

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté des sciences de l'activité physique

Département de Kinanthropologie

Faisabilité de l'entraînement par intervalles à faible volume et comparaison de ses effets
aux recommandations en matière d'exercice aérobie chez la femme âgée ayant une
obésité abdominale.

par

Inès Boukabous

Mémoire présenté à la Faculté des sciences de l'activité physique

En vue de l'obtention du grade de

Maîtrise

Sciences de l'activité physique

OCTOBRE 2017

© Inès Boukabous, 2017

SOMMAIRE

La prévalence de l'obésité abdominale a augmenté chez les personnes âgées et ce, particulièrement chez les femmes. Connaissant les risques associés de maladies chroniques, il est important de développer des stratégies efficaces permettant de réduire l'accumulation de graisse abdominale. Depuis quelques années maintenant, il est suggéré que l'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) de faible volume (75 min/semaine) est une stratégie efficace pour induire une perte de masse grasse, améliorer le profil métabolique et la capacité fonctionnelle chez les personnes en surpoids, tout en favorisant une réponse affective à l'effort qui est supérieure à celle induite par l'exercice continu d'intensité modérée. Néanmoins, la faisabilité et l'impact d'une telle stratégie chez les femmes âgées, les plus touchées par l'obésité abdominale, demeurent à démontrer. D'autre part, il existe des discordances quant aux effets du HIIT de faible volume comparativement à ceux observés en réponse aux recommandations actuelles en matière d'exercice aérobic. Ainsi, l'**objectif principal** de ce mémoire était d'établir la faisabilité d'un programme de 8 semaines de HIIT de faible volume et de comparer ses effets à ceux obtenus en réponse aux recommandations actuelles en matière d'exercice (150 min/semaine d'exercice aérobic d'intensité modérée; CONT) sur la masse grasse, le profil métabolique et la capacité fonctionnelle chez des femmes âgées présentant une obésité abdominale. **Méthodes:** Au départ, 40 femmes ont été appelées pour participer au projet. De ces 40 femmes, 21 rencontraient les critères de sélection et ont été évaluées dans notre laboratoire. Suite aux évaluations initiales, 3 femmes ont été exclues (pré-diabète n=1 ; problèmes cardiaques décelés lors de l'épreuve cardiorespiratoire n = 2). Au total, 18 femmes âgées (60-75 ans) en santé, physiquement inactives (< 60 min d'exercice structuré par semaine) et présentant une obésité abdominale (circonférence de la taille: ≥ 88 cm) ont été recrutées et ont complété l'étude. Les participantes ont été réparties aléatoirement parmi deux groupes: 1) **HIIT** (n = 9) ou 2) **CONT** (n = 9). Les variables suivantes ont été mesurées avant et après 8 semaines d'intervention: anthropométrie (poids, taille, circonférence de la taille) ; composition corporelle (masse grasse totale, du tronc et viscérale, masse maigre ; iDXA) ; profil métabolique à jeun (profil lipidique, glucose et insuline) ; capacité fonctionnelle (test de marche de 6 minutes, tests de capacité fonctionnelle, tests de force maximale et capacité aérobic maximale : VO₂ max). La faisabilité fut établie avec le taux de complétion (abandon, adhérence à l'intervention) et la réponse affective, qui fut mesurée avant et après chaque séance d'entraînement pendant les 8 semaines d'intervention. **Résultats:** Le taux de complétion était élevé et similaire dans les deux groupes (HIIT : $92,7 \pm 4,1$ %; CONT : $94,7 \pm 3,1$ %), il n'y a

eu aucun abandon. La réponse affective, avant et après chaque séance d'exercice, était élevée (HIIT : avant $4,2 \pm 0,6$ vs. après $4,2 \pm 1,1$; CONT : avant $4,0 \pm 0,8$ vs. après $4,2 \pm 1,0$), en plus d'être similaire entre les groupes (toutes valeurs de $p \geq 0,58$). Au départ, les femmes des deux groupes présentaient une faible capacité aérobie (VO_2 max : HIIT : $20,3 \pm 4,6$ mL/kg/min et CONT : $20,1 \pm 2,6$ mL/kg/min). Bien que la composition corporelle soit demeurée inchangée, les niveaux plasmatiques de cholestérol total ($p = 0,013$), de cholestérol non-HDL ($p = 0,005$) et de cholestérol LDL ($p = 0,001$) ont diminué dans les deux groupes de façon similaire. La distance parcourue au test de marche de 6 minutes a augmenté ($p < 0,0001$) et la pression artérielle diastolique avant le début du test a diminuée ($p = 0,023$) chez toutes les participantes. Le nombre de répétitions réalisées au test de flexion du coude (*arm curl*) a augmenté ($p = 0,046$) dans les deux groupes. **Conclusion:** Un programme de 8 semaines de HIIT de faible volume est faisable par les femmes âgées inactives qui présentent une obésité abdominale et une faible capacité aérobie. Néanmoins, 8 semaines de HIIT ou de CONT ne suffisent pas pour améliorer la composition corporelle chez des femmes âgées présentant une obésité abdominale. Cependant, avec seulement la moitié du temps des recommandations actuelles en matière d'exercice aérobie (75 vs. 150 min/semaine) et la moitié de la dépense énergétique, le HIIT de faible volume a permis d'obtenir les mêmes améliorations pour le profil lipidique et la capacité fonctionnelle que l'exercice continu d'intensité modérée chez des femmes âgées qui étaient physiquement inactives avant l'intervention. Ces résultats démontrent que le HIIT de faible volume est une stratégie d'intervention faisable et équivalente aux recommandations actuelles en matière d'exercice aérobie chez les femmes âgées en santé mais préalablement physiquement inactives.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	2
LISTE DES ABRÉVIATIONS	6
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	8
REMERCIEMENTS	9
INTRODUCTION	11
REVUE DE LA LITTÉRATURE	12
1. LA POPULATION VIEILLISSANTE : UN NOUVEAU CONTEXTE	13
1.1. <i>Le vieillissement de la population</i>	13
1.2. <i>La femme vieillissante : L'impact de la ménopause</i>	14
1.2.1. La ménopause et les changements hormonaux associés	14
1.2.2. Les changements de composition corporelle et les conséquences associées ...	15
2. L'OBÉSITÉ	16
2.1. <i>Définition</i>	16
2.2. <i>L'obésité abdominale chez la femme âgée</i>	17
2.3. <i>L'obésité abdominale et ses risques associés</i>	18
3. STRATÉGIES D'INTERVENTIONS VISANT LA PERTE DE MASSE GRASSE	19
3.1. <i>Restriction calorique</i>	19
3.2. <i>L'exercice physique : les recommandations pour les femmes vieillissantes</i>	19
3.2.1. L'entraînement continu d'intensité modérée	19
3.2.2 L'entraînement par intervalles de faible volume	21
4. PROBLÉMATIQUE.....	24
5. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	24
MÉTHODOLOGIE	25
1. PROTOCOLE ET DEVIS DE RECHERCHE	25
2. PARTICIPANTS	26
3. PROGRAMMES D'ENTRAÎNEMENT	27
4. VARIABLES MESURÉES	29
4.1. <i>Faisabilité de l'intervention</i>	29
4.2. <i>Anthropométrie et composition corporelle</i>	30
4.3. <i>Profil cardiométabolique</i>	31
4.4. <i>Capacité fonctionnelle</i>	31
4.5. <i>Capacité aérobie maximale</i>	32
4.6. <i>Habitudes alimentaires</i>	33
4.7. <i>Niveau d'activité physique</i>	33

