

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

ENTRAÎNEMENT FONCTIONNEL PAR INTERVALLES À HAUTE INTENSITÉ
(EFIHI) CHEZ DES PATIENTS AVEC INSUFFISANCE CARDIAQUE ET
FRACTION D'ÉJECTION VENTRICULAIRE GAUCHE RÉDUITE (FE < 40%).

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

PAR
PHILIPPE DESILETS-BEAUDOIN

JANVIER 2021

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

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

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

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES
MAÎTRISE EN SCIENCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE (3407)

Direction de recherche :

François Trudeau, Ph. D.

Prénom et nom

directeur de recherche

Dr Ariel Diaz, MD., M. Sc.

Prénom et nom

codirecteur de recherche

Jury d'évaluation du mémoire

François Trudeau, Ph.D.

Prénom et nom

Professeur, UQTR

Fonction du membre du jury

Claude Lajoie, Ph.D.

Prénom et nom

Professeur, UQTR

Fonction du membre du jury

Julie Houle, Ph.D.

Prénom et nom

Professeure, UQTR

Fonction du membre du jury

RÉSUMÉ

INTRODUCTION. L'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité (EFIHI) a gagné en popularité depuis la dernière décennie. Ce type d'entraînement est potentiellement très intéressant pour une population de patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (ICFER) puisque cette pratique sollicite à la fois les capacités aérobies et musculaires. Par contre, des études sont nécessaires afin d'établir si ce type d'activité physique est sécuritaire et efficace comme réadaptation cardiaque et prévention secondaire pour les gens aux prises de cette maladie.

OBJECTIF. L'objectif principal de cette étude est d'explorer les adaptations périphériques et centrales suite à un protocole d'entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité (EFIHI) trois fois par semaine pendant 11 semaines, chez une population de patients ayant une insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite ($FE < 40\%$). **MÉTHODE.** Pour cette étude observationnelle, 8 participants (1 femme et 7 hommes âgés de $60,5 \pm 11,9$ ans) atteints d'insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection réduite ($FE < 40\%$) ont été recrutés. La majorité des participants ($n=7$) présentaient une classe fonctionnelle de I/IV selon la classification de la New York Heart Association (NYHA). Ils ont tous été soumis à des tests comprenant un test de consommation maximale d'oxygène (VO_{2pic}), une échographie cardiaque au repos et à l'effort ainsi que des tests fonctionnels avant et après le protocole d'entraînement. À la suite de ces tests, les 8 participants ont effectué 33 séances d'exercices supervisés (3x par semaine pendant 11 semaines). Aussi, afin de comparer

l'effet du protocole d'entraînement dans le temps (avant et après) sur les différentes variables à l'étude, des tests t de Student ont été utilisés pour comparer la progression de ces différentes variables dans le groupe. **RÉSULTATS.** Au départ les participants avaient en moyenne un IMC de $33,3 \pm 5,1$ kg/m², une pression artérielle systolique de $123,5 \pm 8,1$ mmHg et diastolique de $72,3 \pm 14,9$ mmHg. Nous avons observé des différences statistiquement significatives suite aux 11 semaines d'entraînements pour le volume d'éjection systolique (VES) au repos ($\Delta 8,3 \pm 5,86$ mL, $p=0,01$) et la fraction d'éjection (FE) au repos ($\Delta 6,6 \pm 4,68$ %, $p=0,01$). La puissance des membres inférieures s'est améliorée significativement ($\Delta 11,75 \pm 8,3$ Watts, $p=0,007$) contrairement à la capacité cardiorespiratoire (VO_{2pic}) qui ne s'est pas améliorée significativement ($\Delta 1,25 \pm 0,89$ mL/kg/min, NS). Finalement, la performance au test de marche de 6 minutes a augmenté significativement ($\Delta 98,75 \pm 69,82$ m, $p=0,0001$) ainsi qu'au test de capacité physique fonctionnelle ($\Delta -3,18 \pm 2,25$ secondes, $p=0,0015$). Aucun événement négatif en lien avec le projet de recherche a été rapporté. **CONCLUSION.** Dans cette étude prospective de participants avec une méthode non randomisée où le participant est son propre contrôle, l'EF1HI semble apporter des adaptations physiologiques autant périphériques que centrales et est sécuritaire pour cette population. Il serait pertinent de vérifier l'efficacité de ce programme d'entraînement à l'aide d'une étude contrôlée randomisée.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	i
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	viii
REMERCIEMENT	x
CHAPITRE 1. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE	1
Introduction.....	1
Impact de l'insuffisance cardiaque sur le système de santé.....	3
CHAPITRE 2. RECENSION DES ÉCRITS	5
Étiologie.....	5
Symptômes.....	8
Signes.....	10
Pathogenèse	13
Impact de l'insuffisance cardiaque sur la santé et la qualité de vie du patient	14
Adaptations cardiovasculaires à l'entraînement chez les patients avec insuffisance cardiaque	15
Réponses physiologiques à l'effort chez les sujets avec fraction d'éjection réduite	16
Réponses physiologiques chez les sujets avec fraction d'éjection préservée.....	18
L'évaluation de la capacité à l'exercice chez les patients avec insuffisance cardiaque	19
Adaptation hémodynamique à l'entraînement.....	20
L'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité (EFIHI).....	22

CHAPITRE 3. ARTICLE	25
RÉSUMÉ	25
INTRODUCTION	27
MÉTHODOLOGIE	29
RÉSULTATS.....	35
DISCUSSION et CONCLUSION	40
RÉFÉRENCES	53
 CHAPITRE 4. DISCUSSION GÉNÉRALE.....	 63
RÉFÉRENCES.....	67
 ANNEXE A	 i
Journal de bord.....	i
 ANNEXE B.....	 iv
Variable pré-post entraînement.....	iv
 ANNEXE C.....	 ix
Suivi cardiovasculaire	ix
 ANNEXE D	 xii
Certificats.....	xii
 ANNEXE E.....	 xvi
Critères d'inclusion-exclusion	xvi
Recrutement (hôpital)	xvi
Formulaire de consentement.....	xvi

ANNEXE F	xxx
Programme d'entrainement.....	xxx

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Principaux symptômes de l'insuffisance cardiaque.....	9
Tableau 2	Principaux signes de l'insuffisance cardiaque.....	11
Tableau 3	Risque de décès dans une période de 3 ans basé sur le VO_{2pic}	20
Tableau 4	Critères d'inclusion et d'exclusion, projet HF-HIFIT.....	31
Tableau 5	Progression de l'intensité et du volume au fil des semaines.....	34
Tableau 6	Données démographiques et cliniques, projet HF-HIFIT.....	35
Tableau 7	Données hémodynamiques au repos et à l'effort.....	37
Tableau 8	Comparaison des capacités aérobies et fonctionnelles suite à l'entraînement.....	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Débit cardiaque chez le sujet insuffisant cardiaque à l'effort maximal..	17
Figure 2	Loi de Frank Starling.....	18
Figure 3	Résultats pré-post entraînement, FE au repos, VES au repos, FC au repos, puissance maximale des membres inférieurs, test de la capacité fonctionnelle, test de marche de six minutes.....	39

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
AVC	Accident vasculaire cérébral
CCS	<i>Canadian Cardiovascular Society</i>
CIHI	<i>Canadian Institute for Health Information</i>
CIUSSS-MCQ	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-centre-du-Québec
CV	Cardiovasculaire
DEA	Défibrillateur externe automatisé
DPN	Dyspnée paroxystique nocturne
EFIHI	Entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité
ESC	Société Européenne de Cardiologie
FE	Fraction d'éjection
HSFC	<i>Heart and Stroke Foundation of Canada</i>
IC	Insuffisance cardiaque
ICFER	Insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection réduite
ICIS	Institut canadien d'information sur la santé
ISQ	Institut de la Statistique du Québec
NYHA	<i>New York Heart Association</i>
PNB	Peptide natriurétique de type B
RAMQ	Régie de l'assurance maladie du Québec

SC	Statistique Canada
SCA	Syndrome coronarien aigu
SNS	Système nerveux sympathique
SRAA	Système rénine-angiotensine-aldostérone
UQTR	Université du Québec à Trois-Rivières
VO_{2max}	Capacités aérobiques maximales
VO_{2pic}	Pic maximal de consommation d'oxygène
WHOQOL	<i>World Health Organization Quality Of Life</i>

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier les acteurs principaux qui ont été présents et qui m'ont aidé à cheminer tout au long de ma maîtrise. D'abord, je souhaite remercier mon directeur de recherche, M. François Trudeau pour la confiance qu'il a eu à mon égard tout au long de ce projet. Je le remercie également pour ses judicieux conseils, pour le temps qu'il a consacré lors de nos rencontres que j'ai grandement appréciées et pour son professionnalisme. Il a été un modèle d'excellence qui m'a permis de me développer comme chercheur. De plus, je tiens à remercier et mentionner le travail colossal de mon ami et co-directeur Dr Ariel Diaz. Ce dernier a été présent de jour, de soir et de fin de semaine afin de me guider dans ce long processus, de développer mon savoir sur les maladies cardiovasculaires et de me motiver à donner le meilleur de moi-même. Bref, ces deux professionnels m'inspirent et je ne les remercierai jamais assez de l'opportunité qu'ils m'ont accordée.

J'aimerais remercier également tous les participants de ce projet de recherche qui ont été présent lors des différents tests et des entraînements. Aussi, je tiens à remercier les différents professionnels et techniciens du CIUSSS-MCQ qui ont collaboré à la collecte de données.

Enfin, mes remerciements s'adressent à mes proches. Je remercie mes parents pour le soutien inconditionnel et les encouragements tout au long de mon parcours. À ma conjointe Noémie Trottier, que je remercie de m'appuyer dans mes différents projets et d'être présente à mes côtés au quotidien.

CHAPITRE 1. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Introduction

Les pays occidentaux sont touchés par un fléau grandissant, la sédentarité et le faible niveau d'activité physique (AP) (Guthold et al., 2018). Ceci est un problème touchant une portion importante de la population. Ainsi au Québec 56% des Québécois de 15 ans et plus sont sédentaires ou légèrement actifs (Institut de la Statistique du Québec, 2014-2015). La raison est que la majeure partie de la journée d'un adulte est consacrée à son emploi qui demande le plus souvent un effort mental plutôt que physique, qui conduit à un déconditionnement généralisé. Ce dernier, associée à notre mode de vie qui se veut non contraignant et facilitant, amène l'individu à fournir de moins en moins d'effort physique pour répondre à ses besoins et à préconiser l'inactivité. Le faible niveau d'activité physique et le comportement sédentaire combinée à un stress omniprésent empêche la personne de prioriser de saines habitudes de vie qui favoriserait une santé adéquate (Després, 2016). Trop souvent ce mode de vie peu actif devient ancré et s'accroît avec l'âge. La proportion de personnes sédentaires croît avec l'âge: de 22% chez les 15 à 24 ans à 38% chez les 65 ans et plus (Institut de la Statistique du Québec, 2014-2015). En effet, le faible niveau d'AP et le comportement sédentaire sont associés au développement de plusieurs maladies du cœur et de maladies chroniques telles que le diabète de type II, l'hypertension artérielle, l'insuffisance cardiaque (IC) et plusieurs autres (Kesaniemi et al., 2001). Chacune de ces maladies, par leurs symptômes, limite dans leur quotidien les gens qui en souffrent. Aussi, lorsque ces maladies atteignent une

certaine gravité, les symptômes ne sont pas seulement limitants, mais handicapent la personne à un point tel que sa vie et sa qualité de vie est en jeu. Certaines maladies, comme les maladies coronariennes ou les cardiopathies ischémiques peuvent laisser des dommages permanents et irréversibles tels que l'insuffisance cardiaque. Selon la Société canadienne de cardiologie, l'IC est considérée comme étant un syndrome qui résulte de différentes maladies. Ce syndrome entraîne des signes et symptômes cliniques reliés à une réduction du débit cardiaque ainsi qu'à une congestion pulmonaire et systémique (Ezekowitz et al., 2017). En effet, si l'on s'attarde aux conséquences de cette maladie, elles sont plus que préoccupantes par leur gravité, mais surtout par les impacts souvent irréversibles malgré un mode de vie optimal. Vu la prévalence élevée ainsi que les conséquences néfastes de cette condition, il est essentiel de trouver une approche holistique autant en prévention qu'en thérapie. Il existe une variété d'avancées médicales pour contrôler les symptômes et retarder l'apparition de morbidités associées. Cependant, il y a une trentaine d'années, le traitement de l'insuffisance cardiaque reposait sur une expertise moins développée. Pour démontrer le contraste avec les avancées actuelles, l'exercice physique était autrefois proscrit pour les personnes atteintes d'insuffisance cardiaque (Mayou et al., 1981; McHenry, 1974). Il leur était plutôt recommandé de rester alitées pour des mois, de peur que leur condition se dégrade ou accélère le déconditionnement cardiaque. Cette pensée est parfois encore ancrée dans la communauté médicale, mais aussi dans la population générale. Ce manque d'exercice n'était pas sans conséquence. En effet, les intervenants ont observé une hausse marquée de la sarcopénie augmentant alors le risque d'hospitalisation et de décès pour ces individus, ainsi qu'une

baisse de la qualité de vie (Antunes et al., 2017). On doit aussi souligner que l'évolution du traitement de cette maladie est considérable du point de vue des thérapies pharmacologiques disponibles. Par contre, un suivi multidisciplinaire est crucial pour la prise en charge de toutes les facettes de cette maladie.

Impact de l'insuffisance cardiaque sur le système de santé

Récemment Statistique Canada a signalé que la population canadienne comptait plus de personnes de 65 ans et plus que de 14 ans et moins. Selon l'organisme, en 2015, le Canada comptait 5 580 900 aînés, ce qui représente 16,1% de la population (Statistique Canada, 2015). D'ici 2055, les aînés représenteront 25% de la population (Statistique Canada, 2015; Gouvernement du Canada, 2010). Le vieillissement de la population canadienne s'accompagne d'un accroissement du fardeau que représente l'insuffisance cardiaque (IC). Le poids sur le système de santé canadien nécessitant une hospitalisation est majeur. En 2006, on estime que 500 000 Canadiens souffrent d'IC et que 50 000 nouveaux patients sont diagnostiqués chaque année. (Ross et al., 2006). Les projections concernant l'impact futur de cette affection sont alarmantes : d'ici 2025, on prévoit que l'incidence de l'IC doublera du fait du vieillissement de la population. (Johansen et al., 2003). Malgré le progrès d'ensemble réalisé dans le traitement et la prise en charge de l'IC, le taux de survie et leur qualité de vie restent faibles. Au Canada, 4430 décès étaient attribuables à l'IC en 2004 et des taux de mortalité annuels pouvant atteindre 50% sont reliés à l'IC. (Mamas et al., 2017; Wielgosz et al., 2009). Selon la Fondation des maladies du cœur et de l'AVC du Canada (2016), l'IC est la troisième cause majeure

d'hospitalisation, tout juste derrière les maladies cardiorespiratoires et les infarctus du myocarde qui sont précurseurs de l'insuffisance cardiaque. La durée des hospitalisations pour cause d'exacerbation de l'IC est en moyenne de huit jours et le coût d'un séjour à l'hôpital dans ce contexte est d'environ 8 000\$ (Heart and Stroke Foundation of Canada, 2016; Régie de l'Assurance Maladie du Québec, 2016). Il est estimé que le coût total de cette maladie chronique représente plus de 2,8 milliards de dollars par an au Canada et que la part liée à l'hospitalisation est prédominante (Heart and Stroke Foundation of Canada, 2016). L'IC est une des causes majeures d'hospitalisation, mais elle est aussi associée à un taux de réhospitalisation beaucoup plus important que la plupart des autres maladies chroniques (Gheorghiade et al., 2013). Les données de l'Institut Canadien de l'Information sur la Santé (ICIS) démontrent qu'un patient sur cinq atteint d'insuffisance cardiaque va être réhospitalisé dans les 30 jours suivant leur sortie de l'hôpital. De plus, cette maladie chronique a le taux de réadmission à l'hôpital le plus élevé avec 21% (Canadian Institute for Health Information, 2012).

CHAPITRE 2. RECENSION DES ÉCRITS

Étiologie

L'insuffisance cardiaque est une maladie résultant de multiples processus physiopathologiques provenant de différentes étiologies, parmi ces dernières l'on retrouve : la maladie coronarienne, les valvulopathies, l'hypertension artérielle, les myocardites infectieuses, les maladies congénitales, les cardiomyopathies, les cardiomyopathies d'origine idiopathique, les arythmies cardiaques, etc. (Ferreira et al., 2019).

Maladie coronarienne

La majeure partie des cas d'IC provient de la cardiomyopathie ischémique. Celle-ci est un état caractérisé par un apport insuffisant de sang et d'oxygène à une partie du myocarde. Elle survient généralement lorsqu'il existe un déséquilibre entre l'apport et la demande d'oxygène du myocarde. La cause la plus fréquente de cette maladie est une augmentation de plaques d'athérosclérose à l'intérieur d'une ou plusieurs artères coronaires réduisant le débit myocardique régional. L'insuffisance cardiaque due à la maladie coronarienne peut se présenter de manière aiguë ou syndrome coronarien aigu (SCA), sous forme d'un infarctus du myocarde ou de manière chronique (apparition de fibrose) avec diminution de la fraction d'éjection. Plusieurs facteurs de risques de natures génétiques, comportementales ou biologiques sont associés à la survenue de la cardiomyopathie ischémique comme l'alimentation riche en graisses et en calories, le tabagisme, la consommation élevée d'alcool, le mode de vie sédentaire et un faible niveau

d'activité physique, l'embonpoint et l'obésité (Anthony et al., 2017; Laonigro et al., 2009; Steiner & Lang, 2017).

Valvulopathies

Les valvulopathies surviennent quand une ou plusieurs valves cardiaques ne fonctionnent pas adéquatement. En temps normal, les valves du cœur aident à diriger le débit de sang dans les chambres ventriculaires. En cas de valvulopathie, il peut arriver qu'une valve ne se ferme pas correctement (insuffisance ou régurgitation) ou ne s'ouvre pas complètement (sténose). Ces défaillances affectent le débit sanguin et peuvent forcer le myocarde à travailler plus fort à chaque battement (Anthony et al., 2017). L'apparition des symptômes d'insuffisance cardiaque peut apparaître sous forme d'une augmentation de la pression ventriculaire dans le contexte d'une sténose ou d'une augmentation du volume dans le contexte d'une insuffisance ou régurgitation. Ces deux mécanismes à leur façon vont éventuellement amener une augmentation du travail myocardique à long terme, un mécanisme qui devient délétère pour la fonction et la structure ventriculaire.

Hypertension artérielle

L'hypertension artérielle est une pathologie cardiovasculaire définie par une pression sanguine trop élevée dans les artères. Ceci a comme conséquence une augmentation de la postcharge et un remodelage myocardique avec des pressions intracavitaires plus élevées (Dubus et al., 1993). Ce qui amène à une hypertrophie

ventriculaire non pas physiologique, mais pathologique similaire à celle survenant suite à une sténose valvulaire comme mentionnée dans le paragraphe ci-haut.

Myocardite infectieuse

Une myocardite est un processus inflammatoire le plus souvent attribué à des agents infectieux qui peuvent envahir directement le myocarde, produire des cardiotoxines et déclencher des réponses inflammatoires chroniques délétères avec une diminution aiguë ou chronique de la fraction d'éjection (Anthony et al., 2017).

Maladies congénitales

La cardiopathie congénitale correspond à des malformations du cœur à la naissance. Certaines formes de cardiopathie congénitale sont tout à fait mineures et ne causeront jamais de problèmes cardiaques. Cependant, d'autres formes de la maladie plus graves entraînent des changements au myocarde qui résultent en insuffisance cardiaque (Hoffman et Kaplan, 2002).

Cardiomyopathies idiopathiques

La cardiomyopathie idiopathique est définie comme une cardiomyopathie typique et primaire, donc d'origine inconnue (Dec & Fuster, 1994).

Arythmies

L'arythmie est un trouble de l'activité électrique normale du cœur. Certaines arythmies peuvent affecter le débit cardiaque en aiguë entraînant une diminution de celui-ci avec un tableau clinique d'insuffisance cardiaque. Par exemple, une tachyarythmie peut augmenter la consommation myocardique d'oxygène au seuil d'une ischémie avec diminution de la fraction d'éjection ou augmenter les pressions intraventriculaires causant de l'œdème pulmonaire et un tableau clinique d'insuffisance cardiaque. Aussi, les arythmies peuvent non seulement déclencher une IC aiguë, mais elles peuvent aussi être un facteur aggravant d'une condition préexistante d'IC telle que la fibrillation auriculaire (FA), qui est un type d'arythmie qui coexiste souvent avec l'IC et qui affecte le pronostic (Mehrang et al., 2020). Au contraire, les bradycardies pathologiques peuvent amener une diminution du débit cardiaque qui vient diminuer la perfusion tissulaire (Mangrum & DiMarco, 2000; Rosenbaum et al., 1994). Les tachycardiomyopathies sont une cause importante de dysfonction ventriculaire gauche ou la dysfonction auriculaire ou ventriculaire est secondaire à un rythme rapide ou asynchrone et irrégulier de la contraction myocardique, partiellement ou complètement réversible après le traitement de l'arythmie sous-jacente (Martin & Lambiase, 2017).

