- Talbot, J. D., Duncan, G. H., & Bushnell, M. C. (1989). Effects of diffuse noxious inhibitory controls (DNICs) on the sensory-discriminative dimension of pain perception. *Pain*, 36(2): 231-238.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*, 37(1): 153-156.
- Taylor, H. L., Buskirk, E., & Henschel, A. (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol*, 8(1): 73-80.
- Torgrimson-Ojerio, B., Ross, R. L., Dieckmann, N. F., Avery, S., Bennett, R. M., Jones, K. D., . . . Wood, L. J. (2014). Preliminary evidence of a blunted anti-inflammatory response to exhaustive exercise in fibromyalgia. *Journal Of Neuroimmunology*, 277(1-2): 160-167.

- Turk, D. C., & Melzack, R. (2011). *Handbook of pain assessment*. New York: Guilford Press (3e éd.)
- Tzvetkov, S., Bonov, P., & Dasheva, D. (2008). Problems in determination of the ventilatory threshold based on the respiratory exchange ratio in high-level athletes. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 6(2): 115-123.
- Vaegter, H. B., Handberg, G., Jorgensen, M. N., Kinly, A., & Graven-Nielsen, T. (2015). Aerobic exercise and cold pressor test induce hypoalgesia in active and inactive men and women. *Pain Med*, 16(5): 923-933.
- Valim, V., Oliveira, L. M., Suda, A. L., Silva, L. E., Faro, M., Barros Neto, T. L., . . . Natour, J. (2002). Peak oxygen uptake and ventilatory anaerobic threshold in fibromyalgia. *Journal of Rheumatology*, 29(2): 353-357.
- Vanness, J. M., Snell, C. R., & Stevens, S. R. (2007). Diminished cardiopulmonary capacity during post-exertional malaise. *Journal of Chronic Fatigue Syndrome*, 14(2): 77-85.
- Vermeulen, R. C., Kurk, R. M., Visser, F. C., Sluiter, W., & Scholte, H. R. (2010). Patients with chronic fatigue syndrome performed worse than controls in a controlled repeated exercise study despite a normal oxidative phosphorylation capacity. *J Transl Med*, 8: 93.
- Vincent, A., Whipple, M. O., Low, P. A., Joyner, M., & Hoskin, T. L. (2016). Patients with fibromyalgia have significant autonomic symptoms but modest autonomic dysfunction. *PM and R*, 8(5): 425-435.
- Vural, M., Berkol, T. D., Erdogdu, Z., Pekedis, K., Kucukserat, B., & Aksoy, C. (2014). Evaluation of the effectiveness of an aerobic exercise program and the personality characteristics of patients with fibromyalgia syndrome: a pilot study. *J Phys Ther Sci*, 26(10): 1561-1565.
- Walitt, B., Nahin, R. L., Katz, R. S., Bergman, M. J., & Wolfe, F. (2015). The prevalence and characteristics of fibromyalgia in the 2012 National Health Interview Survey. *PLoS ONE*, 10(9): e0138024.
- Wang, C. Y., Haskell, W. L., Farrell, S. W., Lamonte, M. J., Blair, S. N., Curtin, L. R., . . . Burt, V. L. (2010). Cardiorespiratory fitness levels among US adults 20-49 years of age: findings from the 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol*, 171(4): 426-435.
- Watkins, L. R., Milligan, E. D., & Maier, S. F. (2003). Glial proinflammatory cytokines mediate exaggerated pain states: implications for clinical pain. *Adv Exp Med Biol*, 521: 1-21.
- Weltman, A., Snead, D., Stein, P., Seip, R., Schurrer, R., Rutt, R., & Weltman, J. (1990). Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO₂max. *Int J Sports Med*, 11(1): 26-32.
- Wolfe, F., Clauw, D. J., Fitzcharles, M.-A., Goldenberg, D. L., Häuser, W., Katz, R. S., . . . Winfield, J. B. (2011). Fibromyalgia criteria and severity scales for clinical and epidemiological studies: A modification of the ACR preliminary diagnostic criteria for fibromyalgia. *Journal of Rheumatology*, 38(6): 1113-1122.
- Wolfe, F., Clauw, D. J., Fitzcharles, M. A., Goldenberg, D. L., Hauser, W., Katz, R. L., . . . Walitt, B. (2016). 2016 Revisions to the 2010/2011 fibromyalgia diagnostic criteria. *Semin Arthritis Rheum*, 46(3): 319-329.