5. ANALYSES STATISTIQUES.....	33
RÉSULTATS : ARTICLE	35
DISCUSSION	64
CONCLUSION	69
PERSPECTIVES	70
BIBLIOGRAPHIE	71

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACSM: *American College of Sports Medicine*

AHA: *American Heart Association*

ANOVAs: *Analysis of Variances*

AVC: Accident vasculaire cérébral

BMI: *Body mass index*

CdRV: Centre de Recherche sur le Vieillissement

CIUSSS de l'Estrie - CHUS: Centre Intégré Universitaire de Santé et de Services Sociaux de l'Estrie - Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke

CONT: Entraînement aérobie continu d'intensité modérée

DBP: *Diastolic blood pressure*, pression artérielle diastolique

ECG: Électrocardiographie

ESCC: Enquête sur la Santé dans les Collectivités Canadiennes

FCmax: Fréquence cardiaque maximale

FM: *Fat mass*

FSH: Hormone folliculo-stimulante

HbA1c: Hémoglobine glyquée

HDL: *High density lipoprotein*, lipoprotéine de haute densité

HIIT: *High Intensity Interval Training*

HR: *Heart rest*

HRR: *Heart rest reserve*

IDF: *International Diabetes Federation*

IDF/AHA/NHLBI: *International Diabetes Federation/ American Heart Association/ National Heart, Lung, and Blood Institute*

iDXA: *iDual-energy X-ray absorptiometry*

IMC: Indice de masse corporelle

IRM: Imagerie par résonance magnétique

LBM: *Lean body mass*

LDL: *Low density lipoprotein*, lipoprotéine de faible densité

MCV: Maladie cardiovasculaire

MICT: *Moderate Intensity Continuous Training*

NCEP/ATP III: *National Cholesterol Education Program/Adult Treatment Panel III*

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

PASE: *Physical Activity for the Elderly*

Q-AAP+: Questionnaire sur l'Aptitude à l'Activité Physique pour tous

SBP: *Systolic blood pressure*, pression artérielle systolique

SCPE: Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice

STRAW: *Stages of Reproductive Aging Workshop*

TDM6: Test de marche de 6 minutes

VAT: *Visceral adipose tissue*

1-RM: 1 répétition maximale

6MWT: *6-minute walk test*

8-TUG: *8-foot timed up-and-go*

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Classification de l'obésité et risque cardiovasculaire associé	16
Tableau 2. Exemple d'estimation de la dépense énergétique pour une séance de HIIT et de CONT	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Pyramide de la population par classes d'âge en 1971, 2011 et 2030, au Canada	13
Figure 2. La stadification STRAW +10	15
Figure 3. Prévalence de l'obésité ($IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$) et de l'obésité abdominale ($\geq 88 \text{ cm}$ chez la femme et ≥ 102 chez l'homme) en fonction du sexe et de la classe d'âge en entre 2012 et 2013 au Canada.	17
Figure 4. Devis de recherche	26
Figure 5. Protocoles d'entraînement CONT (A) et HIIT (B)	28

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à souligner et remercier toutes les personnes qui m'ont été d'un grand soutien dans la réalisation de mon projet de maîtrise. Je commencerai par remercier sincèrement ma directrice de recherche, la Pr Eléonor Riesco pour sa confiance et son soutien tout au long de mon parcours universitaire. Je sais à quel point j'ai eu de la chance de pouvoir apprendre à ses côtés et je la remercie sincèrement d'avoir toujours été présente pour moi dans les bons moments comme dans les périodes plus difficiles. Sa disponibilité, son dévouement pour la recherche et son énergie débordante m'ont très clairement donné le goût de faire de la recherche et de continuer dans cette voie. Je ne la remercierai jamais assez d'avoir eu confiance en moi, de m'avoir toujours poussé à me dépasser et de m'avoir donné toutes ces belles opportunités qui ont fait que j'en suis là aujourd'hui. J'ai énormément appris avec elle que ce soit au cours de mon parcours universitaire mais également à travers son aide précieuse sur le plan personnel. Encore une fois je voudrai la remercier d'avoir accepté d'être ma directrice mais également la remercie tout simplement pour la belle personne qu'elle est.