Symptômes

L'insuffisance cardiaque présente plusieurs symptômes classiques. Nous retrouvons entre autres la dyspnée, l'orthopnée, la dyspnée paroxystique nocturne, l'œdème périphérique, l'asthénie et la faiblesse (Tableau 1).

Tableau 1

Principaux symptômes de l'insuffisance cardiaque (Tiré de Fonseca et al., 2004)

-
- Dyspnée
 - Orthopnée
 - Dyspnée paroxystique nocturne (DPN)
 - Asthénie et faiblesse
-

Dyspnée

La dyspnée apparaît lorsqu'il y a une augmentation de la pression dans les cavités gauches, cela crée un engorgement des vaisseaux pulmonaires. Un essoufflement marqué est donc observable. Cela est dû à un apport diminué d'oxygène dans les muscles respiratoires et squelettiques attribuable à une réduction du débit cardiaque, mais principalement à la présence d'une pression capillaire alvéolaire élevée générant un œdème pulmonaire empêchant un bon échange gazeux au niveau de la paroi alvéolo-capillaire (Mancini et al., 1992). Ainsi, la toux est un symptôme occasionné par une transsudation pulmonaire vers les alvéoles, ce qui va comprimer les voies aériennes ayant comme résultat une toux sèche.

Orthopnée

L'orthopnée est une difficulté respiratoire en position de décubitus dorsal. Ce symptôme est attribuable à un retour veineux de l'abdomen et des membres inférieurs vers le thorax (Duguet et al., 2000). Chez un sujet sain, cela ne pose pas de problème, mais le cœur du patient atteint d'IC n'est pas en mesure de drainer adéquatement les

capillaires pulmonaires, ce qui favorise la transsudation des capillaires pulmonaires vers les alvéoles amenant une dyspnée. Ce symptôme peut être soulagé en position assise.

Dyspnée paroxystique nocturne (DPN)

La DPN est définie comme des épisodes aigus de difficultés respiratoires sévères et de toux qui surviennent généralement pendant la nuit (Heller et al., 1992). Ce symptôme est causé par une augmentation de la pression dans les artères bronchiques provoquant une compression des voies aériennes, ainsi que par un œdème pulmonaire interstitiel (Anthony et al., 2017).

Asthénie et faiblesse

Ce symptôme est lié à l'hypoperfusion des muscles squelettiques (Neuenschwander & Bruera, 1998). La capacité d'effort est réduite par la capacité du cœur défaillant à augmenter son débit afin de délivrer une quantité suffisante d'oxygène aux muscles et aussi par une moins bonne capacité des cellules à utiliser l'oxygène disponible.

Signes

Certains signes peuvent témoigner d'une insuffisance cardiaque, les plus importants sont les crépitations pulmonaires, l'ascite, l'hépatomégalie, l'ictère et la cachexie cardiaque (Tableau 2).

Tableau 2

Principaux signes de l'insuffisance cardiaque (Tiré de Fonseca et al., 2004)

-
- Crépitants pulmonaires
 - Œdème périphérique
 - Ascite
 - Hépatomégalie
 - Ictère
 - Cachexie cardiaque
-

Crépitants pulmonaires

Lorsque la pression veineuse pulmonaire et capillaire est élevée, il peut y avoir une transsudation au niveau des alvéoles (Fonseca et al., 2004). Cette accumulation crée un effet de succion dans les alvéoles et des crépitants sont entendus surtout en fin d'inspiration.

Œdème périphérique

L'œdème apparaît chez les insuffisants cardiaques suite à une hausse de pression dans le ventricule droit, augmentant la pression de l'oreillette droite et du système veineux. Cela mène à une transsudation de liquide vers les tissus périphériques environnants (Kemp & Conte, 2012). Ce liquide se loge au début au niveau des chevilles et des pieds puisqu'il est dépendant de la gravité. Lorsque l'accumulation de liquide est plus généralisée, on parle d'anasarque.

Ascites

Lorsqu'il y a une hausse importante de la pression dans les veines hépatiques et les veines qui drainent le péritoine, du liquide peut s'échapper hors de l'espace vasculaire (Sheer et al., 2010). Cet épanchement de liquide dans le péritoine appelé ascite amène des douleurs abdominales et un essoufflement dû à une compression du diaphragme.

Hépatomégalie et ictère

L'hépatomégalie est l'augmentation du volume du foie, puisque lors d'une insuffisance cardiaque droite, il y a une augmentation de la pression au niveau de la veine cave supérieure et inférieure (Kemp et Conte, 2012). Cette élévation de la pression peut se répercuter jusqu'au foie créant des complications à long terme comme la cirrhose hépatique. Le mauvais fonctionnement du foie qui en découle induit un ictère, est une coloration jaune de la peau, des conjonctives et d'autres tissus, causée par une augmentation de la bilirubine dans le sang.

Cachexie cardiaque

C'est une perte de poids soudaine causée entre autres par une anorexie, des nausées, des vomissements ainsi qu'une augmentation du métabolisme de base (Anker & Sharma, 2002).

Pathogenèse

L'insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection réduite est une maladie chronique progressive et complexe, déclenchée après un événement altérant la condition du muscle cardiaque ou qui perturbe la capacité du myocarde à générer une contractilité adéquate (Kemp et Conte, 2012). Cet événement peut être aigu, par exemple à la suite d'un infarctus du myocarde, ou chronique. Quelle que soit la nature de ces différents événements déclencheurs, leur caractéristique commune est qu'ils entraînent tous une diminution de la capacité du cœur à combler les besoins métaboliques. Au début de la maladie, certaines personnes restent plutôt asymptomatiques malgré la diminution de la capacité du cœur à pomper grâce à des mécanismes de compensation. Ces mécanismes sont le système rénine-angiotensine-aldostérone (SRAA) et le système nerveux sympathique (SNS) qui sont tous les deux responsables du maintien du débit cardiaque afin de combler les besoins métaboliques. Cependant, le SRAA et le SNS deviennent délétères pour le cœur à long terme. Puisqu'une activation des systèmes neuro-hormonaux prolongée épuise la capacité myocardique, ceci occasionne certaines complications telles que: développement d'une hypertrophie ventriculaire, apparition de diverses formes d'arythmies, diminution de la fraction d'éjection, augmentation des pressions intracavitaires, fibrose myocardique, désensibilisation des récepteurs β -adrénergiques et perte progressive des myocytes par nécrose ou apoptose (Ge et al., 2019). Un autre mécanisme de compensation est l'activation de molécules vasodilatatrices appelées peptides natriurétiques de type B (PNB) (Cowie & Mendez, 2002; Kemp & Conte, 2012). Contrairement au SRAA et SNS, ce mécanisme à long terme ne nuit pas aux fonctions

myocardiques. Ces dernières ont un effet plutôt protecteur et de compensation du tableau de défaillance cardiaque agissant comme antagonistes des SRAA et SNS. Les PNB vont contribuer à une vasodilatation. Ils vont avoir comme effet une diminution de la pression artérielle, une diminution de l'activité sympathique, une augmentation de la natriurèse et de la diurèse, une diminution de la vasopressine, de l'aldostérone, de la fibrose et ultimement une diminution de l'hypertrophie cardiaque (Cowie & Mendez, 2002). Il y a aussi l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien qui peut entraîner notamment la rétention d'eau et de sodium ainsi que la libération de cortisol, ce qui augmente la glycémie (Burford et al., 2017).

Impact de l'insuffisance cardiaque sur la santé et la qualité de vie du patient

Le maintien d'une bonne qualité de vie est aussi important que la survie chez les patients atteints d'une maladie chronique. Il est à noter que l'amélioration de la condition clinique des patients dépend considérablement de l'implication de ceux-ci dans l'amélioration de leurs habitudes de vie. Si l'on compare le niveau de dégradation des conditions physique et psychologique d'un patient atteint d'insuffisance cardiaque à un patient atteint de toute autre maladie chronique, on remarque que la diminution des capacités physiques et fonctionnelles est plus préoccupante dû à la quantité et à la gravité des symptômes (Megari, 2013). Donc, ces personnes vivent avec des problématiques comme la dyspnée, la fatigue, l'œdème périphérique, l'insomnie, la dépression et les douleurs thoraciques qui les affectent autant physiquement que psychologiquement (Bekelman et al., 2007). Tout ceci limite les patients dans les activités de la vie

quotidienne, les amenant à adopter un comportement de plus en plus sédentaire. Cette sédentarité grandissante contribue largement à la dégradation de la condition physique des patients qui elle engendre encore davantage ce mode de vie passif. Il s'ensuit un cycle de déconditionnement où la personne se voit coincée et devient victime de son propre état (Mancini, 2017). Pour cette raison, le taux d'hospitalisation et de mortalité chez les personnes atteintes d'insuffisance cardiaque est élevé résultant d'une mauvaise qualité de vie (Dracup et al., 1992).

Adaptations cardiovasculaires à l'entraînement chez les patients avec insuffisance cardiaque

Il est possible de retarder ou de prévenir l'apparition d'une insuffisance cardiaque par une prise en charge précoce des facteurs de risque conduisant à la maladie. Plus particulièrement chez les patients à haut risque d'hypertension artérielle et/ou de maladies coronariennes (Wilhelmsen et al., 2001). L'un des objectifs les plus importants doit toujours être de prévenir le développement de l'insuffisance cardiaque. Par contre, si le diagnostic est déjà établi, il importe d'avoir une approche thérapeutique interdisciplinaire. Autre que le suivi via les cliniques d'insuffisance cardiaque et par le cadre médical pour le diagnostic, le traitement et la stabilisation de la condition, le patient aura besoin des ressources externes pour l'aider à optimiser le traitement établi par le médecin. Suivre un plan nutritionnel ainsi qu'effectuer des activités physiques de façon quotidienne sont des éléments importants de la prise en charge de l'insuffisance cardiaque. Il a été prouvé que l'activité physique aide au bon fonctionnement du corps humain (Warburton et al., 2010).

Lorsque cette dernière est utilisée à des fins thérapeutiques, elle peut grandement améliorer la condition générale d'un patient. Trente minutes d'activité physique à intensité moyenne par jour effectuées en prévention primaire peut réduire d'environ 20% le risque de développer une maladie coronarienne (Sesso et al., 2000), tandis que le traitement par l'activité physique effectué en prévention secondaire va inévitablement améliorer la condition cardiovasculaire d'un individu sous traitement (Cattadori et al., 2018; Pelliccia et al., 2020; Piña et al., 2003).

Il existe plusieurs effets bénéfiques de l'activité physique régulière chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque. L'activité physique a la capacité d'améliorer la sensibilité à l'insuline ainsi que de diminuer la pression artérielle due à une baisse des catécholamines plasmatiques et de la résistance périphérique totale (Duncan et al., 1985; Pescatello et al., 2004). Aussi, les fonctions endothéliales des artères coronaires s'améliorent puisqu'il a été prouvé que les effets vasoconstricteurs de l'acétylcholine sont atténués suite à un effort intense (Hambrecht et al., 2000). De plus, le temps jusqu'à l'apparition d'ischémie à l'épreuve d'effort manifestée par une dépression du segment ST, est plus tardive après un programme d'entraînement (Ehsani et al., 1981).

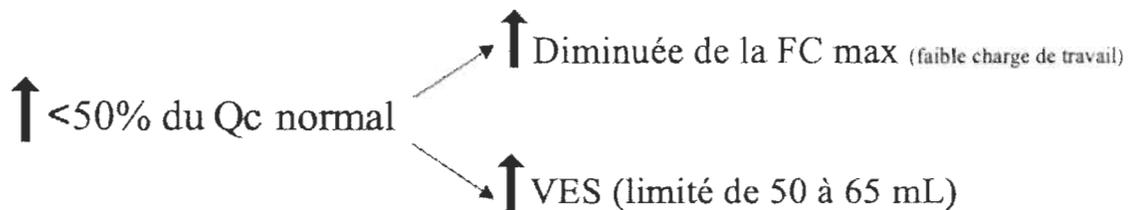
Réponses physiologiques à l'effort chez les sujets avec fraction d'éjection réduite

Le point marquant de l'insuffisance cardiaque est l'incapacité d'effectuer des efforts physiques. La baisse de cette capacité est en corrélation avec un débit sanguin inadéquat aux muscles squelettiques actifs dû à un faible débit cardiaque (débit cardiaque = fréquence cardiaque • volume d'éjection systolique). Lors d'un effort maximal, les

personnes avec insuffisance cardiaque atteignent un débit cardiaque 50% moins élevé que les sujets sains (Piña et al., 2003). Donc, l'incapacité à augmenter le débit cardiaque (DC) chez les personnes avec insuffisance cardiaque est en lien direct avec l'augmentation limitée du volume d'éjection systolique (VES) qui se situe entre 50 et 65mL couplée à une fréquence cardiaque maximale (FC max) plus basse. (Voir Figure 1)

Figure 1

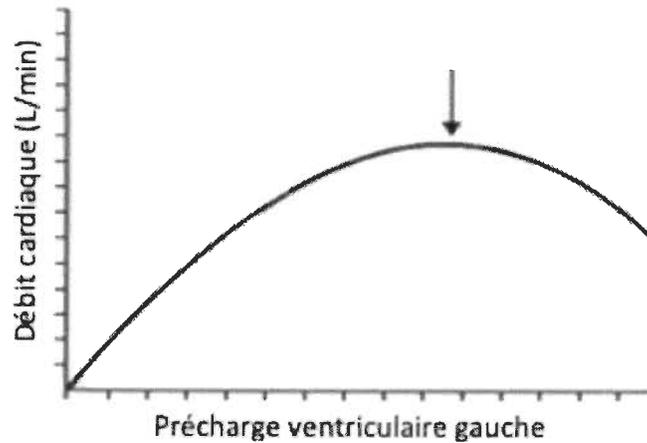
Débit cardiaque chez le sujet insuffisant cardiaque à l'effort maximal (Tiré et traduit de Piña et al., 2003)



Pour les personnes ayant une fraction d'éjection réduite et une cardiomégalie, la force de contraction du myocarde est affectée. Cela est dû, entre autres, à un étirement des cardiomyocytes supérieurs à 2,2 microns (Figure 2), dépassant ainsi la longueur maximale optimale à laquelle la contractilité serait accrue telle que décrite par la Loi de Frank Starling (Perrault & Richard, 2012). Ceci a comme conséquence une incapacité d'augmenter la force de contraction autant au repos qu'à l'effort. De ce fait, même au repos, le ventricule effectue son travail près de sa capacité d'expansion maximale. (Gutierrez et al., 2013).

Figure 2

Loi de Frank Starling (Tiré de Gutierrez et al., 2013)



Réponses physiologiques chez les sujets avec fraction d'éjection préservée

Chez les personnes ayant une fraction d'éjection préservée, il y a aussi une limitation au niveau du débit cardiaque, due entre autres à une diminution du volume d'éjection systolique suite à un remodelage concentrique des chambres ventriculaires pouvant être occasionné par l'hypertension artérielle chronique, la sténose aortique ou toute autre condition qui augmente la résistance vasculaire systémique (Gevaert et al., 2019). De plus, ces derniers couplés à un problème d'excrétion sodique des reins qui occasionne une augmentation de la volémie amènent le myocarde à fonctionner avec des pressions télédiastoliques plus élevées. Le volume de sang est donc plus grand à l'intérieur du corps et cette augmentation de volume sanguin crée une pression accrue au niveau des chambres ventriculaires entraînant ainsi un cercle vicieux. Le cœur doit donc s'adapter et accélérer la fréquence cardiaque de façon compensatoire afin de maintenir un bon débit cardiaque.

L'évaluation de la capacité à l'exercice chez les patients avec insuffisance cardiaque

Les tests à l'effort permettent, entre autres, de déceler de quelle manière le cœur réagit lors d'un exercice physique. Pour les personnes atteintes d'insuffisance cardiaque, les tests peuvent s'effectuer de manière continue ou progressive. Les résultats des tests et leur interprétation peuvent aider le clinicien à dépister l'apparition de symptômes d'intolérances à l'effort et ainsi contribuer à l'identification des contre-indications à l'entraînement. De plus, nous pouvons observer la tolérance à l'effort du patient et sa réponse à l'exercice sous médication. Aussi, avec ces tests, le clinicien peut estimer le pic maximal de consommation d'oxygène (VO_{2pic}). Cette mesure peut nous aider à classifier la condition physique de l'individu et donc, à déterminer le pourcentage du risque de décès à l'intérieur de trois ans basé sur le VO_{2pic} (Tableau 3) (Ehrman et al., 2013). Finalement, les tests à l'effort aident le clinicien à guider le reconditionnement physique et à préciser la prescription d'exercice.

Également, il existe un test de marche continue de six minutes qui est utile afin d'établir un pronostic et de déterminer la capacité fonctionnelle des patients. Ce test consiste simplement à parcourir la plus grande distance possible pendant 6 minutes. Il est facile à administrer et donne un aperçu rapide de la progression ou de la régression de la condition physique de la personne évaluée. (Bittner et al., 1993; Du et al., 2009; Guyatt et al., 1985)

Tableau 3

Risque de décès sur 3 ans, basé sur le VO_{2pic} (Tiré de Ehrman et al., 2013)

VO_{2pic}	Risque de décès
$\geq 17 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	$\approx 19\%$
$\leq 16 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	$\approx 48\%$
$\leq 14 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	$\approx 50\%$
$\leq 12 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	$\approx 52\%$
$\leq 10 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	$\approx 60\%$

Adaptation hémodynamique à l'entraînement

L'entraînement physique est une thérapie peu coûteuse et facile à administrer, mais elle est encore peu utilisée et gagne à être connue. Cette thérapie pour les personnes atteintes d'insuffisance cardiaque améliore plusieurs composantes hémodynamiques et retarde l'apparition de certains symptômes tels que la dyspnée (Giannuzzi et al., 2003; Long et al., 2019). De plus, elle aide à repousser l'apparition de la fatigue musculaire et cardiovasculaire. Grâce à l'entraînement, nous pouvons aider à réduire le taux d'hospitalisation et de mortalité, ce qui contribue à désengorger les hôpitaux (O'Connor et al., 2009). De plus, l'entraînement améliore grandement l'autonomie de ces personnes ainsi que leur qualité de vie. L'étude de Hambrecht (2000) démontre bien comment l'entraînement peut amener à des adaptations physiologiques optimales autant au niveau périphérique que centrale. Les chercheurs ont effectué un suivi d'entraînement de type endurance aérobie avec des patients insuffisants cardiaques sur une période de 6 mois, évaluant les effets de l'entraînement sur les fonctions du ventricule gauche ainsi que sur la résistance périphérique. Suite au protocole de 6 mois, ils ont observé une amélioration

de la réserve de la fréquence cardiaque. Ceci est dû à une baisse de la fréquence cardiaque au repos et à une augmentation de la fréquence cardiaque maximale à l'exercice. Aussi, le volume d'éjection systolique s'est vu amélioré autant au repos qu'à l'effort par une amélioration des fonctions intrinsèques du myocarde ainsi qu'une amélioration de la stimulation inotrope causée par l'entraînement (Blomqvist & Saltin, 1983). Par contre, au repos et à l'effort sous-maximal, le débit cardiaque reste inchangé. Ceci est dû à la baisse de la fréquence cardiaque et à l'amélioration de la force de contraction ventriculaire ; le débit cardiaque est donc pratiquement le même, mais avec de nouvelles mesures plus optimales pour le cœur. Cependant, à l'effort maximal, le débit cardiaque est amélioré puisque le volume d'éjection systolique et la fréquence cardiaque maximale sont augmentés grâce à l'entraînement. La pression artérielle reste inchangée, ce qui est probablement en lien avec la médication administrée. La résistance vasculaire périphérique totale, autant au repos qu'à l'effort, a vu sa valeur diminuée, ce qui réduit grandement la charge de travail du cœur en abaissant les résistances vasculaires systémiques et donc la post-charge du myocarde, créant un effet bénéfique (Hambrecht, et al., 2000).

Une des causes les plus fréquentes de l'insuffisance cardiaque est la cardiomyopathie dilatée. L'un des grands problèmes est la fraction d'éjection abaissée. Chez les personnes atteintes de la maladie, s'il n'y a aucune prise en charge, leur condition physique ne cessera de se dégrader. Comme la fraction d'éjection est abaissée, cela crée une surcharge chronique de volume dans le ventricule, ce qui augmente le volume

télédiastolique ainsi que la pression intraventriculaire. Cependant, une étude a démontré qu'après 6 mois d'entraînement, il est possible d'avoir une diminution du diamètre et du volume télédiastolique et télésystolique du ventricule gauche (Hambrecht et al., 2000). Aussi, l'étude de Wisløff (2017) confirme ces données.