- Wolfe, F., Clauw, D. J., Fitzcharles, M. A., Goldenberg, D. L., Katz, R. S., Mease, P., . . . Yunus, M. B. (2010). The American College of Rheumatology preliminary diagnostic criteria for fibromyalgia and measurement of symptom severity. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 62(5): 600-610.
- Wolfe, F., Smythe, H. A., Yunus, M. B., Bennett, R. M., Bombardier, C., Goldenberg, D. L., . . . et al. (1990). The American College of Rheumatology 1990 Criteria for the classification of fibromyalgia. Report of the multicenter criteria committee. *Arthritis Rheum*, 33(2): 160-172.

ANNEXE A : APPROBATION ET RENOUELEMENT DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE EN SANTÉ CHEZ L'HUMAIN DU CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE SHERBROOKE



Sherbrooke, le 10 juin 2015

**Objet : Approbation finale du projet de recherche par le
Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS**

Projet #2016-1058 - Fibro cardio

Capacités cardiorespiratoires de femmes atteintes de fibromyalgie évaluées selon un protocole évaluation réévaluation

Chère Pre Gaudreault,

Le Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS a pris connaissance des documents réponses déposés dans Nagano à la suite de l'approbation conditionnelle du projet cité en rubrique.

Voici les documents réponses qui ont été reçus le **10 juin 2015** et examinés en comité restreint le **10 juin 2015**:

- Formulaire de réponses aux conditions (F20-3468) incluant:
 - Formulaire consentement version pour participantes FM_Suivi des modifications_CÉR.docx
 - Formulaire de consentement_version pour participantes NON_FM_Suivi des modifications_CÉR.doc
 - Affiche de recrutement avec No téléphone et poste.doc

Il nous fait plaisir de vous informer que votre projet a été **approuvé de façon finale au CÉR du CHUS le 10 juin 2015**, et ce, pour une période de 12 mois. (**10 juin 2016**).

Voici la liste des documents qui sont approuvés:

- Formulaire de consentement: 2016-1058_FC_principal participante FM 10 juin 2015.pdf
- Formulaire de consentement: 2016-1058_FC_principal participante Non-FM 10 juin 2015.pdf
- Entretien téléphonique.pdf
- Questionnaire: Fibromyalgia Impact Questionnaire - Revised
- Questionnaire: Q_BECK_II_Franco
- Échelle de Borg
- Échelle de kinésiophobie de tampa
- Questionnaire: Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique pour tous (Q-AAP)
- Questionnaires: Questionnaire sociodemographique
- Échelle numérique de la douleur

- IPAQ-LVCF
- Instructions aux participantes avant tests d'effort cardiorespiratoire
- Protocole de recherche _version finale
- Formulaire de prise de données - EFX.
- Affiche de recrutement 10 juin 2015

Vous devez attendre l'autorisation du directeur scientifique du Centre de recherche du CHUS avant de débiter la recherche. Certains aspects de la convenance organisationnelle doivent être évalués avant le début du recrutement des participants. Cette autorisation du Centre de recherche s'ajoute à l'approbation du Comité d'éthique.

En acceptant la présente lettre d'approbation finale du Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS, vous vous engagez à soumettre au Comité:

- toute demande de modification au projet de recherche ou à tout document approuvé par le comité pour la réalisation de votre projet.
- tout incidents thérapeutiques graves (SAE) / toutes réactions indésirables graves (SAR) qui sont envoyés au chercheur par le commanditaire sous différentes formes et appellations (IND Safety Letter, Safety Report, Alert Report, etc...) (réf.: CRC-RC5) dans les plus brefs délais.
- tout incidents thérapeutiques graves (SAE) / toutes réactions indésirables graves (SAR) survenant **au CHUS dans les 24 heures** suivant la prise de connaissance par l'équipe de recherche (réf.: CRC-RC6)
- Tout nouveau renseignement sur des éléments susceptibles d'affecter l'intégrité ou l'éthicité du projet de recherche ou d'accroître les risques et les inconvénients des sujets, de nuire au bon déroulement du projet ou d'avoir une incidence sur le désir d'un sujet de recherche de continuer sa participation au projet de recherche;
- Toute modification constatée au chapitre de l'équilibre clinique à la lumière des données recueillies;
- La cessation prématurée du projet de recherche, qu'elle soit temporaire ou permanente;
- Tout problème identifié par un tiers, lors d'une enquête, d'une surveillance ou d'une vérification interne ou externe;
- Toute suspension ou annulation de l'approbation octroyée par un organisme de subvention ou de réglementation;
- Toute procédure en cours de traitement d'une plainte ou d'une allégation de manquement à l'intégrité ou à l'éthique ainsi que des résultats de la procédure.

La présente décision peut être suspendue ou révoquée en cas de non-respect de ces exigences. En plus du suivi administratif d'usage, le CÉR pourra effectuer un suivi actif au besoin selon les modalités qu'il juge appropriées.

En terminant, nous vous rappelons que vous devez conserver pour une période d'au moins un an suivant la fin du projet, un répertoire distinct comprenant les noms, prénoms, coordonnées, date du début et de fin de la participation de chaque sujet de recherche.

Il est à noter qu'aucun membre du comité d'éthique participant à l'évaluation et à l'approbation de ce projet n'est impliqué dans celui-ci.

En ce qui concerne l'essai clinique visé, à titre de représentant du Comité d'éthique de la recherche, je certifie que:

1. La composition de ce Comité d'éthique satisfait aux exigences pertinentes prévues dans le titre 5 de la partie C du Règlement sur les aliments et drogues.
2. Le Comité d'éthique de la recherche exerce ses activités de manière conforme aux bonnes pratiques cliniques, et
3. Ce Comité d'éthique a examiné et approuvé le formulaire de consentement et le protocole d'essai clinique qui sera mené par le chercheur susmentionné, au lieu d'essai indiqué. L'approbation et les opinions du présent comité ont été consignées par écrit.
4. Ce Comité est conforme aux normes américaines. (FWA #00005894)

Je vous prie d'accepter, Pr Gaudreault, mes meilleures salutations.

Marcelle Monette, Ph. D.
Vice-présidente du CÉR du CHUS



Sherbrooke, le 10 juin 2016

Objet : Approbation via révision accélérée d'une demande de renouvellement annuel - FCRC/RC9 - 7632 par le Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS

Projet #2016-1058 - Fibro cardio

Capacités cardiorespiratoires de femmes atteintes de fibromyalgie évaluées selon un protocole évaluation réévaluation

Bonjour Pre Gaudreault,

La présente est pour vous informer que nous avons reçu le formulaire de demande de renouvellement annuel pour le projet mentionné ci-haut.

Une nouvelle approbation a été émise par le Comité d'éthique de la recherche en santé chez l'humain du CHUS via révision accélérée le **10 juin 2016** et sera valide jusqu'au **10 juin 2017**.

Il est à noter qu'aucun membre du comité d'éthique participant à l'évaluation et à l'approbation de ce projet n'est impliqué dans celui-ci.

En ce qui concerne l'essai clinique visé, à titre de représentant du Comité d'éthique de la recherche, je certifie que:

1. La composition de ce comité d'éthique satisfait aux exigences pertinentes prévues dans le titre 5 de la partie C du Règlement sur les aliments et drogues.
 2. Le comité d'éthique de la recherche exerce ses activités de manière conforme aux bonnes pratiques cliniques, et
 3. Ce comité d'éthique a examiné et approuvé le formulaire de consentement et le protocole d'essai clinique qui sera mené par le chercheur susmentionné, au lieu d'essai indiqué. L'approbation et les opinions du présent comité ont été consignées par écrit.
 4. Ce Comité est conforme aux normes américaines. (FWA #00005894)
-

Espérant le tout à votre convenance, je vous prie d'agréer, Pre Gaudreault, mes salutations distinguées.

Annabelle Cumyn, MDCM, MHPE
Présidente du comité d'éthique de la recherche chez l'humain