Je voudrais également remercier toute l'équipe du Centre de Recherche sur le vieillissement (CDRV), pour leur aide et leur soutien dans le bon fonctionnement de mon projet. J'aurai passé de très belles années en leur compagnie et je suis très contente d'avoir pu étudier dans un cadre de travail comme celui-ci. Un grand merci à Mathieu Maltais qui a été le premier à me prendre sous son aile et m'a permis par la suite d'être autonome au centre de recherche. Je tiens également à remercier le Pr Pierre Boulay, pour son aide dans mon projet et sa disponibilité pour répondre à mes questions. Aussi je voudrai remercier ma chère amie Adeline Fontvieille, pour son aide, son soutien, sa patience tout au long de ces années. Elle a toujours été présente pour moi et je sais combien j'ai de la chance de l'avoir à mes côtés.

Je voudrai remercier ma famille qui a toujours cru en moi et m'a aidé à poursuivre mes études plus sereinement. À mon père, qui malgré la distance, je le sais, sera toujours présent pour moi. À ma mère, mon inspiration pour la recherche que j'ai menée. Je suis fier d'avoir pu le réaliser pour elle.

Enfin j'aimerais également remercier mon Loulou pour sa patience lors de mes innombrables états de stress, son soutien et son amour. Le remercier de m'avoir redonné le sourire et l'énergie que j'avais perdus avant notre rencontre.

À tous un grand merci.

« Une fois la tempête passée, tu te demanderas comment tu as fait pour la traverser, comment tu as fait pour survivre. Tu ne seras pas très sûr, en fait, qu'elle soit vraiment achevée. Mais soit certain d'une chose : une fois que tu auras essuyé cette tempête, tu ne seras plus le même.

Tel est l'apprentissage de la vie. »

Haruki Murakami

INTRODUCTION

Selon l'agence de santé du Canada, la prévalence de l'obésité chez les personnes vieillissantes ne cesse d'augmenter. L'obésité, qui touche près d'une femme sur cinq chez une population âgée de plus de 60 ans (Statistiques Canada, 2007-2008), constitue un enjeu majeur pour le système de santé de par son impact sur le profil de santé. Chez la femme, le vieillissement est marqué par une période importante qu'est la ménopause. Cette période, qui s'accompagne de nombreux bouleversements hormonaux, est associée à une augmentation de la masse grasse, particulièrement au niveau viscéral (Lovejoy et al., 2003; Toth et al., 2000), favorisant le développement de l'obésité abdominale. Ce changement de composition corporelle augmente le risque de développer des maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2 (Horstman et al., 2012). Étant donné que les femmes représentent une part importante de la population vieillissante, il apparaît donc essentiel de développer des stratégies d'intervention qui leur permettent de réduire l'accumulation de graisse viscérale et ainsi réduire le risque de maladies chroniques.

Bien que la restriction calorique soit une des stratégies privilégiées chez les adultes obèses afin de réduire la masse grasse, l'efficacité de ce type d'intervention est remise en question chez les personnes vieillissantes (Witham et Avenell, 2010). En effet, son impact sur la masse musculaire ainsi que le retour au poids initial à court et moyen terme soulèvent des questions. D'ailleurs, une prise de position de grands organismes américains suggérait déjà en 2005 de n'utiliser une restriction calorique que dans le cas de complications métaboliques chez la personne âgée obèse (Villareal et al., 2005). Conséquemment, afin de réduire la masse grasse tout en maintenant la masse musculaire, l'exercice physique est considéré comme une des stratégies les plus intéressantes chez les personnes vieillissantes obèses.

Il a été démontré à plusieurs reprises que l'entraînement aérobic continu réalisé à intensité modérée à raison de 150 min/semaine favorise la perte de masse grasse et l'amélioration du profil métabolique (Frank et al., 2005; Irwin et al., 2003). Ces améliorations jouent un rôle important dans la prévention des maladies chroniques, particulièrement chez des personnes à plus haut risque telles que les femmes âgées ayant une obésité abdominale. Néanmoins, les données épidémiologiques démontrent que les recommandations en matière d'exercice (150 min d'entraînement aérobic/semaine) ne sont que rarement atteintes (Macera et al., 2003 ; Statistiques Canada, 2013). Dans ce contexte, l'entraînement par intervalles à haute intensité (HIIT) de faible volume (75 min/semaine) pourrait être une stratégie efficace puisque le temps

alloué à l'exercice est réduit de moitié. D'ailleurs, il a été démontré que le HIIT est une modalité d'exercice qui apporte plus de plaisir comparativement aux recommandations actuelles (Jung et al., 2014). De plus, le HIIT permettrait une réduction de la masse grasse plus importante que l'entraînement continu chez des femmes récemment ménopausées (âge moyen: 51 ± 9 ans; Irwing et al. 2008). Néanmoins, aucune étude n'a évalué la faisabilité et l'impact du HIIT comparativement aux recommandations actuelles sur la composition corporelle et le profil métabolique chez les femmes âgées de plus de 60 ans qui présentent une obésité abdominale. D'autre part, le vieillissement est aussi associé à la diminution de la masse musculaire connue sous le terme de sarcopénie (Guo et al., 1999), pouvant mener à une réduction de la capacité fonctionnelle. Sachant qu'il a été rapporté récemment que le HIIT pouvait avoir un impact non négligeable sur la masse musculaire et ainsi avoir des effets bénéfiques sur la capacité fonctionnelle chez des hommes d'âge moyen (Sculthorpe et al. 2017), son impact chez les femmes âgées pourrait être non négligeable.