L'exercice physique comme complément à la médication est une façon efficace de contrer le remodelage ventriculaire, puisque l'entraînement apporte une réduction de la résistance vasculaire périphérique totale réduisant ainsi la charge hémodynamique du cœur (Hambrecht et al., 2000). De plus, l'exercice aérobie réduit le taux d'angiotensine II, d'aldostérone, de vasopressine, d'adrénaline et de noradrénaline (Braith et al., 1999). À long terme, ces adaptations physiologiques freinent le remodelage du cœur et du même coup l'apparition précoce de symptômes d'intolérance à l'effort à l'entraînement.

L'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité (EFIHI)

L'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité (EFIHI) a gagné en popularité depuis peu, dû aux nombreux avantages qu'il comporte. L'EFIHI est un type d'entraînement combinant les adaptations de l'entraînement par intervalle de haute intensité et l'entraînement de musculation. Le volet aérobie est incorporé grâce aux intervalles de haute intensité, tandis que le volet musculation est intégré à l'aide de mouvements fonctionnels. Les mouvements fonctionnels sont décrits comme étant des exercices polyarticulaires recréant certains mouvements de la vie quotidienne utilisés à des fins d'entraînement ou de réadaptation. L'étude de Smith (2013) a évalué l'effet d'un

programme d'entraînement fonctionnel de haute intensité de 10 semaines sur les capacités aérobiques maximales (VO_{2max}) ainsi que sur la composition corporelle chez les personnes saines. Ils ont constaté que la masse musculaire augmentait de 1 kg autant chez les hommes que chez les femmes (1.4 - 2.2%). Aussi, le VO_{2max} s'améliore de façon encore plus prononcée si l'on intègre ce paramètre au poids corporel des patients. En effet, on observe une amélioration de 12% du VO_{2max} chez les hommes versus 13,6% chez les femmes en tenant compte du poids corporel. Par contre, si l'on ne prend pas compte du poids corporel des individus, ils ont observé que la capacité maximale aérobique s'élève de 9% chez les hommes et de 9,6% chez les femmes. Cela indique que l'amélioration de la condition physique n'est pas seulement due à la perte de poids dans cette étude. De plus, il est aussi important d'effectuer de l'entraînement de musculation, puisqu'avec l'âge les effets de la sarcopénie sur les capacités cardiorespiratoires (VO_{2max}) sont majeurs puisqu'ils comprennent une baisse de la densité capillaire, une augmentation du taux de gras intermusculaire, une réduction de l'action de la protéine kinase 5'-AMP-activée (AMPK) ayant un effet délétère sur la régulation du glucose et finalement, influence négativement le taux ainsi que la fonction des mitochondries. Donc, ces anomalies musculaires et vasculaires altèrent la distribution et l'utilisation de l'oxygène dans les tissus, diminuant fortement la capacité aérobie des patients avec IC (Shah et al., 2020).

Objectifs de la recherche

Le but de l'étude est d'explorer les adaptations périphériques et centrales suite à un protocole d'entraînement fonctionnel par intervalles à haute intensité (EFIHI) de 11 semaines auprès de personnes avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (ICFER) ($FE < 40\%$). Également, nous allons vérifier la sécurité de ce type d'entraînement chez cette population.

Hypothèse

L'EFIHI a la capacité de générer les adaptations physiologiques de l'entraînement aérobie par intervalle et celles de l'entraînement de musculation puisque ce type d'entraînement est un intermédiaire entre ces deux derniers. Aussi, une autre hypothèse à confirmer est que l'EFIHI est sécuritaire chez les patients avec ICFER.

CHAPITRE 3. ARTICLE

RÉSUMÉ

INTRODUCTION. L'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité (EFIHI) a gagné en popularité depuis la dernière décennie. Ce type d'entraînement est potentiellement très intéressant pour une population de patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (ICFER) puisque cette pratique sollicite à la fois les capacités aérobies et musculaires. Par contre, des études sont nécessaires afin d'établir si ce type d'activité physique est sécuritaire et efficace comme réadaptation cardiaque et prévention secondaire pour les gens aux prises de cette maladie.

OBJECTIF. L'objectif principal de cette étude est d'explorer les adaptations périphériques et centrales suite à un protocole d'entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité (EFIHI) trois fois par semaine pendant 11 semaines, chez une population de patients ayant une insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (FE<40%). **MÉTHODE.** Pour cette étude observationnelle, 8 participants (1 femme et 7 hommes âgés de $60,5 \pm 11,9$ ans) atteints d'insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection réduite (FE<40%) ont été recrutés. La majorité des participants (n=7) présentaient une classe fonctionnelle de I/IV selon la classification de la New York Heart Association (NYHA). Ils ont tous été soumis à des tests comprenant un test de consommation maximale d'oxygène (VO_{2pic}), une échographie cardiaque au repos et à l'effort ainsi que des tests fonctionnels avant et après le protocole d'entraînement. À la suite de ces tests, les 8 participants ont effectué 33 séances

d'exercices supervisés (3x par semaine pendant 11 semaines). Aussi, afin de comparer l'effet du protocole d'entraînement dans le temps (avant et après) sur les différentes variables à l'étude, des tests t de Student ont été utilisés pour comparer la progression de ces différentes variables dans le groupe. **RÉSULTATS.** Au départ les participants avaient en moyenne un IMC de $33,3 \pm 5,1$ kg/m², une pression artérielle systolique de $123,5 \pm 8,1$ mmHg et diastolique de $72,3 \pm 14,9$ mmHg. Nous avons observé des différences statistiquement significatives suite aux 11 semaines d'entraînements pour le volume d'éjection systolique (VES) au repos ($\Delta 8,3 \pm 5,86$ mL, $p=0,01$) et la fraction d'éjection (FE) au repos ($\Delta 6,6 \pm 4,68$ %, $p=0,01$). La puissance des membres inférieures s'est améliorée significativement ($\Delta 11,75 \pm 8,3$ Watts, $p=0,007$) contrairement à la capacité cardiorespiratoire (VO_{2pic}) qui ne s'est pas améliorée significativement ($\Delta 1,25 \pm 0,89$ mL/kg/min, NS). Finalement, la performance au test de marche de 6 minutes a augmenté significativement ($\Delta 98,75 \pm 69,82$ m, $p=0,0001$) ainsi qu'au test de capacité physique fonctionnelle ($\Delta -3,18 \pm 2,25$ secondes, $p=0,0015$). Aucun évènement négatif en lien avec le projet de recherche a été rapporté. **CONCLUSION.** Dans cette étude prospective de participants avec une méthode non randomisée où le participant est son propre contrôle, l'EFIHI semble apporter des adaptations physiologiques autant périphériques que centrales et est sécuritaire pour cette population. Il serait pertinent de vérifier l'efficacité de ce programme d'entraînement à l'aide d'une étude contrôlée randomisée.

Mots clés : Insuffisance cardiaque, réadaptation cardiaque, adaptations périphériques/centrales, cardiologie, activité physique, fraction d'éjection réduite

INTRODUCTION

Les pays occidentaux sont touchés par un fléau grandissant, la sédentarité et le faible niveau d'activité physique (AP). Ceci est un problème touchant une portion importante de la population. Ainsi au Québec 56% des Québécois de 15 ans et plus sont sédentaires ou légèrement actifs (Institut de la Statistique du Québec, 2014-2015). La proportion de personnes sédentaires croît: de 22% chez les 15 à 24 ans à 38% chez les 65 ans et plus (Institut de la Statistique du Québec, 2014-2015). Conséquemment, le faible niveau d'AP et le comportement sédentaire sont associés au développement de plusieurs maladies du cœur et de maladies chroniques telles que le diabète de type II, l'hypertension artérielle, l'insuffisance cardiaque (IC) et plusieurs autres (Kesaniemi et al., 2001). Certaines maladies peuvent laisser des dommages permanents et irréversibles tels que l'insuffisance cardiaque. Celle-ci se définit comme étant un syndrome qui résulte de différentes maladies. Ce syndrome entraîne des signes et symptômes cliniques reliés à une réduction du débit cardiaque ainsi qu'à une congestion pulmonaire et systémique (Ezekowitz et al., 2017). En effet, si l'on s'attarde aux conséquences de cette maladie, elles sont plus que préoccupantes par leur gravité, mais surtout par les impacts souvent irréversibles malgré un mode de vie optimal. Vu la prévalence élevée ainsi que les conséquences néfastes de cette condition, il est essentiel de trouver une approche holistique autant en prévention qu'en thérapie. Cependant, il y a une trentaine d'années, le traitement de l'insuffisance cardiaque reposait sur une expertise moins développée. Pour démontrer le contraste avec les avancées actuelles, l'exercice physique était autrefois proscrit pour les personnes atteintes d'insuffisance cardiaque (Mayou et al., 1981;

McHenry, 1974). Ce manque d'exercice n'était pas sans conséquence. En effet, les intervenants ont observé une hausse marquée de la sarcopénie augmentant alors le risque d'hospitalisation et de décès pour ces individus, ainsi qu'une baisse de la qualité de vie (Antunes et al., 2017). On doit aussi souligner que l'évolution du traitement de cette maladie est considérable du point de vue des thérapies pharmacologiques disponibles. Par contre, un suivi multidisciplinaire est crucial pour la prise en charge de toutes les facettes de cette maladie.

Récemment Statistique Canada a signalé que la population canadienne comptait plus de personnes de 65 ans et plus que de 14 ans et moins. Selon l'organisme, en 2015, le Canada comptait 5 580 900 aînés, ce qui représente 16,1% de la population (Statistique Canada (SC) 2015). D'ici 2055, les aînés représenteront 25% de la population (Statistique Canada, 2015; Gouvernement du Canada, 2010). Le vieillissement de la population canadienne s'accompagne d'un accroissement du fardeau que représente l'insuffisance cardiaque (IC). Le poids sur le système de santé canadien nécessitant une hospitalisation est majeur. En 2006, on estime que 500 000 Canadiens souffrent d'IC et que 50 000 nouveaux patients sont diagnostiqués chaque année (Ross et al., 2006). Les projections concernant l'impact futur de cette affection sont alarmantes : d'ici 2025, on prévoit que l'incidence de l'IC doublera du fait du vieillissement de la population. (Johansen et al., 2003). Malgré le progrès d'ensemble réalisé dans le traitement et la prise en charge de l'IC, le taux de survie et de qualité de vie reste faible. Au Canada, 4430 décès étaient attribuables à l'IC en 2004 et des taux de mortalité annuels pouvant atteindre 50% sont reliés à l'IC. (Wielgosz et al., 2009). Selon la Fondation des maladies du cœur et de l'AVC

du Canada (2016), l'IC est la troisième cause majeure d'hospitalisation, tout juste derrière les maladies cardiorespiratoires et les infarctus du myocarde qui sont précurseurs de l'insuffisance cardiaque. Il est estimé que le coût total de cette maladie chronique représente plus de 2,8 milliards de dollars par an au Canada et que la part liée à l'hospitalisation est prédominante (HSFC 2016). L'IC est une des causes majeures d'hospitalisation, mais elle est aussi associée à un taux de réhospitalisation beaucoup plus important que la plupart des autres maladies chroniques (Gheorghide et al., 2013).

Le but de l'étude est d'explorer les adaptations périphériques et centrales suite à un protocole d'entraînement fonctionnel par intervalles à haute intensité (EFIHI) de 11 semaines auprès de personnes avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (ICFER) ($FE < 40\%$). Également, nous allons vérifier la sécurité de ce type d'entraînement chez cette population.

MÉTHODOLOGIE

Il s'agit d'une étude observationnelle avec un devis prospectif sans groupe contrôle. L'intérêt de ce projet de recherche était de développer une nouvelle approche de réadaptation cardiovasculaire pour une population avec insuffisance cardiaque.

Participants

Pour être admis dans l'étude, les participants devaient être âgés entre 18 et 75 ans, avoir une FE entre 20 et 40%, être dans la classe fonctionnelle de la NYHA I à III et n'avoir subi aucun événement cardiovasculaire (CV) majeur, hospitalisation ou

intervention CV dans les 3 derniers mois avant le recrutement sans nécessité additionnelle de revascularisation à court terme. Les critères d'exclusion majeur liés à cette étude étaient l'impossibilité de pouvoir effectuer de l'exercice selon les contre-indications de l'ACSM (Liguori & ACSM, 2020), avoir une hypertrophie sévère du ventricule gauche ou une hypertrophie septale supérieure à 18 mm ou toute autre obstruction du ventricule gauche, avoir une pression systolique de l'artère pulmonaire supérieure à 60 mmHg ou avoir une valvulopathie sévère. Une liste complète des critères d'inclusion et d'exclusion est disponible au tableau 4.

Huit participants stables avec un tableau clinique d'insuffisance cardiaque et fraction d'éjection réduite ($FE < 40\%$) ont été recrutés pour participer à l'étude, il s'agit d'un échantillon de convenance. Ces patients ont été identifiés et recrutés à la clinique d'insuffisance cardiaque du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-centre-du-Québec (CIUSSS-MCQ) et à la clinique de cardiologie de Trois-Rivières. Tous les patients ont été suivis par l'équipe multidisciplinaire de cardiologie du CIUSSS-MCQ. Les personnes intéressées et répondant aux différents critères étaient invitées à se déplacer à l'Université du Québec à Trois-Rivières pour une séance d'information. Lors de cette première rencontre, le chercheur principal a procédé aux explications de l'étude, suivies de la signature du formulaire de consentement par les participants. Le projet a été approuvé par le comité éthique de la recherche médicale du CIUSSS-MCQ (CER-2017-021), par le comité d'évaluation scientifique du CIUSSS-MCQ ainsi que par le comité éthique de la recherche de l'UQTR (CER-18-248-07.01).

Tableau 4*Critères d'inclusion et d'exclusion*

Critères d'inclusion :

1. Hommes ou femmes entre 18 et 75 ans
2. Insuffisance cardiaque stable avec une FE entre 20 et 40%.
3. Classe fonctionnelle de la NYHA I à III ayant un traitement optimal à dose maximale tolérée (incluant un défibrillateur ou thérapie de resynchronisation).
4. Aucun événement CV majeur, hospitalisation ou intervention CV dans les 3 derniers mois avant la randomisation sans nécessité additionnelle de revascularisation à court terme (6 mois).

Critères d'exclusion :

1. Impossibilité de faire de l'exercice.
 2. Fibrillation auriculaire avec réponse ventriculaire supérieure à 110 BPM au repos.
 3. Choc approprié du défibrillateur dans les 3 derniers mois.
 4. Patient dépendant d'un cardiostimulateur.
 5. Diabète non contrôlé.
 6. Utilisation d'une pompe à insuline.
 7. Hypertension artérielle non contrôlée (PAS > 160mmHg).
 8. Hémodialyse.
 9. Hypertrophie du ventricule gauche ou hypertrophie septale (>18 mm) ou toute obstruction du ventricule gauche.
 10. Pression ventriculaire droite supérieure à 60mmHg.
 11. Valvulopathie sévère basée sur le diagnostic échographique.
 12. Dépendance à une drogue illégale.
 13. Impossibilité de lire et de comprendre le formulaire de consentement.
 14. Toute situation pour laquelle le chercheur principal perçoit que le patient ne sera pas adhérent au protocole.
-

FE, fraction d'éjection; NYHA, New York Heart Association; CV, cardiovasculaire; BPM, battements par minute; PAS, pression artérielle systolique;

Variables mesurées et instruments de mesure

Les données sociodémographiques nécessaires à l'élaboration de notre échantillon ont été recueillies par un cardiologue ou une infirmière qui ont consulté les différents dossiers médicaux des individus avec ICFER. Une fois notre échantillon établi, nous avons procédé aux mesures d'évaluations qui devaient être effectuées avant et après le début du programme. La première partie des évaluations se déroulait au service de cardiologie du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS MCQ). Différentes mesures cardiovasculaires au repos et à l'effort ont été récoltées telles que la fréquence cardiaque, la pression artérielle, le volume d'éjection systolique du ventricule gauche (VG), le débit cardiaque du VG et la fraction d'éjection du VG à l'aide de l'appareil à échographie Vivid E95 (General Electric, États-Unis). La seconde partie des évaluations se déroulait au département d'inhalothérapie du CIUSSS MCQ. La puissance maximale au pédalage des membres inférieurs en Watts ainsi que la capacité cardiorespiratoire (VO_{2pic}) étaient obtenues lors d'un test à l'effort avec un vélo stationnaire VmaxMD Vyntus CPX (Vyair Medical, États-Unis). Une troisième rencontre se déroulait à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) où le poids et la taille ont été mesurés afin d'obtenir l'indice de masse corporelle. Aussi, les patients devaient effectuer deux tests sous maximaux, soit le test de marche de six minutes (Guyatt et al., 1985) et le test de la capacité physique fonctionnelle (Hwang et al., 2016). Ces éléments

ont été observés afin de mesurer l'effet de l'intervention sur plusieurs paramètres associés au pronostic de l'insuffisance cardiaque, de son effet sur la maladie elle-même et sur ses comorbidités potentielles.

Programme d'entraînement

Les patients étaient invités à venir trois fois par semaine pour un total de 33 rencontres d'environ 60 minutes chacune à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'UQTR afin d'effectuer un programme d'entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité adapté à leur condition. Chaque séance était supervisée par un kinésologue en vue de s'assurer de la sécurité de celle-ci. Les séances d'entraînement étaient faites sous forme d'intervalles d'effort et de repos d'une durée de 30 à 40 minutes. Les mouvements utilisés étaient des mouvements fonctionnels, c'est-à-dire des mouvements représentatifs des activités de la vie quotidienne comme monter et descendre les escaliers, soulever une charge du sol, marcher en tenant des poids aux mains, etc. (Annexe F). Avant les séances, la pression artérielle et la fréquence cardiaque de repos étaient mesurées par l'appareil BP7250 (OMRON, Japon) et une courte évaluation était effectuée par le kinésologue pour détecter tout changement significatif dans l'état de santé physique du participant. Aussi, dans l'intention d'assurer la sécurité de l'intervention, le participant devait porter un cardiofréquencemètre (Polar FT4, USA) dans le but de rester dans les zones d'intensité cible (Tableau 5). La FC de réserve obtenu lors du test de VO_2 pic était utilisée afin d'établir la valeur des fréquences cardiaques à cibler lors des entraînements.

De plus, un DEA (Heartstart onsite de Philips, Pays-Bas) était toujours accessible lors des séances d'exercices supervisées.

Tableau 5

Progression de l'intensité d'effort et du volume au fil des semaines

	Intensité	Volume	Fréquence
Semaine 1	80% FC de réserve	20 sec d'effort 40 sec de repos	3x/sem
Semaine 2 à 4	80% FC de réserve	30 sec d'effort 30 sec de repos	3x/sem
Semaine 5 à 8	85-90% FC de réserve	30 sec d'effort 30 sec de repos	3x/sem
Semaine 9 à 11	85-90% FC de réserve	40 sec d'effort 20 sec de repos	3x/sem

FC, fréquence cardiaque ;

** 1 minute de repos à la fin de chaque série

Analyse statistique

Premièrement, les caractéristiques de l'échantillon ont été présentées à l'aide de statistiques descriptives, moyennes \pm écart type, et étendue. Deuxièmement, afin de comparer l'effet du protocole d'entraînement dans le temps (avant et après) sur les différentes variables à l'étude, des test t de Student ont été utilisés pour comparer la progression de ces différentes variables dans le groupe. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Prism version 8 (Graphpad, États-Unis).

RÉSULTATS

Quinze personnes se sont manifestées pour prendre part au projet et ont participé à la rencontre initiale. Ensuite, trois personnes ont dû être retirées du projet suite à la première échographie cardiaque au repos, en raison d'une fraction d'éjection trop élevée ou trop basse. Ensuite, deux patients se sont désistés après 4 semaines en raison de contrainte de temps. Finalement, pour deux participants qui ont débuté le programme d'entraînement au début du mois de février 2020, les mesures de confinements en lien avec la COVID-19 ont forcé l'arrêt du projet de recherche après 8 semaines. Au total, une femme et 7 hommes âgés de $60,5 \pm 11,9$ ans ont complété leur participation à l'étude. La majorité des participants ($n=7$) présentaient une classe fonctionnelle de I/IV selon la classification de la (NYHA). Aussi, sept participants présentaient une insuffisance cardiaque de nature ischémique tandis qu'un seul individu était de nature génétique. L'ensemble de l'échantillon avait un IMC de $33,3 \pm 5,1$ kg/m², une pression artérielle systolique de $123,5 \pm 8,1$ mmHg et une pression artérielle diastolique de $72,3 \pm 14,9$ mmHg (Tableau 6).

Tableau 6*Données démographiques et cliniques, projet HF-HIFIT*

Caractéristique de bases	Patients (n=8)
Données démographiques	
Âge, ans	60,5±11,9
Homme/Femme	7/1
Taille, mètre	166,1±6,8
Poids, kg	92,8±20,3
IMC, kg/m ²	33,3±5,1
Données cliniques	
NYHA I/II	7/1
Étiologie, ischémique/autres	7/1
Pression artérielle systolique, mmHg	123,5±8,1
Pression artérielle diastolique, mmHg	72,3±14,9

Les données sont présentées moyenne ± écart type.

Aucun incident majeur n'a été recensé lors de l'étude. Par contre, un participant a dû cesser l'entraînement pour une période de 10 jours suite au diagnostic d'un œdème pulmonaire aigu, cet incident s'est déroulé au lendemain d'une séance d'entraînement et est apparu dans un contexte de crise hypertensive. Les séances d'entraînements manquées ont été reportées afin qu'il puisse compléter ses 33 séances. De plus, un deuxième participant s'est absenté pour une période d'une semaine en raison de maux de dos pas occasionnés par le projet de recherche. Ses rendez-vous ont également été reportés.

Données hémodynamiques

Tout d'abord, dans la première série d'analyses, nous avons observé des augmentations significatives suite aux 11 semaines d'entraînements pour le volume

d'éjection systolique (VES) au repos ($\Delta 8,3 \pm 5,86$ mL, $p=0,01$) et la fraction d'éjection (FE) au repos ($\Delta 6,6 \pm 4,68$ %, $p=0,01$) (Figure 3). Des adaptations favorables non significatives ont aussi été notées pour la fréquence cardiaque (FC) de repos ($\Delta -5,8 \pm 4,07$ bpm, $p=0,1$) (Figure 3), la FC maximale à l'effort ($\Delta -4,8 \pm 3,36$ bpm, $p=0,2$), la FE à l'effort ($\Delta 5,5 \pm 3,89$ %, $p=0,31$), la pression artérielle systolique au repos ($\Delta -7,3 \pm 5,16$ mmHg, $p=0,25$) ainsi que la pression artérielle diastolique au repos ($\Delta -1,83 \pm 1,27$ mmHg, $p=0,55$). Enfin, les variations du VES à l'effort ($\Delta 0,3 \pm 0,33$ mL, $p=0,9$), du débit cardiaque de repos ($\Delta 0,17 \pm 0,13$ L/min, $p=0,58$) et du débit cardiaque à l'effort ($\Delta -0,46 \pm 0,33$ L/min, $p=0,66$) n'ont pas été significatives (Tableau 7).

Tableau 7

Données hémodynamiques au repos et à l'effort.

	Semaine 1	Semaine 11	p^*
Au repos			
FC, bpm	71,8 \pm 6,6	66 \pm 11,1	0,1
VES, mL	66,7 \pm 13,6	75 \pm 13,6	0,01
Qc, L/min	4,9 \pm 0,98	5,1 \pm 0,99	0,58
FE, %	33,8 \pm 2,5	40,4 \pm 6,9	0,01
SYS, mmHg	123,5 \pm 8,1	116,2 \pm 11,7	0,25
DIA, mmHg	72,3 \pm 14,9	70,5 \pm 12,4	0,55
Effort maximal			
FC, bpm	123,5 \pm 18,7	118,8 \pm 17,6	0,2
VES, mL	85,3 \pm 27,2	85,8 \pm 13,4	0,9
Qc, L/min	10,8 \pm 4,3	10,4 \pm 2,6	0,66
FE, %	42,3 \pm 5,5	47,8 \pm 13,7	0,31

Les données sont présentées moyenne \pm écart type, FC, fréquence cardiaque; bpm, battement par minute; VES, volume d'éjection systolique; Qc, débit cardiaque; FE, fraction d'éjection; SYS, pression artérielle systolique ventricule gauche; DIA, pression artérielle diastolique ventricule gauche; * Test-t de Student, $p=0,05$.

Capacités aérobies

Le pic de la consommation d'oxygène (VO_{2pic}) a augmenté, mais non significativement ($\Delta 1,25 \pm 0,89$ mL/kg/min, $p=0,37$) suite aux 11 semaines d'entraînements. Par contre, la puissance et l'endurance des membres inférieurs ont augmenté de manière significative ($\Delta 11,75 \pm 8,3$ Watts, $p=0,007$) lors de ce test (Figure 3).

Capacités fonctionnelles

Les capacités fonctionnelles des patients se sont améliorées significativement grâce aux exercices proposés lors du protocole (Tableau 8).

Tableau 8

Comparaison des capacités aérobies et fonctionnelles suite à l'entraînement.

	Semaine 1	Semaine 11	p*
VO_{2pic} (mL/kg/min)	16,9±2,7	18,1±5,2	0,37
Puissance membres inférieures (Watts)	137,5±36,5	149,3±39,7	0,007
Poids (kg)	92,8±20,3	90,5±20,6	0,076
IMC (kg/m²)	33,3±5,1	32,4±5	0,06
Test de marche de 6 minutes (m)	332,3±56,2	431±34,3	0,0001
Test de capacité physique fonctionnelle (s)	10,1±2	6,9±1	0,0015

Les données sont présentées moyenne \pm écart type, VO_{2pic} , pic maximal de consommation d'oxygène; IMC, indice de masse corporelle;

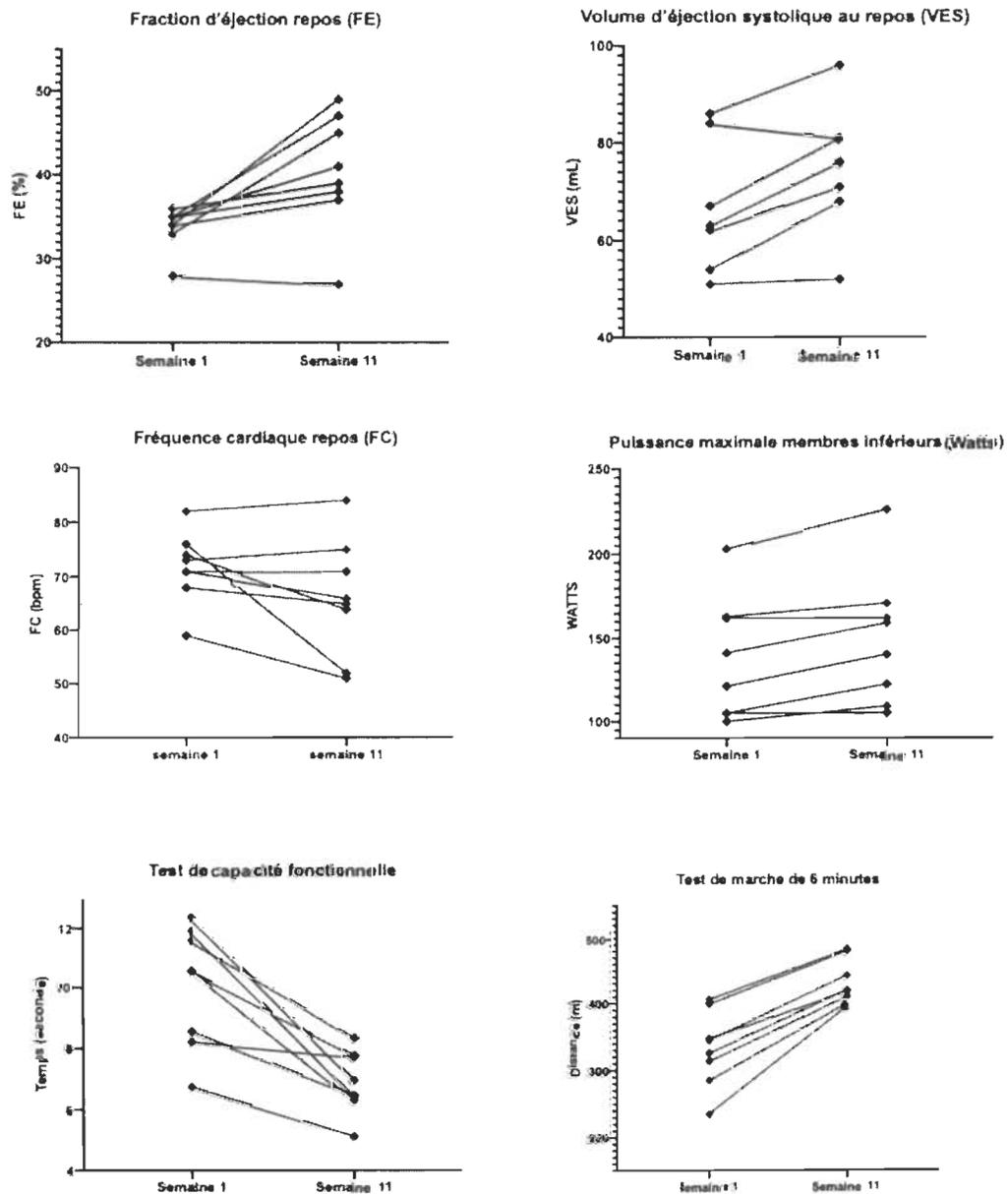
* Test-t de Student, $p=0,05$.

La distance du test de marche de 6 minutes a augmenté ($\Delta 98,75 \pm 69,82$ mètres, $p=0,0001$) et le temps d'exécution du test de la capacité physique fonctionnelle a baissé

de ($\Delta-3,18\pm 2,25$ secondes, $p=0,0015$) (Figure 3). Aucune différence significative n'a été observée pour le poids ($\Delta-2,3\pm 1,59$ kg, $p=0,076$) ainsi que l'IMC ($\Delta-0,85\pm 0,6$ kg/m², $p=0,06$) des participants après avoir complété les 33 séances (Tableau 8).

Figure 3

Résultats individuels pré-post entraînement



DISCUSSION et CONCLUSION

Les résultats de cette étude démontrent que l'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité chez les patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite est sécuritaire puisqu'aucune incidence d'évènements graves cardiovasculaires ou autre n'a été répertoriée lors des onze semaines d'entraînements.

Les participants ont amélioré leurs résultats sur les deux tests fonctionnels soit le test de marche de six minutes et le test de la capacité physique fonctionnelle. Ces résultats peuvent s'expliquer en partie par certaines adaptations physiologiques optimales autant au niveau périphérique que centrale. Les connaissances théoriques sur l'entraînement de musculature et cardiovasculaire chez les patients avec ICFER suggèrent que l'effet de l'EFIHI sur l'amélioration des capacités physiques fonctionnelles est médié en partie par une meilleure correspondance entre l'apport microvasculaire d'oxygène et l'amélioration des valeurs hémodynamiques centrales. Nous supposons que l'augmentation de la force de contraction myocardique du ventricule gauche au repos serait aussi associée avec une diminution de la résistance vasculaire périphérique.

Données hémodynamiques

Volume d'éjection systolique / Fraction d'éjection

Notre étude suggère que l'EFIHI peut influencer positivement la force de contraction ainsi que le travail du myocarde au repos. En effet, l'augmentation du volume d'éjection systolique au repos de (pré vs post entraînement : $66,7 \pm 13,6$ mL vs $75 \pm 13,6$

mL) et de la fraction d'éjection au repos (pré vs post entraînement : $33,8 \pm 2,5\%$ vs $40,4 \pm 6,9\%$) est bénéfique pour les participants insuffisants cardiaques puisque le cœur a la capacité de pomper une quantité supérieure de sang à chaque systole. Or, tout comme la littérature, nous supposons que les adaptations favorables au VES ainsi qu'à la FE sont majoritairement dues aux changements périphériques chez ces participants suite à l'entraînement de haute intensité (Crimi et al., 2009; Feiereisen et al., 2007; Hambrecht et al., 2000; Haykowsky et al., 2013; Iellamo et al., 2013). En effet, en 2019 une méta-analyse de Tucker et al. (2019) ont mesuré les effets de l'entraînement par intervalle et en continu sur les fonctions cardiaques prétendant que les principaux mécanismes qui soutiennent les adaptations du VES pourraient être attribués à une réduction de la post-charge du ventricule gauche qui est associé à une amélioration de la fonction endothéliale vasculaire. L'augmentation du volume d'éjection systolique est en lien direct avec la réduction de la post-charge, ce qui réduit ainsi le travail myocardique du cœur insuffisant puisque l'opposition lors de l'éjection sanguine du ventricule gauche est diminuée lors de chaque systole (Hambrecht et al., 2000). Dans un autre ordre d'idée, la diminution de la FC de repos peut être attribuable à un meilleur VES puisqu'il s'ensuit un remplissage ventriculaire gauche plus optimal augmentant ainsi la force de contraction par le mécanisme de Frank-Starling (Erbs et al., 2003). À ce qui a trait à la FE, il semble que notre protocole d'entraînement peut induire une amélioration de la FE plus rapidement si l'on compare avec d'autres modalités d'entraînement. Bien que nos données ne soient pas randomisées, la combinaison de l'entraînement musculaire et cardiovasculaire de haute intensité semble être optimale puisqu'en seulement onze semaines nous avons observé

une augmentation de 19 % de la FE au repos comparativement à différentes études qui ont répertorié une augmentation de la FE au repos de 16 à 22 % après six mois d'exercices aérobies continus (Erbs et al., 2003; Giannuzzi et al., 2003; Hambrecht et al., 2000). Ce résultat vient appuyer les études démontrant que l'entraînement par intervalle de haute intensité pourrait induire des adaptations physiologiques favorables dans un plus court laps de temps (Freyssin et al., 2012; Haykowsky et al., 2013). Finalement, un fait intéressant de notre étude est qu'avec l'entraînement aérobic de haute intensité utilisé en combinaison avec l'entraînement de musculation il est possible de générer à la fois des adaptations périphériques et centrales significatives pouvant influencer positivement la pompe cardiaque due à une diminution de la résistance vasculaire périphérique.

Fréquence cardiaque

Avec l'activité physique à long terme, il est possible de ralentir la perte de la capacité myocardique puisque l'exercice prolongé a la capacité d'augmenter la force de contraction du ventricule gauche (Erbs et al., 2003; Giannuzzi et al., 2003; Hambrecht et al., 2000). Or, dans le cadre de notre étude, nous avons observé, à la suite de onze semaines d'entraînement, que le débit cardiaque au repos n'a pratiquement pas augmenté. En revanche, nous avons observé une diminution de la fréquence cardiaque de repos (pré vs post entraînement : $71,8 \pm 6,6$ bpm vs $66 \pm 11,1$ bpm) et une augmentation significative du volume d'éjection systolique au repos (pré vs post entraînement : $66,7 \pm 13,6$ mL vs $75 \pm 13,6$ mL). Le débit cardiaque de repos est sensiblement le même, mais avec une répartition optimale de ses composantes pour le cœur. Cette augmentation du

volume d'éjection systolique s'explique en partie par la baisse de FC, ce qui laisse plus de temps au ventricule gauche pour se remplir (Erbs et al., 2003). Ces adaptations sont similaires aux résultats rapportés dans la littérature chez une même population. À titre d'exemple Hambrecht (2000) a effectué un suivi d'entraînement de type endurance aérobie avec des patients insuffisants cardiaques sur une période de six mois, évaluant les effets de l'entraînement sur les fonctions du ventricule gauche ainsi que sur la résistance périphérique. Suite au protocole de six mois, ils ont observé une amélioration de 19% de la fréquence cardiaque de réserve. Ceci est dû à une baisse de la fréquence cardiaque de 9 battements par minute (bpm) au repos et à une augmentation de 6 bpm de la fréquence cardiaque maximale à l'exercice. Aussi, le volume d'éjection systolique s'est vu amélioré autant au repos qu'à l'effort par une amélioration des fonctions intrinsèques du myocarde ainsi qu'une amélioration de la stimulation inotrope causée par l'entraînement (Blomqvist et Saltin, 1983). Par contre, au repos et à l'effort sous-maximal, le débit cardiaque reste inchangé. Ceci est dû à la baisse de la fréquence cardiaque et à l'optimisation de la force de contraction ventriculaire. Donc au total, on obtient une optimisation des fonctions hémodynamiques.

À l'inverse, nous n'avons pas démontré que l'HF-HIFIT peut être bénéfique pour l'augmentation du débit cardiaque maximal à l'effort. En effet, suite aux onze semaines d'entraînement, la fréquence cardiaque maximale, le volume d'éjection systolique maximal ainsi que le débit cardiaque maximal à l'effort n'ont pas changé significativement. Par contre, la charge de travail maximale sur ergocycle chez nos participants a augmenté significativement malgré un débit cardiaque maximal inchangé,

ce qui porte à croire que l'augmentation de la capacité à l'effort est, en majeure partie, causée par différentes adaptations périphériques.

Capacités aérobies

VO_{2pic}

Suite à notre protocole d'entraînement, la consommation pic d'oxygène des participants a augmenté, mais de manière non significative (pré vs post entraînement : $16,9 \pm 2,7$ mL O_2 /kg/min vs $18,1 \pm 5,2$ mL O_2 /kg/min). Cependant, bien que l'ampleur de cette différence statistique soit faible, elle est cliniquement pertinente puisqu'il a été établi que pour chaque augmentation de 1 mL O_2 /kg/min du VO_{2pic} , il y a une réduction de plus ou moins 15% de toutes causes de mortalités confondues (Kodama et al., 2009). De plus, bien que non significative, l'amélioration de 1,2 mL/kg/min obtenu suite à l'EFIHl concorde avec différentes méta-analyses effectuées antérieurement chez des patients ICFER ayant effectué soit un protocole d'entraînement aérobie continue ou à intervalle montrant tous des effets favorables allant de 1,04 à 2,14 mL O_2 /kg/min (Pattyn et al., 2018; Smart et al., 2013; Xie et al., 2017). De ce fait, l'amélioration du VO_{2pic} suite à notre protocole est en partie due à deux mécanismes d'adaptations. Premièrement, l'entraînement de musculation favorise, entre autres, l'augmentation de la masse musculaire squelettique (Smart et al., 2013) ainsi que les capacités fonctionnelles de ces participants (Fülster et al., 2013). De plus, ce type d'entraînement induit une augmentation de la densité mitochondriale (Esposito et al., 2011; Hambrecht et al., 1995; Wisløff et al., 2007), une meilleure capacité de la phosphorylation oxydative (Hambrecht et al., 1997;

Tyni-Lenné et al., 1999), une plus grande densité capillaire (Erbs et al., 2010; Esposito et al., 2011) et un changement du pourcentage de la composition de type de fibre II vers des fibres musculaires de type I (Esposito et al., 2011; Hambrecht et al., 1997). Deuxièmement, l'entraînement de haute intensité par intervalle a la capacité de générer de l'oxyde nitrique (NO) provoquant une vasodilatation vasculaire conduisant à des améliorations de la fonction endothéliale (Tucker et al., 2018) facilitant ainsi l'extraction de l'oxygène sanguin (Belardinelli et Perna, 2002). Donc, les entraînements musculaire et aérobie ont la capacité d'induire des adaptations complémentaires à l'augmentation de la consommation pic d'oxygène chez la population à l'étude. Par contre, nous devons effectuer ce type d'entraînement avec un échantillon plus important et un groupe contrôle afin d'observer si les changements s'avèrent significatifs.

Puissance pic

Il est intéressant de noter que la puissance pic à l'effort maximal de nos participants suite au test de la capacité maximale d'oxygène sur vélo stationnaire a augmenté significativement (pré vs post entraînement : $137,5 \pm 36,5$ vs $149,3$ Watts $\pm 39,7$) et que les participants ont augmenté de 11% la durée totale de l'effort lors de ce test. Cependant, comme mentionné précédemment, nous supposons que ces améliorations sont attribuables en majeure partie à différents mécanismes périphériques. En effet, un des points marquants de notre étude est que la puissance et l'endurance des membres inférieurs de nos participants se soient grandement améliorées à l'effort maximal sans que le débit cardiaque maximal n'ait augmenté (pré vs post entraînement : $10,8 \pm 4,3$ vs

10,4 L/min \pm 2,6). Ceci est probablement dû à plusieurs changements physiologiques augmentant la capacité des muscles à utiliser l'oxygène disponible lors d'un effort, tel que mentionné précédemment (Chrysohoou et al., 2015; Hambrecht et al., 1995, 1997). Dans un autre ordre d'idées, une des conséquences liées à la maladie est une diminution de masse musculaire fonctionnelle nommée sarcopénie (Fülster et al., 2013). Ce facteur de risque crée une diminution de la force musculaire des membres supérieurs et inférieurs affectant la capacité d'exercice à long terme (Antunes et al., 2017; Fülster et al., 2013). De ce fait, le maintien ou l'amélioration de la puissance des membres inférieures est crucial chez les patients avec insuffisance cardiaque puisque cette valeur peut influencer l'évolution de la maladie autant sur la santé que sur le bien-être de ces individus (Safiyari-Hafizi et al., 2016). Ce pour quoi, l'augmentation de la masse musculaire ainsi que de la puissance des membres inférieures sont deux paramètres importants, ces derniers aident à préserver les capacités fonctionnelles à long terme, à réduire le risque d'invalidité et de mortalité prématurée (Warburton et al., 2006). Pour notre part, nous avons démontré qu'à l'aide d'exercices fonctionnels effectués de manière répétés, il est possible d'augmenter la capacité fonctionnelle de nos participants, la puissance ainsi que l'endurance des membres inférieurs. Nous pouvons donc spéculer que, notre modalité d'exercice semble supérieure par ses multiples adaptations périphériques, comparativement à certaines études sur l'entraînement par intervalles aérobies effectuées sur vélo stationnaire (Ellingsen et al., 2017; Fu et al., 2013; Wisløff et al., 2007) puisque notre modalité d'exercice recrée les activités de la vie quotidienne, ce qui n'est pas le cas, entre autres, pour le vélo stationnaire.