Il apparaît donc que le HIIT a le potentiel d'induire plusieurs bénéfices pour les femmes âgées ayant une obésité abdominale. Cependant, avant de proposer le HIIT de faible volume (75 min/semaine) aux personnes âgées, il demeure important de valider sa faisabilité et ses impacts en le comparant aux recommandations actuelles en matière d'exercice aérobic (150 min/semaines d'activité physique d'intensité modérée à vigoureuse) afin d'optimiser les pratiques actuelles.

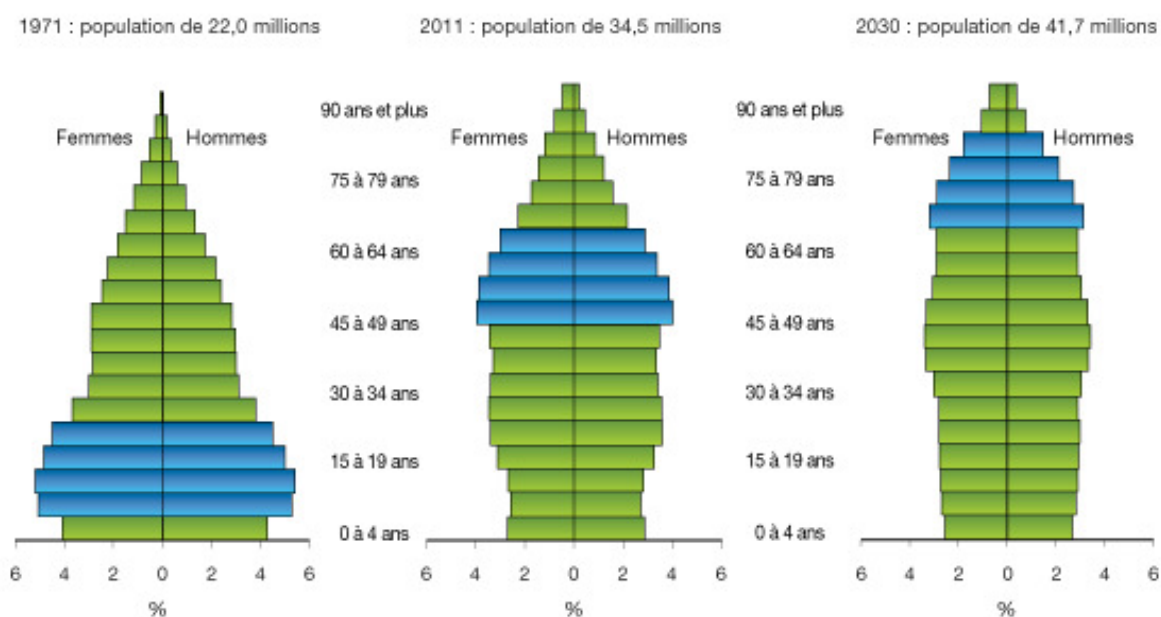
REVUE DE LA LITTÉRATURE

1. La population vieillissante : un nouveau contexte

1.1 Le vieillissement de la population

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2014), la proportion de la population mondiale âgée de plus de 60 ans ne cesse d'augmenter. Cette augmentation serait doublée entre 2000 et 2050, passant ainsi de 11 % à 22 %, soit de 65 millions à 2 milliards de personnes âgées de 60 ans et plus dans le monde. Statistiques Canada (2014) réalise le même constat concernant le vieillissement de la population au Canada. En effet, sous l'effet du « baby-boom » des années 1950, le Canada comptait 4,8 millions de personnes ayant 65 ans et plus en 2011 et il est prévu que ces chiffres doublent au cours des 25 prochaines années (Statistiques Canada, 2014). Ainsi, il est prévu qu'un canadien sur quatre sera âgée de 65 ans et plus d'ici 2030. La figure 1 ci-dessous représente cette situation en mettant en lumière l'évolution de la proportion des personnes âgées au Canada depuis 1971.

Figure 1. Pyramide de la population par classes d'âge en 1971, 2011 et 2030, Canada.



Source: Gouvernement du Canada, Répercussions économiques et budgétaires du vieillissement de la population canadienne (2012).

Ces changements démographiques peuvent avoir un impact économique majeur de par l'augmentation du coût des soins de santé. En effet, les personnes âgées sont plus vulnérables

aux maladies chroniques. D'ailleurs en 2017, près de 2 millions de Canadiens dont les parents ont plus de 65 ans, assument des dépenses liées aux soins de leurs parents. Ce coût s'élève en moyenne à 3 300 dollars par année, par aidant, ce qui se traduit par un coût annuel d'un peu plus de 6 milliards de dollars pour l'ensemble de l'économie (Tal and Mendes, 2017). À la vue de ces différents aspects, le vieillissement est un enjeu majeur et mérite une attention toute particulière.

1.2. La femme vieillissante : L'impact de la ménopause

1.2.1. La ménopause et les changements hormonaux associés

La ménopause est un processus normal et complexe qui survient autour de l'âge de 51 ans (Nelson, 2008). Elle est confirmée après 12 mois consécutifs d'aménorrhée en l'absence de cause pathologique, et est attribuable à la perte de l'activité folliculaire ovarienne (Wich et Carnes, 1995 ; Harlow et al. 2012). La ménopause est donc caractérisée par d'importants changements hormonaux qui sont définis par un système (Soules et al. 2001) qui a été revu en 2011 (Harlow et al. 2012). En effet, afin de pouvoir caractériser précisément le vieillissement du système reproducteur, le système de stadification STRAW+10 (*the Stages of Reproductive Aging Workshop + 10 years* ; Harlow et al. 2012) est utilisé. Comme le présente la figure 2, ce système comporte 7 stades et se base principalement sur la régularité des cycles menstruels et les variations des concentrations d'hormones, principalement celle de la FSH (*follicle-stimulating hormone*). En pratique, étant donné la fluctuation des taux de FSH, on considère que la femme est ménopausée sur la base de l'aménorrhée consécutive de 12 mois (Société des obstétriciens et gynécologues du Canada, 2014).

D'autre part, la ménopause s'accompagne d'une diminution de la sécrétion d'œstrogènes et de ses sous-produits tels que l'œstradiol et l'œstrone (Connor, 1993; Wich et Carnes, 1995). Étant donné que les œstrogènes ont des effets biologiques dans de nombreux systèmes, tel que l'atténuation des réponses inflammatoires (Tiidus, 1995 ; Vina et al. 2006) et la protection contre le stress oxydatif (Vina et al., 2006), il n'est pas étonnant que la ménopause soit associée à des changements physiologiques importants. De plus, notons qu'un déficit en œstrogènes est également associé à des changements de composition corporelle telle que la redistribution de la masse grasse au niveau abdominal, ayant des conséquences néfastes sur le profil métabolique (Horstman et al. 2012), la diminution de la qualité de vie et de l'autonomie fonctionnelle des femmes (Greendale et al. 1999; Toth et al. 2000).

Figure 2. La stadification STRAW +10 (Tiré de Harlow et al. 2012)

Stage	-5	-4	-3b	-3a	-2	-1	+1 a	+1b	+1c	+2
Terminology	REPRODUCTIVE				MENOPAUSAL TRANSITION		POSTMENOPAUSE			
	Early	Peak	Late		Early	Late	Early		Late	
					Perimenopause					
Duration	variable				variable	1-3 years	2 years (1+1)	3-6 years	Remaining lifespan	
PRINCIPAL CRITERIA										
Menstrual Cycle	Variable to regular	Regular	Regular	Subtle changes in Flow/Length	Variable Length Persistent ≥7- day difference in length of consecutive cycles	Interval of amenorrhea of ≥60 days				
SUPPORTIVE CRITERIA										
Endocrine FSH AMH Inhibin B			Low Low	Variable Low Low	↑ Variable Low Low	↑ >25 IU/L** Low Low	↑ Variable Low Low	Stabilizes Very Low Very Low		
Antral Follicle Count			Low	Low	Low	Low	Very Low	Very Low		
DESCRIPTIVE CHARACTERISTICS										
Symptoms						Vasomotor symptoms <i>Likely</i>	Vasomotor symptoms <i>Most Likely</i>			Increasing symptoms of urogenital atrophy

* Blood draw on cycle days 2-5 ↑ = elevated

**Approximate expected level based on assays using current international pituitary standard⁶⁷⁻⁶⁹

1.2.2. Les changements de composition corporelle et les conséquences associées

De nombreuses études se sont intéressées à l'impact de la ménopause sur les changements de la composition corporelle, plus particulièrement sur le gain de poids et de masse grasse (Panotopoulos et al. 1996 ; Taurelle et Tamborini, 1997). Néanmoins, dans la littérature, des divergences existent concernant l'impact de la ménopause sur les changements de composition corporelle précédemment cités. En effet, certains auteurs mettent en évidence une augmentation de la graisse abdomino-viscérale chez les femmes post-ménopausées comparativement aux femmes pré-ménopausées (Hernández-Ono et al. 2002; Zamboni et al. 1997), tandis que d'autres n'observent aucune différence (Abdulnour et al. 2016 ; Kuller et al. 1994; Riesco et al. 2008). Ces divergences peuvent s'expliquer par l'ancienneté de la ménopause, la prise ou non de thérapie hormonale de substitution, l'ethnicité, ou encore la taille de l'échantillon étudié ainsi que le type de devis employé (transversal ou longitudinal). Toutefois, la plupart des études semblent démontrer que chez les femmes âgées de plus de 60 ans, chez qui la ménopause est confirmée depuis plusieurs années (« *late menopause* » selon le système STRAW +10), le stockage des graisses au niveau abdomino-viscéral est augmenté (Lee et al. 2009; Lovejoy,

2003; Svendsen et al. 1995). De plus, il existerait une relation positive entre le gain d'adiposité abdominale et l'ancienneté de la ménopause (Zamboni et al. 1992), prédisposant ainsi la femme post-ménopausée plus âgée à un risque de développer des maladies chroniques plus élevé. En effet, il est maintenant établi que l'excès de masse grasse, particulièrement au niveau viscéral, augmente le risque de développer des maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, certains cancers et le diabète de type 2 (OMS, 2000; NCEP/ATP III, 2001; IDF, 2005; IDF/AHA/NHLBI, 2005) en plus d'être associé à un risque accru de mortalité (Kuk et al. 2009).

2. L'OBÉSITÉ

2.1. Définition

Selon l'OMS (2013), l'obésité se définit comme « une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle pouvant nuire à la santé ». D'après Blackemore (2008), l'obésité est considérée comme un état complexe qui résulte de l'interaction de nombreux facteurs génétiques ou environnementaux. En pratique, l'obésité est définie à partir de l'indice de masse corporelle (IMC) qui se calcule selon le rapport du poids (en kilogrammes) sur la taille (en mètres) élevée au carré : $IMC (kg/m^2) = Poids (kg) / Taille^2 (m)$

Le tableau 1 ci-dessous présente le risque cardiovasculaire en fonction différentes classes d'obésité.