Capacités fonctionnelles

Test de marche de 6 minutes

Le maintien ou l'amélioration des capacités fonctionnelles sont un atout majeur pour la qualité de vie chez les patients avec insuffisance cardiaque (Santos et Brofman, 2008). Afin d'évaluer ce paramètre, nous avons premièrement utilisé le test de marche de six minutes, ce dernier est pertinent puisqu'il est largement utilisé dans les programmes de réadaptations cardiovasculaires (Maldonado-Martín et al., 2017; Wang et al., 2019). Pour notre part, nous avons observé une nette amélioration à ce test suite aux 11 semaines d'entraînements fonctionnels (pré vs post entraînement : $332,3 \pm 56,2$ mètres vs $431 \pm 34,3$ mètres). Cette augmentation de 23% de la distance parcourue peut être attribuée à une augmentation de la force et de l'endurance musculaire générée par l'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité comme le rapporte deux méta-analyses, qui statuent que la combinaison d'entraînement aérobic et de musculation est efficace afin d'améliorer la distance parcourue en six minutes (McMurray et al., 2012; Wang et al., 2019). De plus, à l'aide de ce type d'entraînement, il est possible de diminuer drastiquement le risque de mortalité chez cette population. En effet, il a été prouvé qu'un individu insuffisant cardiaque franchissant moins de 350m a un taux de mortalité sur un suivi de 242 jours de plus ou moins 10,23% contrairement à un taux de mortalité de plus ou moins 2,99% chez un individu franchissant 450m et plus lors du test de marche de six minutes (Bittner et al., 1993; Du et al., 2009). Aussi, une plus grande distance de marche parcourue est corrélée avec une réduction d'événements cardiovasculaires futures et une

meilleure qualité de vie chez cette population (O'Connor et al., 2009; Santos et Brofman, 2008).

Test de la capacité physique fonctionnelle

Un deuxième test effectué afin d'évaluer les aptitudes physiques est le test de la capacité physique fonctionnelle, ce dernier est principalement utilisé afin d'évaluer le risque de chute ainsi que les différents troubles de mobilités (Podsiadlo et Richardson, 1991). Ce dernier reflète bien l'utilisation des fonctions physiques quotidiennes, telles que la capacité de se lever d'une chaise et de marcher dans la maison (Donoghue et al., 2014). Aussi, ce test est particulièrement pertinent pour les patients avec insuffisance cardiaque, car ce groupe présente généralement une atrophie musculaire des muscles fonctionnels précoces appelés sarcopénie (Ebner et al., 2014; Fülster et al., 2013) augmentant ainsi le risque de chute (Van Der Ham et al., 2012). D'après l'étude de Shumway-Cook (2000), les personnes mettant plus de 14 secondes à terminer le test présentent un risque élevé de chute. Or, la vitesse dite normale chez les hommes et les femmes ne présentant aucun problème physiopathologique chez les 60 à 69 ans est de 8 secondes et de 9 secondes chez les 70 à 79 ans (Steffen et al., 2002). En ce qui nous concerne, notre population à l'étude était âgée de $60,5 \pm 11,9$ ans et avons obtenu des résultats de (pré vs post entraînement : $10,1 \pm 2$ secondes vs $6,9 \pm 1$ seconde). Suite à ces résultats, nous pouvons statuer qu'il est pertinent de recréer les activités de la vie quotidienne de manière répétée comme type d'entraînement, puisqu'au début du protocole la population à l'étude était au-dessus de la moyenne pour sa tranche d'âge avant de terminer sous la normale.

Synthèse

Tout compte fait, coupler l'entraînement fonctionnel et cardiovasculaire sous forme d'intervalle de haute intensité s'avère être une méthode prometteuse afin d'améliorer les capacités physiques fonctionnelles des personnes avec ICFER. En effet, comme mentionné précédemment, la combinaison d'un entraînement de musculation d'intensité élevée effectué de manière régulière augmente la capacité du corps à utiliser l'oxygène disponible améliorant ainsi la force et l'endurance à l'effort (Meyer et al., 1997; Myers, 2003; Vogiatzis & Zakynthinos, 2013; Wisløff et al., 2007).

Forces et faiblesses de la recherche

Tout d'abord, la qualité des données mesurées à l'étude est un des points marquants de ce projet. En effet, avec l'aide de différents professionnels de la santé tels que des cardiologues, des inhalothérapeutes ainsi que des kinésologues nous avons pu récolter des résultats pertinents de haute qualité. Aussi, cette évaluation multidisciplinaire a été utile afin d'observer l'influence au repos et à l'effort des paramètres périphériques et centraux suite à l'entraînement chez cette population. Ensuite, nous avons été les premiers à utiliser l'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité chez une population atteinte d'ICFER, ce mode d'entraînement est intéressant à utiliser étant donnée la perte accélérée des capacités physiques fonctionnelles chez ces individus (Fülster et al., 2013). Finalement, nous n'avons rapporté aucun incident cardiovasculaire ou physique en lien avec l'étude.

Notre étude présente toutefois certaines limites. D'une part, étant donné certaines complications de coordination, nous n'avons pas été en mesure d'obtenir un groupe contrôle. En effet, ce groupe nous aurait été utile afin de pouvoir comparer l'effet de l'entraînement par rapport à une population d'ICFER n'ayant pas effectué le protocole d'entraînement et ainsi contrôler les autres facteurs pouvant influencer les résultats outre que l'intervention expérimentale. De ce fait, nous ne pouvons pas établir si les résultats favorables obtenus sont en majeure partie liés à l'entraînement ou à d'autres facteurs confondants, tel que la médication. D'autre part, la petite taille de l'échantillon peut influencer le risque d'erreur des résultats obtenus et de ce fait diminuer la puissance statistique. De plus, le nombre limité de participants a probablement empêché d'observer d'autres améliorations notamment la FC de repos, la FC maximale et surtout le VO_{2pic} . Ensuite, nous n'avons pas quantifié le taux d'activités physiques effectuées à l'extérieur des journées d'entraînement, ce qui peut influencer à la hausse les résultats si certains individus ont été actifs. Également, il a parfois été difficile de respecter l'intensité cible à l'entraînement établi pour chaque patient. En effet, tous les patients étaient sous bêta-bloquants ce qui influence la capacité chronotrope du cœur. Finalement, 88% des participants faisaient partie de la classe I de la NYHA, cette homogénéité n'est pas représentative de la population générale des patients avec IC, et ils n'éprouvaient que peu de symptômes à l'effort en lien avec la maladie.

Recommandations de la recherche

Cette étude contribue à la recherche en venant appuyer la littérature quant aux bénéfices de l'activité physique effectuée sur une base régulière sur la santé cardiovasculaire. Par contre, des projets de recherches à plus grande échelle comportant des patients de la classe I à III de la NYHA qui vise à vérifier l'efficacité de l'EFIHI en comparaison à un groupe contrôle effectuant les recommandations à l'activité physique standard ou à un groupe contrôle faisant peu ou pas d'activité physique pourrait s'avérer pertinente. De plus, il serait intéressant d'évaluer l'adhésion à moyen et long terme à ce type d'entraînement.

Recommandations cliniques

D'un point de vue clinique, en reconnaissant que la pratique régulière de ce type d'entraînement peut être favorable à l'amélioration des capacités physiques fonctionnelles de cette population, il serait pertinent de mettre à disposition des professionnels le protocole utilisé. Le professionnel pourrait adapter ses programmes selon la capacité physique et cardiorespiratoire du client afin d'optimiser le niveau d'activité physique et sa santé cardiovasculaire et cardiorespiratoire.

Conclusion

En conclusion, nous pouvons affirmer que l'EFIHI effectué sur une période de 11 semaines est une pratique d'activité physique prometteuse pour une clientèle d'ICFER. En effet, nous avons observé des progrès de différentes fonctions cardiaques et

cardiovasculaires tels que le volume d'éjection systolique au repos, la fraction d'éjection au repos ainsi que la puissance des membres inférieures lors du test de la capacité maximale d'oxygène. Ces améliorations ont eu un impact positif chez ces individus puisque nous avons observé une progression significative de leur capacité physique fonctionnelle lors des différents tests d'effort. De plus, nous pouvons conclure que ce type d'entraînement est sécuritaire pour cette population étant donné que nous n'avons rapporté aucune incidence d'événements cardiovasculaires en lien avec l'intervention. Bref, l'EFHI est une pratique sécuritaire et effectuée sur une base régulière à la capacité d'améliorer le profil cardiovasculaire ainsi que l'autonomie de ces individus.

RÉFÉRENCES

- Antunes, A. C., Araújo, D. A., Veríssimo, M. T., & Amaral, T. F. (2017). Sarcopenia and hospitalisation costs in older adults: a cross-sectional study. *Nutrition & Dietetics*, 74(1), 46-50.
- Belardinelli, R., & Perna, G. (2002). Vasomotor reactivity evaluation in cardiac rehabilitation. *Monaldi Archives for Chest Disease*, 58(2), 79-86.
- Bittner, V., Weiner, D. H., Yusuf, S., Rogers, W. J., McIntyre, K. M., Bangdiwala, S. I., Guilloffe, M. (1993). Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction. *JAMA*, 270(14), 1702-1707.
- Blomqvist, C. G., & Saltin, B. (1983). Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Review of Physiology*, 45(1), 169-189.
- Chrysohoou, C., Angelis, A., Tsitsinakis, G., Spetsioti, S., Nasis, I., Tsiachris, D., Vogiatzis, I. (2015). Cardiovascular effects of high-intensity interval aerobic training combined with strength exercise in patients with chronic heart failure. A randomized phase III clinical trial. *International Journal of Cardiology*, 179, 269-274.
- Crimi, E., Ignarro, L. J., Cacciatore, F., & Napoli, C. (2009). Mechanisms by which exercise training benefits patients with heart failure. *Nature Reviews Cardiology*, 6(4), 292-300.
- Donoghue, O. A., Savva, G. M., Cronin, H., Kenny, R. A., & Horgan, N. F. (2014). Using timed up and go and usual gait speed to predict incident disability in daily activities

- among community-dwelling adults aged 65 and older. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(10), 1954-1961.
- Du, H., Newton, P. J., Salamonson, Y., Carrieri-Kohlman, V. L., & Davidson, P. M. (2009). A review of the six-minute walk test: Its implication as a self-administered assessment tool. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 8(1), 2-8.
- Ebner, N., Elsner, S., Springer, J., & von Haehling, S. (2014). Molecular mechanisms and treatment targets of muscle wasting and cachexia in heart failure: an overview. *Current Opinion in Supportive Palliative Care*, 8(1), 15-24.
- Ellingsen, Ø., Halle, M., Conraads, V., Støylen, A., Dalen, H., Delagardelle, C., Van Craenenbroeck, E. M. (2017). High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation*, 135(9), 839-849.
- Erbs, S., Höllriegel, R., Linke, A., Beck, E. B., Adams, V., Gielen, S., Hambrecht, R. (2010). Exercise training in patients with advanced chronic heart failure (NYHA III) promotes restoration of peripheral vasomotor function, induction of endogenous regeneration, and improvement of left ventricular function. *Circulation: Heart Failure*, 3(4), 486-494.
- Erbs, S., Linke, A., Gielen, S., Fiehn, E., Walther, C., Yu, J., Hambrecht, R. (2003). Exercise training in patients with severe chronic heart failure: impact on left ventricular performance and cardiac size. A retrospective analysis of the Leipzig heart failure training trial. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 10(5), 336-344.

- Esposito, F., Reese, V., Shabetai, R., Wagner, P. D., & Richardson, R. S. (2011). Isolated quadriceps training increases maximal exercise capacity in chronic heart failure: the role of skeletal muscle convective and diffusive oxygen transport. *Journal of the American College of Cardiology*, 58(13), 1353-1362.
- Ezekowitz, J. A., O'Meara, E., McDonald, M. A., Abrams, H., Chan, M., Ducharme, A., Heckman, G. A. (2017). 2017 Comprehensive update of the Canadian Cardiovascular Society guidelines for the management of heart failure. *Canadian Journal of Cardiology*, 33(11), 1342-1433.
- Feiereisen, P., Delagardelle, C., Vaillant, M., Lasar, Y., & Beissel, J. (2007). Is strength training the more efficient training modality in chronic heart failure? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(11), 1910-1917.
- Freyssin, C., Verkindt, C., Prieur, F., Benaich, P., Maunier, S., & Blanc, P. (2012). Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(8), 1359-1364.
- Fu, T.-c., Wang, C.-H., Lin, P.-S., Hsu, C.-C., Cherng, W.-J., Huang, S.-C., Wang, J.-S. (2013). Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. *International Journal of Cardiology*, 167(1), 41-50.
- Fülster, S., Tacke, M., Sandek, A., Ebner, N., Tschöpe, C., Doehner, W., Von Haehling, S. (2013). Muscle wasting in patients with chronic heart failure: results from the

- studies investigating co-morbidities aggravating heart failure (SICA-HF). *European Heart Journal*, 34(7), 512-519.
- Gheorghide, M., Vaduganathan, M., Fonarow, G. C., & Bonow, R. O. (2013). Rehospitalization for heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 61(4), 391-403.
- Giannuzzi, P., Temporelli, P. L., Corrà, U., & Tavazzi, L. (2003). Antiremodeling effect of long-term exercise training in patients with stable chronic heart failure. *Circulation*, 108(5), 554-559.
- Gouvernement du Canada. (2010). Le rapport de l'administrateur en chef de la santé publique sur l'état de la santé publique au Canada : La santé et le bien-être des aînés au Canada. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/organisation/publications/rapports-etat-sante-publique-canada-administrateur-chef-sante-publique/rapport-annuel-etat-sante-publique-canada-2010/chapitre-3.html>
- Hambrecht, R., Fiehn, E., Yu, J., Niebauer, J., Weigl, C., Hilbrich, L., Schuler, G. (1997). Effects of endurance training on mitochondrial ultrastructure and fiber type distribution in skeletal muscle of patients with stable chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 29(5), 1067-1073.
- Hambrecht, R., Gielen, S., Linke, A., Fiehn, E., Yu, J., Walther, C., Schuler, G. (2000). Effects of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure: a randomized trial. *JAMA*, 283(23), 3095-3101.

- Hambrecht, R., Niebauer, J., Fiehn, E., Kälberer, B., Offner, B., Hauer, K., Schuler, G. (1995). Physical training in patients with stable chronic heart failure: effects on cardiorespiratory fitness and ultrastructural abnormalities of leg muscles. *Journal of the American College of Cardiology*, 25(6), 1239-1249.
- Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Linke, A., Hofer, J., Erbs, S., Schuler, G. (2000). Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, 342(7), 454-460.
- Haykowsky, M. J., Timmons, M. P., Kruger, C., McNeely, M., Taylor, D. A., & Clark, A. M. (2013). Meta-analysis of aerobic interval training on exercise capacity and systolic function in patients with heart failure and reduced ejection fractions. *American Journal of Cardiology*, 111(10), 1466-1469.
- Heart and Stroke Foundation of Canada. (2016). Report on the health of Canadians: The burden of heart failure. Repéré à <http://www.heartandstroke.ca/-/media/pdf-files/canada/2017-heart-month/heartandstroke-reportonhealth-2016.ashx?la=en>
- Hwang, R., Morris, N. R., Mandrusiak, A., Mudge, A., Suna, J., Adsett, J., & Russell, T. (2016). Timed up and go test: a reliable and valid test in patients with chronic heart failure. *Journal of Cardiac Failure*, 22(8), 646-650.
- Iellamo, F., Manzi, V., Caminiti, G., Vitale, C., Castagna, C., Massaro, M., Volterrani, M. (2013). Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. *International Journal of Cardiology*, 167(6), 2561-2565.

- Institut de la Statistique du Québec. (2017). Zoom santé : La pratique régulière de l'activité physique chez les 15 à 29 ans au Québec. Repéré à <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/sante/bulletins/zoom-sante-201706-63.pdf>
- Johansen, H., Strauss, B., Arnold, J. M. O., Moe, G., & Liu, P. (2003). On the rise: The current and projected future burden of congestive heart failure hospitalization in Canada. *Canadian Journal of Cardiology*, 19(4), 430-435.
- Kesaniemi, Y. A., Danforth, E., Jensen, M. D., Kopelman, P. G., Lefebvre, P., & Reeder, B. A. (2001). Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), S351-S358.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024-2035.
- Liguori, G., & American College of Sports Medicine, A. (2020). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins, p. 229.
- Maldonado-Martín, S., Brubaker, P. H., Eggebeen, J., Stewart, K. P., & Kitzman, D. W. (2017). Association between 6-minute walk test distance and objective variables of functional capacity after exercise training in elderly heart failure patients with preserved ejection fraction: a randomized exercise trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(3), 600-603.

- Mayou, R., Sleight, P., MacMahon, D., & Florencio, M. (1981). Early rehabilitation after myocardial infarction. *The Lancet*, 318(8260-8261), 1299-1401.
- Mchenry, M. M. (1974). Medical screening of patients with coronary artery disease: Criteria for entrance into exercise conditioning programs. *The American Journal of Cardiology*, 33(6), 752-756.
- McMurray, J. J., Adamopoulos, S., Anker, S. D., Auricchio, A., Böhm, M., Dickstein, K., Gomez-Sanchez, M. A. (2012). ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012. *European Journal of Heart Failure*, 14(8), 803-869.
- Meyer, K., Samek, L., Schwaibold, M., Westbrook, S., Hajric, R., Beneke, R., Roskamm, H. (1997). Interval training in patients with severe chronic heart failure: analysis and recommendations for exercise procedures. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(3), 306-312.
- Myers, J. (2003). Exercise and cardiovascular health. *Circulation*, 107(1), e2-e5.
- O'Connor, C. M., Whellan, D. J., Lee, K. L., Keteyian, S. J., Cooper, L. S., Ellis, S. J., Investigators, H.-A. (2009). Efficacy and safety of exercise training in patients with chronic heart failure: HF-ACTION randomized controlled trial. *JAMA*, 301(14), 1439-1450.
- Pattyn, N., Beulque, R., & Cornelissen, V. (2018). Aerobic interval vs. continuous training in patients with coronary artery disease or heart failure: an updated systematic review and meta-analysis with a focus on secondary outcomes. *Sports Medicine*, 48(5), 1189-1205.

- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148.
- Ross, H., Howlett, J., Arnold, J. M. O., Liu, P., O'Neill, B., Brophy, J., Ross, D. (2006). Treating the right patient at the right time: access to heart failure care. *Canadian Journal of Cardiology*, 22(9), 749-754.
- Safiyari-Hafizi, H., Taunton, J., Ignaszewski, A., & Warburton, D. E. (2016). The health benefits of a 12-week home-based interval training cardiac rehabilitation program in patients with heart failure. *Canadian Journal of Cardiology*, 32(4), 561-567.
- Santos, J. J., & Brofman, P. R. (2008). Six-minute walk test and quality-of-life in heart failure. A correlative study with a Brazilian sample. *Insuficiencia Cardíaca*, 3(2), 72-75.
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up & go test. *Physical Therapy*, 80(9), 896-903.
- Smart, N. A., Dieberg, G., & Giallauria, F. (2013). Intermittent versus continuous exercise training in chronic heart failure: a meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 166(2), 352-358.
- Statistique Canada. (2015). Estimations de la population du Canada: Âge et sexe. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/150929/dq150929b-fra.htm>
- Steffen, T. M., Hacker, T. A., & Mollinger, L. (2002). Age and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, berg

- balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Physical Therapy*, 82(2), 128-137.
- Tucker, W. J., Beaudry, R. I., Liang, Y., Clark, A. M., Tomczak, C. R., Nelson, M. D., Haykowsky, M. J. (2019). Meta-analysis of exercise training on left ventricular ejection fraction in heart failure with reduced ejection fraction: A 10-year update. *Progress in Cardiovascular Disease*, 62(2), 163-171.
- Tucker, W. J., Lijauco, C. C., Hearon, C. M., Angadi, S. S., Nelson, M. D., Sarma, S., Haykowsky, M. J. (2018). Mechanisms of the improvement in peak VO₂ with exercise training in heart failure with reduced or preserved ejection fraction. *Heart, Lung and Circulation*, 27(1), 9-21.
- Tyni-Lenné, R., Gordon, A., Jensen-Urstad, M., Dencker, K., Jansson, E., & Sylvén, C. (1999). Aerobic training involving a minor muscle mass shows greater efficiency than training involving a major muscle mass in chronic heart failure patients. *Journal of Cardiac Failure*, 5(4), 300-307.
- Van Der Ham, E., Mandrusiak, A., Kruminis, A., Adsett, J., Hwang, R., & Kuys, S. (2012). Prevalence of falls and musculoskeletal pain in older adults with chronic heart failure. *Heart, Lung and Circulation*, 21, S88.
- Vogiatzis, I., & Zakyntinos, S. (2013). The physiological basis of rehabilitation in chronic heart and lung disease. *Journal of Applied Physiology*, 115(1), 16-21.
- Wang, Z., Peng, X., Li, K., & Wu, C.-J. J. (2019). Effects of combined aerobic and resistance training in patients with heart failure: A meta-analysis of randomized, controlled trials. *Nursing & Health Sciences*, 21(2), 148-156.