Tableau 1. Classification de l'obésité et risque cardiovasculaire associé (OMS, 2000)

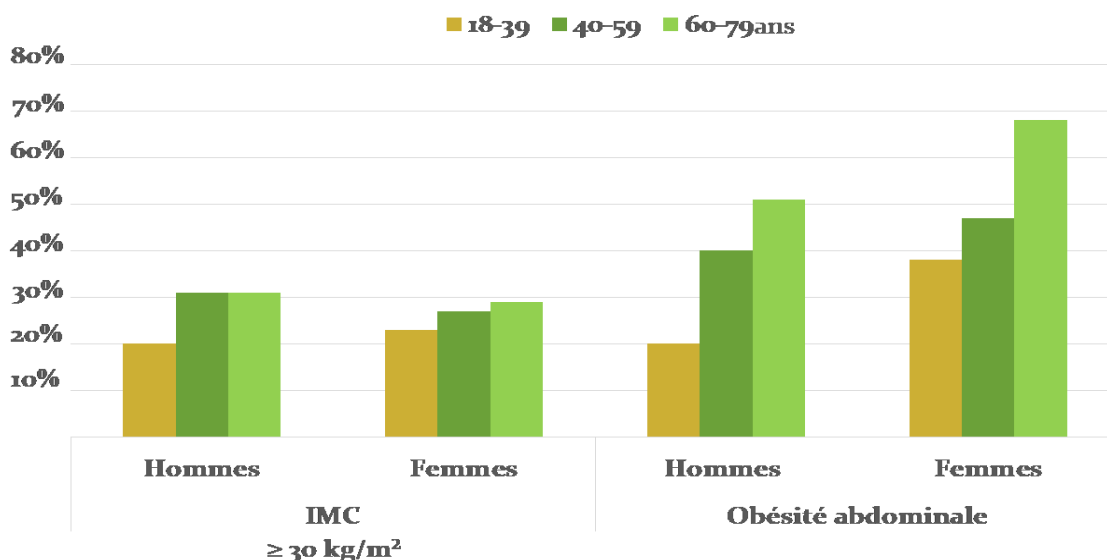
Classification	IMC (kg/m ²)	Risque cardiovasculaire
Maigreur	<18,5	
Normal	18,5-24,9	
Surpoids	25,0-29,9	Modérément augmenté
Obésité	≥ 30	Nettement augmenté :
- Classe I	30,0-34,9	- Obésité modérée
- Classe II	35,0-39,9	- Obésité sévère
- Classe III	≥ 40	- Obésité massive ou morbide

Cependant, cette définition ne devrait être utilisée chez des personnes âgées de 65 ans et plus compte tenu des changements de composition corporelle associés avec l'avancée en âge ainsi que la diminution de la taille due au tassement de la colonne vertébrale pouvant surestimer l'adiposité (Villareal et al. 2005). De ce fait, l'utilisation de la mesure de la circonférence de taille chez cette population apparaît comme un meilleur indicateur pour définir plus particulièrement l'obésité abdominale et les risques pour la santé tels que les maladies cardiovasculaires (Turcato et al., 2000; Woo et al., 2002). D'après Santé Canada (2003), un tour de taille supérieur ou égal à 102 cm augmente les risques pour la santé chez les hommes, tandis que chez les femmes, celui-ci équivaut à un tour de taille supérieur ou égal à 88 cm.

2.2. L'obésité abdominale chez la femme âgée

D'après *the Canadian Health Measures Survey*, entre 2012 et 2013, il semblerait que les femmes âgées soient plus touchées par l'obésité abdominale que les hommes du même âge. En effet, 68 %, soit 2/3, des femmes âgées entre 69 et 75 ans seraient touchées par l'obésité abdominale comparativement aux hommes dont celle-ci représenterait 50 % au Canada (Canadian Health Measures Survey, 2012 to 2013).

Figure 3. Prévalence de l'obésité (IMC ≥ 30 kg/m²) et de l'obésité abdominale (≥ 88 cm chez la femme et ≥ 102 chez l'homme) en fonction du sexe et de la classe d'âge en entre 2012 et 2013 au Canada.



Source: Données issues du *Canadian Health Measures Survey*, 2012 to 2013

Selon l'Enquête sur la Santé dans les Collectivités Canadiennes, 20,8 % des femmes âgées de 55 à 74 ans sont obèses (ESCC, 2008). De par la prévalence importante de l'obésité des dernières décennies (ESCC, 2009) et sachant que la ménopause qui survient avec le vieillissement sont associés à une augmentation de l'adiposité abdominale (Lovejoy, 2003), il est très probable que le risque d'obésité abdominale soit de plus en plus présent chez la femme âgée. De plus, sachant qu'il existe une relation positive entre le gain d'adiposité abdominale et l'ancienneté de la ménopause (Zamboni et al. 1992), celle-ci prédisposerait ainsi la femme de 60 ans et plus à des risques plus élevés pour sa santé.

2.3. L'obésité abdominale et ses risques associés

Il est maintenant clairement établi que l'obésité est associée à un risque élevé de développer des maladies telles que le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires, l'hypertension artérielle ou encore certains cancers (Kenchiah et al. 2002; Lean, 2000). Plus particulièrement, l'obésité abdomino-viscérale aurait un plus grand impact sur le développement des pathologies cardiométaboliques (Wang et Li, 2017). En effet, il est maintenant reconnu que l'excès de masse grasse, particulièrement au niveau viscéral, joue un rôle important dans l'apparition du diabète de type 2 ou encore des maladies cardiovasculaires (Bays, 2005; Jensen, 2008). Selon l'agence de santé du Canada, 65 % des femmes âgées de 60-79 ans présentent un risque plus important de développer des problèmes de santé que les femmes plus jeunes et cela en raison de l'accumulation de graisse abdominale comme présenté précédemment. En effet, l'augmentation de la graisse viscérale qui survient avec la ménopause peut conduire au développement de l'obésité abdominale (circonférence de la taille ≥ 88 cm chez les femmes, NCEP ATP III, 2001), ce qui favorise le développement d'altérations métaboliques telles que l'intolérance au glucose, la résistance à l'insuline, les dyslipidémies, l'hypertension ainsi que l'inflammation silencieuse (Dubé et al., 2011). D'autre part, il a aussi été démontré que l'accumulation de graisse viscérale qui survient lors de la ménopause et du vieillissement est fortement lié au développement de la stéatose hépatique (Brady, 2015), facteur de risque important des maladies cardiovasculaires et du diabète de type 2 (Kim et al. 2015; Paschos et al. 2009; Rodrigues et al. 2014). Enfin, il a aussi été montré que l'obésité abdominale pouvait être associée au développement de limitations fonctionnelles (Bowen, 2012), ce qui peut avoir un impact majeur sur la qualité de vie des femmes âgées à moyen et long terme.