- Warburton, D. E., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*, 174(6), 801-809.
- Wielgosz, A., Arango, M., Bancej, C., Bienek, A., Johansen, H., Linday, P., Quan, P. (2009). Suivi des maladies du cœur et des accidents vasculaires cérébraux au Canada. Agence de santé publique du Canada. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/migration/phac-aspc/publicat/2009/cvd-avc/pdf/cvd-avs-2009-fra.pdf>
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., Lee, S. J. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients. *Circulation*, 115(24), 3086-3094.
- Xie, B., Yan, X., Cai, X., & Li, J. (2017). Effects of high-intensity interval training on aerobic capacity in cardiac patients: a systematic review with meta-analysis. *Biomedical Research International*, 2017.

CHAPITRE 4. DISCUSSION GÉNÉRALE

Cette étude d'observation pré-post a permis de constater que l'entraînement fonctionnel par intervalle de haute intensité chez une population d'insuffisants cardiaques avec fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite sous 40% est sécuritaire et prometteur. Nous pouvons confirmer la sécurité de ce protocole d'exercice étant donné que nous n'avons observé aucun incident cardiovasculaire ou physique majeur en lien avec l'activité physique lors des 11 semaines d'entraînements supervisés. Les résultats suggèrent que l'effet de l'EFHI sur l'amélioration des capacités physiques fonctionnelles est médié par différentes adaptations physiologiques vasculaires périphériques et l'amélioration des valeurs hémodynamiques centrales. De plus, l'augmentation du VES observé dans le cadre de cette étude pourrait être expliqué notamment par une augmentation de la force de contraction du myocarde et par une réduction de la post-charge associée à une diminution de la résistance vasculaire périphérique, confirmant ainsi l'efficacité de ce protocole d'entraînement.

Bien que les programmes traditionnels de réadaptation cardiaque aient démontré des bénéfices favorables sur la santé de ces individus (Tucker et al., 2019), nous voulions développer une nouvelle approche de réadaptation cardiovasculaire ciblant des exercices recréant des activités de la vie quotidienne (Haripriya et al., 2018) puisque les personnes atteintes d'insuffisance cardiaque présentent généralement une atrophie des muscles fonctionnels précoces appelés sarcopénie (Ebner et al., 2014; Fülster et al., 2013) augmentant ainsi le risque de chute (Van Der Ham et al., 2012). De plus, le maintien ou

l'amélioration des capacités fonctionnelles sont un atout majeur pour la qualité de vie chez les patients avec insuffisance cardiaque (Santos et Brofman, 2008). La grande majorité des participants ont rapporté au cours du protocole des témoignages en avec l'amélioration de leurs capacités fonctionnelles et leur qualité de vie tels que : « Depuis maintenant deux semaines lorsque je fais l'épicerie, je suis capable de tenir mes sacs sans avoir peur de manquer de force. » (Patient 6), « Je ne prends plus l'ascenseur pour me rendre à mon logement, je me force à prendre les marches et je ne suis pas essoufflé. » (Patient 3), « J'ai rejoint une équipe de soccer puisque je me sens plus en confiance avec mes capacités et je vais jouer beaucoup plus souvent à l'extérieur avec mes enfants qu'avant avoir commencé le programme d'entraînement. » (Patient 8).

Ces différentes améliorations n'auraient pu être atteintes sans les adaptations physiologiques favorables engendrées par l'EFIHI. En effet, nous avons observé une amélioration significative du volume d'éjection systolique et de la fraction d'éjection au repos qui semble être attribuable aux mécanismes périphériques et centraux. Les principaux mécanismes qui sous-tendent les adaptations de la FE et du VES sont attribués à une réduction de la post-charge du ventricule gauche qui peut être associée à une réduction des résistances vasculaires périphériques due à amélioration de la fonction endothéliale vasculaire (Tucker et al., 2019). De plus, l'augmentation de la fraction d'éjection et du volume d'éjection systolique est en lien direct avec la réduction de la résistance vasculaire systémique ce qui réduit ainsi le travail myocardique du cœur insuffisant (Hambrecht et al., 2000). Dans un autre ordre d'idée, la diminution de la FC de repos peut être attribuable à un meilleur VES puisqu'il s'ensuit d'un remplissage

ventriculaire gauche plus optimal augmentant ainsi la force de contraction par le mécanisme de Frank-Starling (Erbs et al., 2003). La combinaison d'entraînement fonctionnel et cardiovasculaire sous forme d'intervalle de haute intensité s'avère être une méthode efficace afin d'améliorer les capacités physiques fonctionnelles, leur autonomie ainsi que leur qualité de vie.

Notons parmi les forces, la qualité des données mesurées à l'étude. Le travail multidisciplinaire effectué tout au long de ce projet de recherche nous a permis d'évaluer l'influence de l'EFHI sur différents paramètres périphériques et centraux autant au repos qu'à l'effort. Aussi, nous sommes les premiers à utiliser ce type d'entraînement chez une population atteinte d'ICFER, ce mode d'entraînement est intéressant à utiliser étant donnée la perte accélérée des capacités physiques fonctionnelles chez ces individus (Fülster et al., 2013).

Notre étude présente toutefois certaines limites. D'une part, nous n'avons pas été en mesure d'obtenir un groupe contrôle étant donné notre échantillon limité. De ce fait, la petite taille de notre échantillon augmente le risque d'erreur et nous a probablement empêchés d'observer d'autres améliorations notamment la FC de repos, la FC maximale et le VO_{2pic} . Aussi, 88% des participants faisaient partie de la classe I de la NYHA, cette homogénéité n'est pas représentative de la population générale des patients avec IC, et ils n'éprouvaient que peu de symptômes à l'effort en lien avec la maladie.

Dans le cadre de recherche future, il serait approprié d'avoir un plus grand échantillon de participants comportant des patients de la classe I à III de la NYHA et qui vise à vérifier l'efficacité de l'EFHI face à un groupe contrôle effectuant les

recommandations à l'activité physique standard ou à un groupe contrôle faisant peu ou pas d'activité physique. De plus, il serait intéressant d'évaluer l'adhérence ainsi que la qualité de vie suite au protocole de recherche.

En conclusion, nous pouvons affirmer que l'EFIHI effectué sur une période de 11 semaines est une pratique d'activité physique prometteuse pour une clientèle d'ICFER. En effet, une progression significative de la capacité physique fonctionnelle a été observée chez des participants à un programme d'EFIHI avec ICFER. De plus, ce type de programme semble être sécuritaire chez cette population puisqu'aucun incident n'a été répertorié. Il serait donc pertinent de mettre à la disposition des professionnels le protocole utilisé afin que l'EFHI soit une modalité d'entraînement courante dans la prise en charge des patients avec ICFER. En effet, lorsqu'effectué sur une base régulière, ce type d'entraînement a le potentiel d'améliorer le profil cardiovasculaire ainsi que l'autonomie de ces individus.

RÉFÉRENCES

- Anker, S. D., Sharma, R. (2002). The syndrome of cardiac cachexia. *International Journal of Cardiology*, 85(1), 51-66.
- Anthony, F., Eugene, B., Dennis, K., Stephen, H., Dan, L., Jameson, J. AccessMedicine. (2017). Harrison's principles of internal medicine: self-assessment and board review. Maidenhead: McGraw-Hill.
- Antunes, A. C., Araújo, D. A., Veríssimo, M. T., Amaral, T. F. (2017). Sarcopenia and hospitalisation costs in older adults: a cross-sectional study. *Nutrition & Dietetics*, 74(1), 46-50.
- Belardinelli, R., Perna, G. (2002). Vasomotor reactivity evaluation in cardiac rehabilitation. *Monaldi Archives for Chest Disease*, 58(2), 79-86.
- Bekelman, D. B., Havranek, E. P., Becker, D. M., Kutner, J. S., Peterson, P. N., Wittstein, I. S., Dy, S. M. (2007). Symptoms, depression, and quality of life in patients with heart failure. *Journal of Cardiac Failure*, 13(8), 643-648.
- Bittner, V., Weiner, D. H., Yusuf, S., Rogers, W. J., McIntyre, K. M., Bangdiwala, S. I., Guilloffe, M. (1993). Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction. *JAMA*, 270(14), 1702-1707.
- Blomqvist, C. G., Saltin, B. (1983). Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Review of Physiology*, 45(1), 169-189.
- Bohannon, R. W. (2008). Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 31(1), 3-10.

- Braith, R. W., Welsch, M. A., Feigenbaum, M. S., Kluess, H. A., Pepine, C. J. (1999). Neuroendocrine activation in heart failure is modified by endurance exercise training. *Journal of the American College of Cardiology*, 34(4), 1170-1175.
- Burford, N. G., Webster, N. A., & Cruz-Topete, D. (2017). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis modulation of glucocorticoids in the cardiovascular system. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(10), 2150.
- Cahalin, L. P., Mathier, M. A., Semigran, M. J., Dec, G. W., DiSalvo, T. G. (1996). The six-minute walk test predicts peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. *Chest*, 110(2), 325-332.
- Canadian Institute for Health Information. (2012). Health system performance: All-cause readmission to acute care and return to the emergency department. Repéré à https://secure.cihi.ca/free_products/Readmission_to_acutecare_en.pdf
- Cattadori, G., Segurini, C., Picozzi, A., Padeletti, L., & Anzà, C. (2018). Exercise and heart failure: an update. *ESC Heart Failure*, 5(2), 222-232.
- Chrysohoou, C., Angelis, A., Tsitsinakis, G., Spetsioti, S., Nasis, I., Tsiachris, D., Vogiatzis, I. (2015). Cardiovascular effects of high-intensity interval aerobic training combined with strength exercise in patients with chronic heart failure. A randomized phase III clinical trial. *International Journal of Cardiology*, 179, 269-274.
- Coletta, A. P., Cleland, J. G., Freemantle, N., Clark, A. L. (2004). Clinical trials update from the European Society of Cardiology Heart Failure meeting: and meta-analysis

- of cardiac resynchronisation therapy. *European Journal of Heart Failure*, 6(5), 673-676.
- Cowie, M. R., Mendez, G. F. (2002). BNP and congestive heart failure. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 44(4), 293-321.
- Crimi, E., Ignarro, L. J., Cacciatore, F., Napoli, C. (2009). Mechanisms by which exercise training benefits patients with heart failure. *Nature Reviews Cardiology*, 6(4), 292-300.
- Dec, G. W., Fuster, V. (1994). Idiopathic dilated cardiomyopathy. *New England Journal of Medicine*, 331(23), 1564-1575.
- Després, J.-P. (2016). Physical activity, sedentary behaviours, and cardiovascular health: when will cardiorespiratory fitness become a vital sign? *Canadian Journal of Cardiology*, 32(4), 505-513.
- Donoghue, O. A., Savva, G. M., Cronin, H., Kenny, R. A., Horgan, N. F. (2014). Using timed up and go and usual gait speed to predict incident disability in daily activities among community-dwelling adults aged 65 and older. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(10), 1954-1961.
- Dracup, K., Walden, J., Stevenson, L., Brecht, M. (1992). Quality of life in patients with advanced heart failure. *The Journal of Heart and Lung Transplantation: the official publication of the International Society for Heart Transplantation*, 11(2 Pt 1), 273-279.

- Du, H., Newton, P. J., Salamonson, Y., Carrieri-Kohlman, V. L., Davidson, P. M. (2009). A review of the six-minute walk test: its implication as a self-administered assessment tool. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 8(1), 2-8.
- Dubus, I., Samuel, J., Swynghedauw, B. (1993). Origin and mechanisms of heart failure in hypertensive patients left ventricular remodelling in hypertensive heart disease. *European Heart Journal*, 14, 76.
- Duguet, A., Tantucci, C., Lozinguez, O., Isnard, R., Thomas, D., Zelter, M., Similowski, T. (2000). Expiratory flow limitation as a determinant of orthopnea in acute left heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 35(3), 690-700.
- Duncan, J. J., Farr, J. E., Upton, S. J., Hagan, R. D., Oglesby, M., Blair, S. N. (1985). The effects of aerobic exercise on plasma catecholamines and blood pressure in patients with mild essential hypertension. *JAMA*, 254(18), 2609-2613.
- Ebner, N., Elsner, S., Springer, J., von Haehling, S. (2014). Molecular mechanisms and treatment targets of muscle wasting and cachexia in heart failure: an overview. *Current Opinion in Supportive and Palliative Care*, 8(1), 15-24.
- Ehrman, J. K., Gordon, P. M., Visich, P. S., Keteyian, S. J. (2013). *Clinical exercise physiology*. Human Kinetics Publishers. Champaign, IL.
- Ehsani, A. A., Heath, G. W., Hagberg, J. M., Sobel, B. E., Holloszy, J. (1981). Effects of 12 months of intense exercise training on ischemic ST-segment depression in patients with coronary artery disease. *Circulation*, 64(6), 1116-1124.

- Ellingsen, Ø., Halle, M., Conraads, V., Støylen, A., Dalen, H., Delagardelle, C., Van Craenenbroeck, E. M. (2017). High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation*, 135(9), 839-849.
- Erbs, S., Höllriegel, R., Linke, A., Beck, E. B., Adams, V., Gielen, S., Hambrecht, R. (2010). Exercise training in patients with advanced chronic heart failure (NYHA III) promotes restoration of peripheral vasomotor function, induction of endogenous regeneration, and improvement of left ventricular function. *Circulation: Heart Failure*, 3(4), 486-494.
- Erbs, S., Linke, A., Gielen, S., Fiehn, E., Walther, C., Yu, J., Hambrecht, R. (2003). Exercise training in patients with severe chronic heart failure: impact on left ventricular performance and cardiac size. A retrospective analysis of the Leipzig heart failure training trial. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 10(5), 336-344.
- Esposito, F., Reese, V., Shabetai, R., Wagner, P. D., Richardson, R. S. (2011). Isolated quadriceps training increases maximal exercise capacity in chronic heart failure: the role of skeletal muscle convective and diffusive oxygen transport. *Journal of the American College of Cardiology*, 58(13), 1353-1362.
- Ezekowitz, J. A., O'Meara, E., McDonald, M. A., Abrams, H., Chan, M., Ducharme, A., Heckman, G. A. (2017). 2017 Comprehensive update of the Canadian Cardiovascular Society guidelines for the management of heart failure. *Canadian Journal of Cardiology*, 33(11), 1342-1433.

- Feiereisen, P., Delagardelle, C., Vaillant, M., Lasar, Y., Beissel, J. (2007). Is strength training the more efficient training modality in chronic heart failure? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(11), 1910-1917.
- Ferreira, J. P., Kraus, S., Mitchell, S., Perel, P., Piñeiro, D., Chioncel, O., Grancelli, H. (2019). World Heart Federation roadmap for heart failure. *Global Heart*, 14(3), 197-214.
- Fonseca, C., Morais, H., Mota, T., Matias, F., Costa, C., Gouveia-Oliveira, A., Investigators, E. (2004). The diagnosis of heart failure in primary care: value of symptoms and signs. *European Journal of Heart Failure*, 6(6), 795-800.
- Fowles, J. Société canadienne de physiologie de l'exercice, I. e. (2013). La santé par la pratique d'activité physique.
- Freyssin, C., Verkindt, C., Prieur, F., Benaich, P., Maunier, S., Blanc, P. (2012). Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(8), 1359-1364.
- Fu, T.-c., Wang, C.-H., Lin, P.-S., Hsu, C.-C., Cherng, W.-J., Huang, S.-C., Wang, J.-S. (2013). Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. *International Journal of Cardiology*, 167(1), 41-50.
- Fülster, S., Tacke, M., Sandek, A., Ebner, N., Tschöpe, C., Doehner, W., Von Haehling, S. (2013). Muscle wasting in patients with chronic heart failure: results from the

- studies investigating co-morbidities aggravating heart failure (SICA-HF). *European Heart Journal*, 34(7), 512-519.
- Ge, Z., Li, A., McNamara, J., Dos Remedios, C., Lal, S. (2019). Pathogenesis and pathophysiology of heart failure with reduced ejection fraction: translation to human studies. *Heart Failure Reviews*, 24(5), 743-758.
- Gevaert, A. B., Boen, J. R., Segers, V. F., & Van Craenenbroeck, E. M. (2019). Heart failure with preserved ejection fraction: a review of cardiac and noncardiac pathophysiology. *Frontiers in Physiology*, 10, 638.
- Gheorghiade, M., Vaduganathan, M., Fonarow, G. C., & Bonow, R. O. (2013). Rehospitalization for heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 61(4), 391-403.
- Giannuzzi, P., Temporelli, P. L., Corrà, U., Tavazzi, L. (2003). Antiremodeling effect of long-term exercise training in patients with stable chronic heart failure. *Circulation*, 108(5), 554-559.
- Gouvernement du Canada. (2010). Le rapport de l'administrateur en chef de la santé publique sur l'état de la santé publique au Canada : La santé et le bien-être des aînés au Canada. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/organisation/publications/rapports-etat-sante-publique-canada-administrateur-chef-sante-publique/rapport-annuel-etat-sante-publique-canada-2010/chapitre-3.html>
- Green, C. P., Porter, C. B., Bresnahan, D. R., Spertus, J. A. (2000). Development and evaluation of the Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire: a new health status

- measure for heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 35(5), 1245-1255.
- Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M., Bosquet, L. (2012). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sport Medicine*, 42(7), 587-605
- Guthold, R., Stevens, G.A., Riley, L.M., Bull, F.C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Global Health*, 6(10):e1077–1086.
- Gutierrez, M. C., Moore, P. G., Liu, H. (2013). Goal-directed therapy in intraoperative fluid and hemodynamic management. *Journal of Biomedical Research*, 27(5), 357.
- Guyatt, G. H., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., Fallen, E. L., Pugsley, S. O., Taylor, D. W., Berman, L. B. (1985). The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *CMAJ*, 132(8), 919.
- Hambrecht, R., Fiehn, E., Yu, J., Niebauer, J., Weigl, C., Hilbrich, L., Schuler, G. (1997). Effects of endurance training on mitochondrial ultrastructure and fiber type distribution in skeletal muscle of patients with stable chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 29(5), 1067-1073.
- Hambrecht, R., Gielen, S., Linke, A., Fiehn, E., Yu, J., Walther, C., Schuler, G. (2000). Effects of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure: a randomized trial. *JAMA*, 283(23), 3095-3101.
- Hambrecht, R., Niebauer, J., Fiehn, E., Kälberer, B., Offner, B., Hauer, K., Schuler, G. (1995). Physical training in patients with stable chronic heart failure: effects on

- cardiorespiratory fitness and ultrastructural abnormalities of leg muscles. *Journal of the American College of Cardiology*, 25(6), 1239-1249.
- Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Linke, A., Hofer, J., Erbs, S., Schuler, G. (2000). Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, 342(7), 454-460.
- Haripriya, S., Kumar, D., Samuel, S. E., Soman, A. (2018). Effect of a multi-component exercise program on functional mobility, exercise capacity and quality of life in older adults. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 12(7).
- Haykowsky, M. J., Timmons, M. P., Kruger, C., McNeely, M., Taylor, D. A., Clark, A. M. (2013). Meta-analysis of aerobic interval training on exercise capacity and systolic function in patients with heart failure and reduced ejection fractions. *American Journal of Cardiology*, 111(10), 1466-1469.
- Heart and Stroke Foundation of Canada. (2016). Report on the health of Canadians: The burden of heart failure. Repéré à <http://www.heartandstroke.ca/-/media/pdf-files/canada/2017-heart-month/heartandstroke-reportonhealth-2016.ashx?la=en>
- Heller, P. G., Grinberg, A. R., Lencioni, M., Molina, M. M., Roncoroni, A. J. (1992). Pulmonary hypertension in paroxysmal nocturnal hemoglobinuria. *Chest*, 102(2), 642-643.
- Hoffman, J. I., Kaplan, S. (2002). The incidence of congenital heart disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 39(12), 1890-1900.