Sachant que la population vieillissante sera de plus en plus obèse dans les prochaines années et que la femme ménopausée est particulièrement à risque de développer une obésité abdominale

et les altérations métaboliques qui y sont associées, développer des interventions adaptées à cette tranche de la population en particulier est essentiel.

3. STRATÉGIES D'INTERVENTIONS VISANT LA PERTE DE MASSE GRASSE

3.1. Restriction calorique

Il a déjà été suggéré que la restriction calorique chez des individus âgés obèses ou en surpoids induit une perte de masse musculaire ce qui contribue à exacerber le phénomène de sarcopénie (perte de masse musculaire avec le vieillissement), augmentant ainsi le risque de développer des limitations fonctionnelles (Mason, 2013) et détériorer la qualité de vie (Darmon, 2013). D'autre part, Beavers et al. (2011) ont démontré que le poids perdu avec une restriction calorique est repris dans l'année suivante chez les femmes ménopausées. Plus problématique encore, cette étude a permis de réaliser que le gain de poids observé suite à la restriction calorique est majoritairement constitué de masse grasse, ce qui peut exacerber le développement de l'obésité abdominale. Pour ces raisons, de plus en plus de recherches s'intéressent à l'exercice, plutôt qu'à la restriction calorique, pour la prise en charge de l'obésité abdominale chez les personnes âgées, surtout en l'absence d'altération métabolique.

3.2. L'exercice physique : les recommandations pour les femmes vieillissantes

L'*American College of Sports Medicine (ACSM)*, l'*American Heart Association (AHA)* et la Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice (SCPE, 2011), recommandent et proposent différentes modalités d'exercice en fonction de l'intensité et du temps passé à la pratique pour les femmes de 65 ans et plus. Ces différentes modalités consistent à réaliser 150 minutes d'activité physique de façon continue à intensité modérée à vigoureuse par semaine (SCPE) ou encore 75 minutes d'exercice par semaine lorsque l'intensité de l'exercice est élevée (ACSM, AHA) afin de maintenir un bon état de santé et améliorer les capacités fonctionnelles.

3.2.1 L'entraînement continu d'intensité modérée

L'étude d'Asikainen et al. (2002) réalisée avec 121 femmes ménopausées, âgées de 48 à 63 ans, a démontré que l'entraînement aérobie d'intensité modérée (45 à 55 % VO₂ max) est une stratégie permettant de réduire la masse grasse chez des femmes non-obèses. Depuis, d'autres études ont confirmé ces résultats chez des femmes vieillissantes en surplus de poids ou obèses (Irwin et al. 2003; Kim et al. 2012). D'ailleurs, Irwin et al. (2003) rapportaient une diminution de la graisse viscérale et sous-cutanée abdominale chez des femmes obèses vieillissantes suite

à un an d'entraînement aérobie à intensité modérée (60 à 75 % de la fréquence cardiaque maximale; FCmax). Néanmoins, Irving et al. (2008) ont démontré que 16 semaines d'entraînement aérobie d'intensité modérée est moins efficace que l'entraînement d'intensité élevée pour induire une perte de masse grasse totale et viscérale chez des femmes âgées entre 42 et 60 ans, présentant une obésité et le syndrome métabolique. Ces résultats furent confirmés par l'étude de Coker et al. (2009) qui a également rapporté une diminution de la graisse viscérale seulement suite à un entraînement à haute intensité (75 % VO₂ pic) comparativement à une intensité modérée (50 % VO₂ pic) chez des personnes âgées (71 ± 1 ans) en surpoids ou obèses en santé. Au vu des divergences énoncées, il demeure donc important de comparer l'entraînement continu d'intensité modérée avec d'autres modalités d'entraînement d'intensité plus élevée afin de proposer des interventions efficaces et adaptées pour les femme vieillissantes obèses.

Dans la littérature, l'entraînement continu d'intensité modérée à également un impact sur l'amélioration du profil métabolique. En effet, il a été rapporté que cette modalité d'exercice augmente l'oxydation des lipides à l'effort chez des personnes âgées (67,3 ± 0,7 ans) en surpoids (Pruchnic et al. 2004). De plus, il a également été démontré que ce type d'entraînement permet d'améliorer l'homéostasie du glucose chez des femmes âgées entre 50 à 75 ans en surpoids ou obèses sans altération métabolique (Frank et al. 2005; Ryan et al. 2006), ainsi que le profil inflammatoire chez des adultes obèses (Abd El-Kader et al. 2013) et chez des personnes âgées (66 ± 6 ans) (Zoppini et al. 2006) atteintes d'un diabète de type 2. L'ensemble de ces améliorations métaboliques réduisent le risque de maladies chroniques chez la femme vieillissante qui présente une obésité. Cependant, DiPietro et al. (2006) suggèrent que l'entraînement aérobie d'intensité élevée (80 % VO₂ pic) produit des bénéfices plus importants quant à la sensibilité à l'insuline comparativement à des exercices d'intensité modérée (65 % VO₂ pic) chez des femmes âgées (73 ± 10 ans) en surpoids.