- Hwang, R., Morris, N. R., Mandrusiak, A., Mudge, A., Suna, J., Adsett, J., Russell, T. (2016). Timed up and go test: a reliable and valid test in patients with chronic heart failure. *Journal of Cardiac Failure*, 22(8), 646-650.
- Iellamo, F., Manzi, V., Caminiti, G., Vitale, C., Castagna, C., Massaro, M., Volterrani, M. (2013). Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. *International Journal of Cardiology*, 167(6), 2561-2565.
- Institut de la Statistique du Québec. (2017). Zoom santé : La pratique régulière de l'activité physique chez les 15 à 29 ans au Québec. Repéré à <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/sante/bulletins/zoom-sante-201706-63.pdf>
- Johansen, H., Strauss, B., Arnold, J. M. O., Moe, G., Liu, P. (2003). On the rise: the current and projected future burden of congestive heart failure hospitalization in Canada. *Canadian Journal of Cardiology*, 19(4), 430-435.
- Kemp, C. D., Conte, J. V. (2012). The pathophysiology of heart failure. *Cardiovascular Pathology*, 21(5), 365-371.
- Kesaniemi, Y. A., Danforth, E., Jensen, M. D., Kopelman, P. G., Lefebvre, P., Reeder, B. A. (2001). Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), S351-S358.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and

- cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024-2035.
- Laonigro, I., Correale, M., Di Biase, M., Altomare, E. (2009). Alcohol abuse and heart failure. *European Journal of Heart Failure*, 11(5), 453-462.
- Liguori, G., & American College of Sports Medicine. (2020). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins, p. 229.
- Long, L., Mordi, I. R., Bridges, C., Sagar, V. A., Davies, E. J., Coats, A. J., Taylor, R. S. (2019). Exercise-based cardiac rehabilitation for adults with heart failure. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(1).
- Maldonado-Martín, S., Brubaker, P. H., Eggebeen, J., Stewart, K. P., Kitzman, D. W. (2017). Association between 6-minute walk test distance and objective variables of functional capacity after exercise training in elderly heart failure patients with preserved ejection fraction: a randomized exercise trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(3), 600-603.
- Mamas, M. A., Sperrin, M., Watson, M. C., Coutts, A., Wilde, K., Burton, C., Myint, P.K. (2017). Do patients have worse outcomes in heart failure than in cancer? A primary care-based cohort study with 10-year follow-up in Scotland. *European Journal of Heart Failure*, 19(9), 1095-1104.
- Mancini, D. (2017). Exercise and patients with heart failure. *In Heart Failure* (pp. 765-781): Springer.

- Mancini, D. M., Henson, D., LaManca, J., Levine, S. (1992). Respiratory muscle function and dyspnea in patients with chronic congestive heart failure. *Circulation*, 86(3), 909-918.
- Mangrum, J. M., DiMarco, J. P. (2000). The evaluation and management of bradycardia. *New England Journal of Medicine*, 342(10), 703-709.
- Mayou, R., Sleight, P., MacMahon, D., Florencio, M. (1981). Early rehabilitation after myocardial infarction. *The Lancet*, 318(8260-8261), 1299-1401.
- Mchenry, M. M. (1974). Medical screening of patients with coronary artery disease: criteria for entrance into exercise conditioning programs. *The American Journal of Cardiology*, 33(6), 752-756.
- McMurray, J. J., Adamopoulos, S., Anker, S. D., Auricchio, A., Böhm, M., Dickstein, K., Gomez-Sanchez, M. A. (2012). ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012. *European Journal of Heart Failure*, 14(8), 803-869.
- Megari, K. (2013). Quality of life in chronic disease patients. *Health Psychology Research*, 1(3).
- Mehrang, S., Lahdenoja, O., Kaisti, M., Tadi, M. J., Hurnanen, T., Airola, A., Vasankari, T. (2020). Classification of atrial fibrillation and acute decompensated heart failure using smartphone mechanocardiography: A multilabel learning approach. *IEEE Sensors Journal*, 20(14), 7957-7968.
- Meyer, K., Samek, L., Schwaibold, M., Westbrook, S., Hajric, R., Beneke, R., Roskamm, H. (1997). Interval training in patients with severe chronic heart failure: analysis

- and recommendations for exercise procedures. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(3), 306-312.
- Myers, J. (2003). Exercise and cardiovascular health. *Circulation*, 107(1), e2-e5.
- Neuenschwander, H., Bruera, E. (1998). Pathophysiology of cancer asthenia. *Topics in Palliative Care*, 2, 171-182.
- O'Connor, C. M., Whellan, D. J., Lee, K. L., Keteyian, S. J., Cooper, L. S., Ellis, S. J., Investigators, H.-A. (2009). Efficacy and safety of exercise training in patients with chronic heart failure: HF-ACTION randomized controlled trial. *JAMA*, 301(14), 1439-1450.
- Pattyn, N., Beulque, R., Cornelissen, V. (2018). Aerobic interval vs. continuous training in patients with coronary artery disease or heart failure: an updated systematic review and meta-analysis with a focus on secondary outcomes. *Sports Medicine*, 48(5), 1189-1205.
- Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S., Halle, M. (2020). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *European Heart Journal*.
- Perrault, H., Richard, R. (2012). Adaptation du transport cardiocirculatoire à l'exercice. *Revue des Maladies Respiratoires*, 29(4), 501-520.
- Pescatello, L. S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., Ray, C. A. (2004). Exercise and hypertension. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 533-553.

- Piña, I. L., Apstein, C. S., Balady, G. J., Belardinelli, R., Chaitman, B. R., Duscha, B. D., Sullivan, M. J. (2003). Exercise and heart failure. *Circulation*, 107(8), 1210-1225.
- Podsiadlo, D., Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148.
- Pouleur, H., Rousseau, M., van Eyll, C., Stoleru, L., Hayashida, W., Udelson, J., Ahn, S. (1993). Effects of long-term enalapril therapy on left ventricular diastolic properties in patients with depressed ejection fraction. SOLVD Investigators. *Circulation*, 88(2), 481-491.
- Régie de l'Assurance Maladie du Québec. (2016). Tarification des visites : Manuel de facturation des médecins spécialistes. Repéré à http://www.ramq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/professionnels/manuels/150-facturation-specialistes/012_b_tarif_visites_acte_spec.pdf
- Rosenbaum, D. S., Jackson, L. E., Smith, J. M., Garan, H., Ruskin, J. N., Cohen, R. J. (1994). Electrical alternans and vulnerability to ventricular arrhythmias. *New England Journal of Medicine*, 330(4), 235-241.
- Ross, H., Howlett, J., Arnold, J. M. O., Liu, P., O'Neill, B., Brophy, J., Ross, D. (2006). Treating the right patient at the right time: access to heart failure care. *Canadian Journal of Cardiology*, 22(9), 749-754.
- Safiyari-Hafizi, H., Taunton, J., Ignaszewski, A., & Warburton, D. E. (2016). The health benefits of a 12-week home-based interval training cardiac rehabilitation program in patients with heart failure. *Canadian Journal of Cardiology*, 32(4), 561-567.

- Santos, J. J., Brofman, P. R. (2008). Six-minute walk test and quality-of-life in heart failure. A correlative study with a Brazilian sample. *Insuficiencia Cardíaca*, 3(2), 72-75.
- Sesso, H. D., Paffenbarger, R. S., Lee, I.-M. (2000). Physical activity and coronary heart disease in men. *Circulation*, 102(9), 975-980.
- Shah, S. J., Borlaug, B. A., Kitzman, D. W., McCulloch, A. D., Blaxall, B. C., Agarwal, R., Gladwin, M. T. (2020). Research priorities for heart failure with preserved ejection fraction: national heart, lung, and blood institute working group summary. *Circulation*, 141(12), 1001-1026.
- Sheer, T. A., Joo, E., Runyon, B. A. (2010). Usefulness of serum N-terminal-ProBNP in distinguishing ascites due to cirrhosis from ascites due to heart failure. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 44(1), e23-e26.
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., Woollacott, M. (2000). Predicting the Probability probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up & go test. *Physical Therapy*, 80(9), 896-903.
- Smart, N. A., Dieberg, G., Giallauria, F. (2013). Intermittent versus continuous exercise training in chronic heart failure: a meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 166(2), 352-358.
- Smith, M. M., Sommer, A. J., Starkoff, B. E., Devor, S. T. (2013). Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3159-3172.

- Statistique Canada. (2015). Estimations de la population du Canada: Âge et sexe. Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/150929/dq150929b-fra.htm>
- Steffen, T. M., Hacker, T. A., Mollinger, L. (2002). Age and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: six-minute walk test, berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Physical Therapy*, 82(2), 128-137.
- Steiner, J. L., & Lang, C. H. (2017). Etiology of alcoholic cardiomyopathy: Mitochondria, oxidative stress and apoptosis. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 89, 125-135.
- Tucker, W. J., Beaudry, R. I., Liang, Y., Clark, A. M., Tomczak, C. R., Nelson, M. D., Haykowsky, M. J. (2019). Meta-analysis of exercise training on left ventricular ejection fraction in heart failure with reduced ejection fraction: a 10-year update. *Progress in Cardiovascular Disease*, 62(2), 163-171.
- Tucker, W. J., Lijauco, C. C., Hearon, C. M., Angadi, S. S., Nelson, M. D., Sarma, S., Haykowsky, M. J. (2018). Mechanisms of the improvement in peak VO₂ with exercise training in heart failure with reduced or preserved ejection fraction. *Heart, Lung and Circulation*, 27(1), 9-21.
- Tyni-Lenné, R., Gordon, A., Jensen-Urstad, M., Dencker, K., Jansson, E., Sylvén, C. (1999). Aerobic training involving a minor muscle mass shows greater efficiency than training involving a major muscle mass in chronic heart failure patients. *Journal of Cardiac Failure*, 5(4), 300-307.

- Van Der Ham, E., Mandrusiak, A., Krumins, A., Adsett, J., Hwang, R., Kuys, S. (2012). Prevalence of falls and musculoskeletal pain in older adults with chronic heart failure. *Heart, Lung and Circulation*, 21, S88.
- Vogiatzis, I., Zakynthinos, S. (2013). The physiological basis of rehabilitation in chronic heart and lung disease. *Journal of Applied Physiology*, 115(1), 16-21.
- Wang, Z., Peng, X., Li, K., Wu, C.-J. J. (2019). Effects of combined aerobic and resistance training in patients with heart failure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Nursing & Health Sciences*, 21(2), 148-156.
- Warburton, D. E., Charlesworth, S., Ivey, A., Nettlefold, L., Bredin, S. S. (2010). A systematic review of the evidence for Canada's physical activity guidelines for adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 39.
- Warburton, D. E., Nicol, C. W., Bredin, S. S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ*, 174(6), 801-809.
- Wielgosz, A., Arango, M., Bancej, C., Bienek, A., Johansen, H., Linday, P., Quan, P. (2009). Suivi des maladies du cœur et des accidents vasculaires cérébraux au Canada. Agence de santé publique du Canada. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/migration/phac-aspc/publicat/2009/cvd-avc/pdf/cvd-avs-2009-fra.pdf>
- Wilhelmsen, L., Rosengren, A., Eriksson, H., Lappas, G. (2001). Heart failure in the general population of men—morbidity, risk factors and prognosis. *Journal of Internal Medicine*, 249(3), 253-261.

Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P. M., Lee, S. J. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients. *Circulation*, 115(24), 3086-3094.

Xie, B., Yan, X., Cai, X., Li, J. (2017). Effects of high-intensity interval training on aerobic capacity in cardiac patients: a systematic review with meta-analysis. *Biomedical Research International*, 2017.

ANNEXE A

Journal de bord

Titre du projet de recherche : Entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité (EFIHI) chez des patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (FE < 40%)

Nom : _____

Première rencontre avec le kinésiologue :

Anthropométrie :

Taille : _____

Poids : _____

Tour de taille : _____

Indice de masse corporelle (IMC) : _____

Tests Fonctionnels :

Test de marche de 6 minutes: _____

Test de force de préhension : _____

Test de capacité physique fonctionnelle : _____

**** Il est important de ramener le journal de bord au chercheur principal lors de la rencontre finale.**

Journal de Bord

Rencontre finale avec le kinésologue :

Anthropométrie :

Grandeur : _____

Taille : _____

Tour de taille : _____

Indice de masse corporelle (IMC) : _____

Tests Fonctionnels :

Test de marche de 6 minutes: _____

Test de force de préhension : _____

Test de capacité physique fonctionnelle : _____

I. Consentement au journal de bord.

Les informations concernant le journal de bord sont exactes et j'ai respecté toutes les conditions qui s'y rattache.

Signature du participant

Date

Signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

ANNEXE B

Variable pré-post entraînement

Nom : _____

No. du patient : _____

Fréquence cardiaque: $(FC_{Max_{pic}} - FC_{repos}) \cdot \% \text{ intensité} + FC_{repos}$

60% _____

85% _____

65% _____

90% _____

70% _____

95% _____

75% _____

80% _____

	Séance #1	Séance #2	Séance #3
Semaine 3 80% 30-30 _____	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>
Semaine 4 80% 30-30	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>

	Séance #1	Séance #2	Séance #3
Semaine 1 80% 20-40 _____	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>
Semaine 2 80% 30-30	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>

Semaine 5 85-90% 30-30 _____	Date : _____	Date : _____	Date : _____
	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>
Semaine 6 85-90% 30-30	Date : _____	Date : _____	Date : _____
	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>

Semaine 7 85-90% 30-30 _____	Date : _____	Date : _____	Date : _____
	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>
Semaine 8 85-90% 40-20	Date : _____	Date : _____	Date : _____
	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>	<u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ <small>*patients diabétiques</small>

Semaine 9 85-90% 40-20 <hr/>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ *patients diabétiques	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ *patients diabétiques	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ *patients diabétiques
Semaine 10 85-90% 40-20 <hr/>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ *patients diabétiques	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : _____ *patients diabétiques	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : _____ *patients diabétiques
Semaine 11 85-90% 40-20 <hr/>	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ *patients diabétiques	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ *patients diabétiques	Date : _____ <u>Tension artérielle :</u> Pré : Sys : _____ Diast : _____ Post : Sys : _____ Diast : _____ FC repos : _____ Glyc* : Pré : _____ Post : _____ *patients diabétiques

ANNEXE C

Suivi cardiovasculaire

Échocardiographie (HF-HIFIT)

Nom : _____ No. dossier : _____ Date : _____

Fraction d'éjection (FE)	
Volume d'éjection (VE) ml	
Volume d'éjection indexé (VEI) ml/m ²	
Débit cardiaque (VO) L/min	
Débit cardiaque Indexé (VOI) L/min/m ²	
Volume ventriculaire gauche (ml)	
Dimension fin systole VG (cm)	
Dimension fin diastole VG (cm)	
Volume oreillette gauche (ml)	
Diamètre du VD à l'inlet (cm)	
Strain rate	
Fonction diastolique	
Pression systolique de l'artère pulmonaire (PAPs) mmHg	
Masse VG (gramme/m ²)	
Fonction du VD	
Tricuspid annulus systolic excursion (TAPSE)	
Doppler tissulaire de l'anneau tricuspide (DTI VD)	

Échostress (HF-HIFIT)

Nom : _____ No. dossier : _____ Date : _____

WATTs	
Durée (min)	
FE baseline	
FE peak	
Volume d'éjection baseline (VES) ml	
Volume d'éjection peak (VES) ml	
Débit cardiaque Baseline (LVCO) l/min	
Débit cardiaque indexé Baseline (LVCI) l/min/m ²	
Débit cardiaque peak (LVCO) l/min	
Débit cardiaque indexé peak (LVCI) l/min/m ²	
Pression systolique de l'artère pulmonaire (PAPs)	

ANNEXE D

Certificats

Rapport d'acceptation finale du comité d'évaluation scientifique

Titre du projet:	Entraînement fonctionnel par intervalles à haute intensité (EFIHI) chez des patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (FE sous 40%) (ICFER)
Chercheur:	Philippe Désilets-Beaudoin
Département:	Science de l'activité physique

Documents étudiés:
<ul style="list-style-type: none">..\568-DépôtdeProjet\568 Formulaire dépôt projet recherche.docx..\568 Légal\568 Budget-HF-HIFIT.xlsx..\568-Éthique\568 Questionnaire WHOQOL.pdf..\568-Éthique\568 Formulaire consentement Final.docx

Évaluation
<input checked="" type="checkbox"/> Acceptable tel quel <input type="checkbox"/> Lacunes significatives nécessitant re-soumission
Commentaires:

Recommandation
<input checked="" type="checkbox"/> Recommandation favorable <input type="checkbox"/> Recommandation défavorable
Commentaires:



Docteur André Poirier
Président du comité d'évaluation scientifique

2018-05-09

Date

Certificat d'approbation éthique

Description du projet de recherche :

Titre du projet :	Entraînement fonctionnel par intervalles à haute intensité (EFIHI) chez des patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (FE sous 40%) (ICFER)
Numéro du projet :	CÉR-2017-021
Chercheur :	Philippe Desilets-Beaudoin

Documents approuvés par le CÉR à utiliser pour la présente étude :

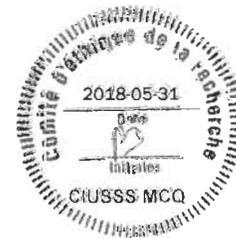
Documents approuvés par le CÉR à utiliser pour la présente étude :	Date de la version
Protocole de recherche	2018-04-06
Formulaire d'information et de consentement	2018-05-02
Questionnaire WHOQOL-BREF	2018-05-22

Approbation éthique :

Étude initiale du projet par notre CÉR :	2018-02-22
Certificat actuel :	
Raison d'émission :	Acceptation initiale
Date d'étude par notre CÉR :	2018-05-21
Période de validité :	Du 2018-05-31 au 2019-05-31



Bernard Deshaies
Président
Comité d'éthique de la recherche médical



À noter que le présent document est acheminé de manière électronique seulement et agit à titre de version officielle.

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : **Entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité (EFIHI) chez des patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite ($FE \leq 40\%$)**

Chercheur(s) : Philippe Désilets-Beaudoin
 Département des sciences de l'activité physique

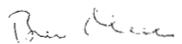
Organisme(s) : Novartis

N° DU CERTIFICAT : **CER-18-248-07.01**

PÉRIODE DE VALIDITÉ : **Du 24 septembre 2018 au 24 septembre 2019**

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage à :

- Aviser le CER par écrit des changements apportés à son protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- Procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- Aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- Faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.



Bruce Maxwell
Président du comité



Fanny Longpré
Secrétaire du comité

ANNEXE E

Critères d'inclusion-exclusion

Recrutement (hôpital)

Formulaire de consentement

INITIALES : _____

DDN : _____

HF-HIFIT

CRITÈRES D'INCLUSION	OUI	NON
Hommes ou femmes entre 18 et 75 ans		
Insuffisance cardiaque stable (FE 20 à 40%)		
Classe fonctionnelle de la NYHA I à III		
Patients stables dans les 3 derniers mois avant la randomisation sans nécessité additionnelle de revascularisation		

Signature de l'investigateur : _____

Page 1 sur 2

INITIALES : _____
DDN : _____

CRITÈRES D'EXCLUSION	OUI	NON
Impossibilité de faire de l'exercice		
Fibrillation auriculaire avec réponse ventriculaire au repos supérieur à 110 bpm.		
Choc approprié du défibrillateur implanté dans les 3 derniers mois		
Patient dépendant du pacemaker		
Diabète non contrôlé.		
Pompe à insuline.		
Hypertension artérielle non contrôlée (PA > 160 mmHg)		
Patients en hémodialyse.		
Mauvaise qualité d'image à l'échographie		
Hypertrophie du ventricule gauche sévère ou hypertrophie septale (>18mm) ou toute obstruction du ventricule gauche sévère		
Pressions ventriculaires droites supérieures à 60 mmHg.		
Valvulopathie sévère basée sur le diagnostic échographique		
Dépendance à une drogue illégale		
Impossibilité de lire et comprendre le formulaire de consentement		
Toute situation pour laquelle le chercheur principal perçoit que le patient ne sera pas adhérent au protocole		

Signature de l'investigateur : _____

Page 2 sur 2

HF-HIFIT

Critères majeurs :

- FE (entre 20 et 40%)
- NYHA I à III
- Valvulopathie sévère non inclus
- Stable (3 derniers mois)

de dossier (Hôpital)

- | | |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 8. _____ |
| 2. _____ | 9. _____ |
| 3. _____ | 10. _____ |
| 4. _____ | 11. _____ |
| 5. _____ | 12. _____ |
| 6. _____ | 13. _____ |
| 7. _____ | 14. _____ |

Dr. Ariel Diaz
Philippe D. Beaudoin M. sc. (c)

Titre du projet de recherche : Entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité (EFIHI) chez des patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (FE < 40%)

Chercheur principal : Philippe Desilets-Beaudoin, M. Sc.(c),
Département des sciences de l'activité physique

Co-chercheurs : Dr. Ariel Diaz, MD, M. Sc. Université de Montréal,
Campus Mauricie

François Trudeau, Ph. D., Département des sciences de l'activité physique

Provenance des fonds : Novartis

Préambule

Vous êtes invité(e) à participer à un projet de recherche. Le présent document vous renseigne sur les modalités de ce projet de recherche. Cependant, avant d'accepter à participer à ce projet et de signer le formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable de ce projet ou à un membre du personnel de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Nature et objectifs du projet de recherche

La nature de ce projet de recherche est de développer une nouvelle approche de réadaptation cardiovasculaire pour une population avec insuffisance cardiaque. L'objectif principal de cette étude est de vérifier l'efficacité et la sécurité d'un programme d'entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité (EFIHI) chez une population de patients insuffisants cardiaque avec fraction ventriculaire gauche réduite (FE <40%).



Pour la réalisation de ce projet de recherche, nous comptons recruter 30 participants au Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS MCQ), hommes et femmes, âgés de 18 à 75 ans et qui rencontrent tous les critères d'inclusion et d'exclusion.

Déroulement du projet de recherche

Votre participation sera requise pour une durée totale de trois à quatre mois. Tout d'abord vous devrez effectuer des évaluations de votre santé cardiovasculaire avant de commencer votre participation à l'activité physique en lien avec ce protocole. Ensuite il aura un processus de sélection aléatoire et vous serez invité soit à participer à un programme d'entraînement de 11 semaines (groupe expérimental EFIHI) ou soit à ne pas participer (groupe contrôle) où vous aurez à vous présenter une seule fois en 11 semaines afin de recevoir de l'information concernant les saines habitudes de vies. Finalement vous devrez passer une deuxième fois les évaluations de votre santé cardiovasculaire après les 11 semaines. Des données sur votre santé cardiovasculaire seront collectées dans votre dossier médical. Ces données comportent, entre autres, les rapports d'échocardiographies, vos antécédents cardiovasculaires (chirurgies cardiaques, angioplasties, problèmes cardiaques et maladies pouvant affecter votre santé cardiovasculaire, vos visites à la clinique d'insuffisance cardiaque et les résumés d'hospitalisation en cardiologie).

Évaluations préparticipation

Premier rendez-vous :

La première partie de cette évaluation se déroulera au service de cardiologie, au Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS MCQ). Vous devrez tout d'abord effectuer une échographie cardiaque au repos puis une échographie cardiaque à l'effort administrée par un cardiologue. Pour ce faire, un électrocardiogramme (ECG) sera fait. Puis, l'échographiste appliquera un gel sur une petite sonde échographique, placera la sonde sur la partie gauche de votre poitrine et obtiendra plusieurs images de votre cœur au repos. On mesurera plusieurs paramètres utiles à l'étude comme, le volume d'éjection systolique, le débit cardiaque, la fraction d'éjection, les volumes et dimensions des différentes cavités cardiaques, etc. Vous subirez ensuite l'échographie à l'effort. On vous demandera pour cela d'effectuer un effort physique (pédaler sur un vélo stationnaire incliné). L'intensité sera très faible au départ, puis elle augmentera toutes les deux minutes. Pendant l'exercice, on surveillera les mêmes paramètres mentionnés précédemment. Certaines consignes vous seront expliquées plus en détails une fois le rendez-vous pris.

Suite à ce test, nous vous remettons un moniteur Holter que vous devrez porter pour une période de 24h, ce dernier servira à l'enregistrement continu de la fréquence et du rythme cardiaques pendant les activités quotidiennes. Le professionnel sur place vous expliquera toutes les modalités propres à ce moniteur. Avant de terminer cette

première rencontre, une infirmière prendra une prise de sang afin de recueillir des données hématologiques pertinentes pour cette recherche.

Deuxième rendez-vous :

Ce rendez-vous se déroulera au département d'inhalothérapie du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec (CIUSSS MCQ). Vous devrez effectuer un test de la capacité cardiorespiratoire (VO_{2pic}) administré par un inhalothérapeute. Pour se faire, des électrodes pour obtenir un électrocardiogramme (ECG) seront posés ensuite un masque sera placé au visage ainsi qu'un pince-nez de sorte que vous soyez capable de respirer seulement par la bouche. La pose de ce masque est utile afin de mesurer les échanges gazeux lors de la respiration. Après, le test sera effectué sur un vélo stationnaire, l'intensité sera très faible au départ puis elle augmentera graduellement. Il est important de noter que ce test est non invasif et sera supervisé par un médecin.

Les critères d'arrêt de ce test sont :

- la demande d'arrêt volontaire du patient.
- l'apparition de symptômes liée à l'insuffisance cardiaque.
- Toute autre raison pour laquelle le professionnel sur place juge de mettre fin au test.

Troisième rendez-vous :

Une troisième rencontre se déroulera à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). Votre poids, votre taille ainsi que votre circonférence de taille seront mesurées. Ensuite, vous devrez répondre à un court questionnaire évaluant la qualité de vie (WHOQOL). Finalement, vous effectuerez trois tests fonctionnels sous maximaux demandant peu d'efforts physiques soient le test de 6 minutes de marche continue, le test de force de préhension de la main ainsi que le test de lever d'une chaise.

Programme d'entraînement (groupe EFIGI seulement)

Vous serez invité à venir trois fois par semaine pour un total de 33 rencontres d'environ 75 minutes chacune à la Clinique Universitaire de Kinésiologie de l'UQTR afin d'effectuer un programme d'entraînement fonctionnel par intervalles de haute intensité adapté à votre condition. Chaque séance sera supervisée par un kinésologue afin de s'assurer de la sécurité de celle-ci. Les séances d'entraînement se feront sous forme d'intervalle d'effort et de repos d'une durée de 30 à 40 minutes selon vos capacités. Les mouvements utilisés seront des mouvements fonctionnels, c'est-à-dire des mouvements recréant les mouvements de la vie quotidienne. Vous serez aussi invité à remplir un journal de bord à la maison afin que l'on puisse évaluer votre niveau d'activité physique hors des séances d'entraînements.

Semaine 1 : Vous aurez à effectuer 4 séries de 8 mouvements fonctionnels fractionnées de manière à effectuer 20 secondes d'efforts à 80% de la fréquence cardiaque ciblée lors de votre test à l'effort

(FC_{pic}) avec des temps de récupérations actives (marche) de 40 secondes. Vous aurez 1 à 2 minutes de récupération passive à la fin de chaque série.

Semaines 2 à 4 : La fréquence cardiaque cible est maintenue à 80%, mais la durée de l'effort est augmentée à 30 secondes pour 30 secondes de repos.

Semaines 5 à 8 : La durée de l'effort est conservée, mais l'intensité est augmentée à 85-90% de la FC_{pic} .

Semaines 8 à 11 : Finalement, vous devrez effectuer 40 secondes d'efforts à 85-90% de la FC_{pic} suivie de moments de récupération de 20 secondes.

Groupe contrôle (instructions concernant les saines habitudes de vie)

Vous serez appelé à venir une seule fois à la clinique Universitaire de Kinésiologie de l'UQTR afin de recevoir, sous forme de présentation, des conseils concernant les saines habitudes de vie à adopter. Cette présentation survolera le volet nutritionnel, physique ainsi que les habitudes de vies à adopter lors d'insuffisance cardiaque. Ensuite, un journal de bord que vous devrez remplir à la maison pour une période de 11 semaines vous sera remis afin que l'on puisse évaluer votre niveau d'activité physique quotidiennement.

Évaluation post-entraînement (pour tous les groupes)

Votre participation se terminera par une visite au CIUSSS-MCQ afin de reprendre les mesures d'évaluation prises au début de l'étude. Par conséquent, une échographie cardiaque à l'effort, une prise de sang, un test non invasif de consommation d'oxygène ainsi que le port de l'Holter pendant 24h sera donc nécessaire pour compiler nos données d'étude. Finalement, votre présence à la Clinique Universitaire de Kinésiologie sera nécessaire une dernière fois afin de reprendre votre poids et votre circonférence de taille. Lors de cette même visite, vous devrez répondre une deuxième fois au questionnaire évaluant la qualité de vie (WHOQOL) ainsi que refaire les évaluations sous maximale soit le test de 6 minutes de marche continue, le test de préhension de la main et le test de lever d'une chaise.

Évaluation finale (pour tous les groupes)

Un suivi téléphonique sera fait 3 mois après la dernière visite afin de connaître votre adhérence à l'activité physique quotidienne suite à votre participation à cette recherche.

Avantages associés au projet de recherche

Votre participation à ce projet de recherche vous permettra d'obtenir les bénéfices associés à la pratique régulière de l'activité physique sur l'amélioration de la santé ainsi que les conseils d'un kinésologue en matière de saines habitudes de vie. De plus, vous pourrez bénéficier d'un bilan de votre état de santé et de votre condition physique. À cela s'ajoute le fait qu'elle contribuera à l'avancement des connaissances scientifiques dans ce domaine de recherche.

Risques et inconvénients

Bien que l'évaluation préparticipation permette de limiter les risques potentiels, la participation à un programme d'activité physique à haute intensité comporte certains risques. Même dans la situation où un effet indésirable se produirait en cours de participation à l'étude, les effets décrits ci-dessous sont légers à modérés et peuvent être traités. Dans de très rares cas, les conséquences peuvent être sévères, et même mortelles.

Complications légères à modérés associées aux tests d'efforts et à l'entraînement :

- Une pression et/ou douleur thoracique;
- Un essoufflement plus élevé qu'à l'habitude;
- Des vertiges ou des étourdissements;
- Des anomalies du rythme cardiaque;
- Une pression artérielle anormale;
- Des nausées;
- Une sudation excessive;
- Risque de troubles neurologiques et musculo-squelettiques;

Complications sévères nécessitant une hospitalisation associée aux tests d'efforts et à l'entraînement :

- Un infarctus du myocarde aigu peut se produire chez environ 0,05% (5/10000) des patients lors des tests à l'effort ce qui, dans de rares cas, peut causer la mort.
- Le taux d'événements graves est généralement considéré comme étant de 1/10000.
- Un Accident Vasculaire Cérébral (AVC) peut se produire chez environ 0,003% (3/100000) de la population ce qui, dans de rares cas, peut causer la mort.

Autres complications :

- Les prises de sang au début et à la fin de l'étude peuvent être un inconvénient. Des inconforts peuvent être ressentis lors de la prise de sang. Dans certains cas, une ecchymose peut apparaître au site où a été faite la prise de sang et il disparaîtra après

quelques jours. Dans de très rares cas, certaines personnes peuvent ressentir un malaise vagal passager (bouffé de chaleur, faiblesse, étourdissement).

Veillez noter que ces dangers sont minimes et que toutes les précautions seront prises pour réduire ces risques au minimum. Le participant est tenu d'informer le superviseur responsable de votre séance d'entraînement le plus rapidement possible de tout malaise, douleur ou autres signes et symptômes ressentis pendant l'exercice ou après.

Participation volontaire et possibilité de retrait

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable de ce projet de recherche ou à l'un des membres de son personnel de recherche.

Votre décision de ne pas participer à ce projet de recherche ou de vous en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels vous avez droit ou sur votre relation avec le chercheur responsable de ce projet de recherche et les autres intervenants.

Le chercheur responsable de ce projet de recherche, le comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec ou le comité d'éthique de l'Université du Québec à Trois-Rivières peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Si vous vous retirez ou êtes retiré du projet, l'information déjà obtenue dans le cadre de ce projet sera conservée aussi longtemps que nécessaire pour assurer votre sécurité et aussi celles des autres de recherche et pour se conformer aux exigences réglementaires.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai, verbalement et par écrit.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable de ce projet de recherche ainsi que les membres de son personnel de recherche recueilleront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Ces renseignements peuvent comprendre les informations concernant votre état de santé passé et présent, vos habitudes de vie ainsi que les résultats de tous les tests, examens et procédures qui seront réalisés. Votre dossier peut aussi comprendre d'autres renseignements tels que votre nom, votre sexe, votre date de naissance et votre origine ethnique.

Tous les renseignements recueillis demeureront confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements, vous ne serez identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable de ce projet de recherche. Ils seront conservés sous clé au 4242 Albert-Tessier à l'Université du Québec à Trois-Rivières. De plus, les documents informatisés seront protégés par un mot de passe.

Les renseignements recueillis, à titre de données de recherche, seront utilisés par le chercheur responsable de ce projet dans le but de répondre aux objectifs scientifiques du projet décrits dans le formulaire d'information et de consentement.

Les données de recherche pourront être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier. Également, les données de recherche pourraient servir pour d'autres analyses de données reliées au projet ou pour l'élaboration de projets de recherches futurs. Par ailleurs, vos renseignements personnels, tels que votre nom ou vos coordonnées, seront conservés pendant 5 ans après la fin du projet par le chercheur responsable de ce projet de recherche et seront détruits par la suite. Les documents papier seront déchetés.

À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec ou par une personne mandatée par des organismes publics autorisés. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de votre participation au projet seront conservés pendant un an après la fin du projet dans un répertoire à part maintenu par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

En conformité avec la loi sur l'accès à l'information, vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable de ce projet de recherche détient ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité

scientifique du projet, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois votre participation terminée.

Financement du projet de recherche

Un financement de la compagnie pharmaceutique Novartis a été versé pour réaliser le projet.

Compensation

Si vous acceptez de participer, nous vous remboursons tous vos frais de déplacement, vos frais de stationnements ainsi que vos frais d'adhésion à la salle d'entraînement. La compensation vous sera versée suite à l'évaluation post-entraînement.

Si vous ne terminez pas le projet, vous recevrez le montant correspondant à vos dépenses, conformément au nombre de jours de participation.

Indemnisation en cas de préjudice et droits du participant à la recherche

Vous ne serez pas rémunéré pour votre participation à cette étude. Dans l'éventualité où vous seriez victime d'un préjudice causé par votre participation au protocole de recherche, le CIUSSS MCQ veillera à ce que vous receviez tous les soins que nécessite votre état de santé.

Le CIUSSS MCQ s'engage à couvrir les coûts du test diagnostique qui vous sera prescrit dans le cadre de cette étude. Les tests diagnostiques qui seront effectués dans le cadre de votre examen de routine seront à la charge des régimes d'assurance-hospitalisation et d'assurance-maladie du Québec. Si votre participation engendrait d'autres coûts qui ne sont pas présentement assurés par les régimes d'assurance-hospitalisation et d'assurance-maladie du Québec ceux-ci ne sont pas couverts. Vous devrez donc en déboursier les frais.

Aucune compensation pour perte de revenus, invalidité ou inconfort n'est prévue.

En acceptant de participer à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez le chercheur responsable de ce projet de recherche, l'établissement et l'organisme subventionnaire de leur responsabilité civile et professionnelle.

Identification des personnes-ressources

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec l'étudiant-chercheur co-responsable de ce projet de recherche, Philippe Desilets-Beaudoin par téléphone au 819-690-6169 ou par courriel : philippe.desilets-beaudoin@uqtr.ca

Si vous éprouvez un problème de détresse psychologique relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec la Clinique Universitaire de Services Psychologiques (CUSP) par téléphone au 819-376-5088.

Pour toute question concernant vos droits en tant que participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec la commissaire locale aux plaintes et à la qualité des services du Centre intégré universitaire de santé et de service sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec au numéro suivant : 1-888-693-3606.

Surveillance des aspects éthiques du projet de recherche

Le comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec et le comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières ont approuvé ce projet de recherche. En plus d'en assurer le suivi, ils en approuveront au préalable toute révision et toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche. Pour toute information, vous pouvez communiquer avec le Bureau intégré de l'éthique du CIUSSS MCQ au 819-372-3133 poste 32303.



Consentement

Titre du projet de recherche : Entraînement fonctionnel par intervalles à haute intensité (EFIHI) chez des patients avec insuffisance cardiaque et fraction d'éjection ventriculaire gauche réduite (FE<40%).

I. Consentement du participant

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision. Après réflexion, je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Signature du participant

Date

II. Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Signature de la personne qui obtient le consentement

Date

III. Signature et engagement du chercheur responsable de ce projet de recherche

Je certifie qu'on a expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement, que l'on a répondu aux questions qu'il avait à cet égard et qu'on lui a clairement indiqué qu'il demeure libre de mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée et datée au participant.

Signature du chercheur responsable du projet de recherche

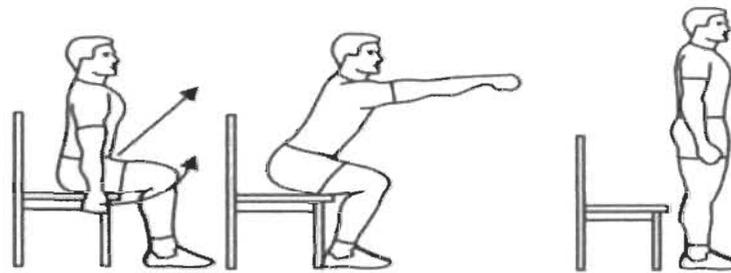
Date

ANNEXE F

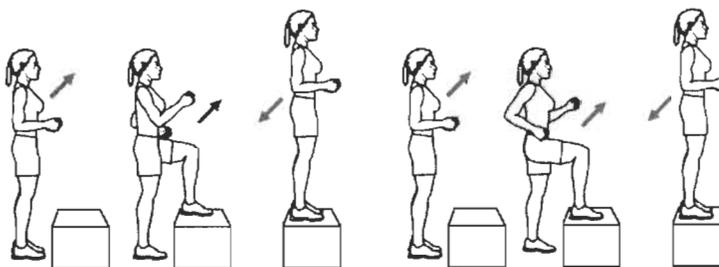
Programme d'entraînement

	Intensité	Volume	Fréquence
Semaine 1	80% FC de réserve	20 sec d'effort 40 sec de repos	3x/sem
Semaine 2 à 4	80% FC de réserve	30 sec d'effort 30 sec de repos	3x/sem
Semaine 5 à 8	85-90% FC de réserve	30 sec d'effort 30 sec de repos	3x/sem
Semaine 9 à 11	85-90% FC de réserve	40 sec d'effort 20 sec de repos	3x/sem

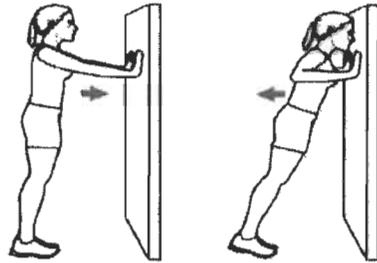
Mouvement 1



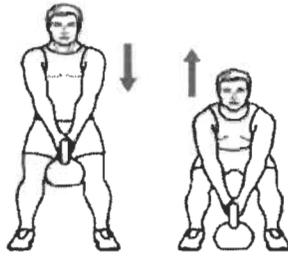
Mouvement 2



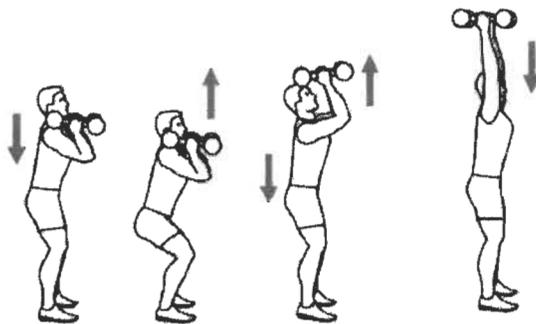
Mouvement 3



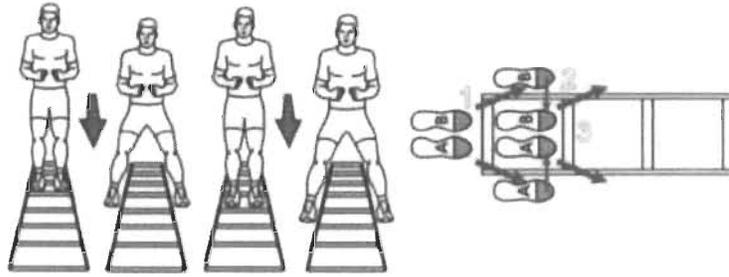
Mouvement 4



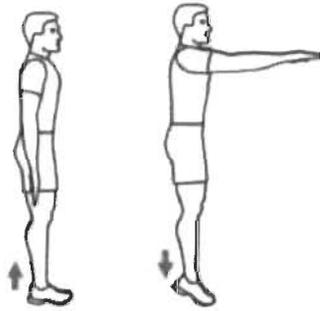
Mouvement 5



Mouvement 7



Mouvement 8



Mouvement 9