D'autre part, il a également été rapporté que l'entraînement aérobie d'intensité modérée permet d'améliorer la capacité fonctionnelle. En effet, d'après Bocalini et al. (2008), cette modalité d'entraînement combiné à des exercices de flexibilité et d'agilité permettrait de réduire le temps de marche au test de 800 mètres mais également d'améliorer certains tests du *Senior Fitness Test* chez des personnes atteintes de maladies cardiovasculaires âgées entre 49 et 73 ans. De plus, d'après l'étude de Henrique et al. (2009), une augmentation de la distance de marche réalisée au test de marche de 6 minutes et une réduction de la pression artérielle est observée

chez des personnes (âge : $47,6 \pm 12,8$ ans) ayant des complications métaboliques suite à 12 semaines d'entraînement. Ces améliorations de la capacité fonctionnelle peuvent ainsi avoir un impact positif sur les activités de la vie quotidienne et maintenir l'autonomie chez la femme âgée. En effet, il a été rapporté qu'une capacité fonctionnelle augmentée a un impact positif sur la capacité à effectuer des activités de la vie quotidienne et permet de prévenir ou retarder la dépendance physique chez les personnes âgées (Fleg, 2012). Cependant, la pratique d'exercice et plus particulièrement celle des recommandations des 150 minutes d'activité physique de façon continue à intensité modérée par semaine reste encore peu pratiquée. En effet, d'après Statistiques Canada (2013), seulement 11 % des femmes âgées de 60 ans et plus atteignent ces recommandations, ce qui pourrait s'expliquer par le manque de temps ou encore le manque de plaisir associé à ce type d'entraînement (Rye et al, 2009).

Ainsi, dans ce contexte et au vu des contradictions observées dans la littérature, de plus en plus d'études se sont intéressées à l'impact de l'entraînement par intervalles qui permet d'inclure des périodes d'exercice d'intensité élevée et modérée.

3.2.2 L'entraînement par intervalles à haute intensité

Des données épidémiologiques supportent l'idée que des activités physiques dont l'intensité est vigoureuse induisent des améliorations plus importantes du profil métabolique (Janssen et al. 2012). C'est pourquoi le HIIT (*High Intensity Interval Training*) représente une alternative intéressante puisqu'il utilise des périodes courtes d'exercice où l'intensité est élevée entrecoupées de périodes de repos actives à intensité faible ou de repos complet (passives). Sachant que les recommandations en matière d'exercice ne sont que rarement atteintes chez les femmes âgées de 60 ans et plus (Statistiques Canada, 2013), le HIIT de faible volume (75 min/semaine) pourrait être une stratégie puisque le temps nécessaire à la pratique d'activité physique pour en avoir des bénéfices est réduit de moitié. De plus, peu d'études se sont intéressées au HIIT de faible volume chez la femme âgée présentant une obésité abdominale, ce qui nous donne peu d'information quant à la faisabilité et l'intérêt associée à cette modalité d'entraînement.

À notre connaissance, une seule étude, celle de Di Blasio et al. (2014), s'est intéressée à comparer l'impact du HIIT et de l'entraînement continu à intensité modérée chez des femmes ménopausées (âge moyen : 55 ans) en surplus de poids en santé. Ces résultats rapportent une amélioration similaire de la composition corporelle, de l'insuline et du glucose à jeun ainsi que du profil lipidique suite à 150 min/semaine dans les deux modalités d'entraînement. Cependant,

ce constat ne nous permet pas de savoir si le HIIT de faible volume peut avoir les mêmes bénéfices que celles de l'entraînement continu d'intensité modérée chez la femme âgée ayant une obésité abdominale.

Dans la littérature, concernant les impacts du HIIT de faible volume sur la composition corporelle et le profil métabolique, il fut démontré qu'un programme de 12 semaines réduit la masse grasse des jambes, la pression artérielle et la glycémie à jeun chez des adultes vieillissants initialement inactifs (Fex et al. 2014). De plus, il a aussi déjà été démontré que le HIIT de faible volume augmente l'oxydation des lipides en post-exercice chez des jeunes adultes (Tremblay et al., 1994 ; Arad et al., 2015; Whyte et al., 2010). Les résultats issus de deux autres études dans lesquelles une séance de HIIT de faible volume était combiné à 2 séances d'entraînement continue pendant 8 semaines ont montré une diminution de la masse grasse sous-cutané et abdominale chez des personnes atteintes de diabète de type 2 en surpoids ou obèses (moyenne d'âge de 45 ans) ainsi qu'une amélioration de la sensibilité à l'insuline (Boudou et al., 2003; Mourier et al., 1997). Néanmoins, bien que combiner différents types de protocoles permettent de générer des résultats qui ont une bonne validité écologique, cela ne permet pas d'établir l'effet du HIIT de faible volume comparativement à l'entraînement continu d'intensité modérée. C'est pourquoi, d'autres études se sont intéressées à comparer le HIIT de faible volume à l'entraînement continu d'intensité modérée et ont observé des effets plus important du HIIT de faible volume sur l'amélioration du HbA1c, du profil lipidique et de la pression artérielle systolique chez des personnes vieillissantes (âge moyen : 60 ans) atteintes de diabète de type 2 (Mitranun et al., 2014) ainsi que de la diminution de la circonférence de la taille et de la tolérance au glucose chez des femmes âgées entre 45 et 55 ans diabétiques de type 2 (Hamed et al., 2014). Cependant malgré le fait que certaines études semblent montrer des bénéfices pour la santé plus intéressante du HIIT de faible volume, des contradictions demeurent dans la littérature. En effet, alors que Terada et al. (2013) rapportent une diminution de la masse grasse sans changement de la tolérance au glucose ou du profil lipidique chez des personnes âgées entre 55 et 75 ans atteintes de diabète de type 2 après 12 semaines de HIIT de faible volume, Smith-Ryan et al. (2015) ne rapportent aucun effet du HIIT de faible volume sur la masse grasse malgré une amélioration de la sensibilité à l'insuline chez de jeunes hommes obèses et ce après 3 semaines d'intervention.

D'autres contradictions sont observées dans la littérature concernant l'impact de ces deux modalités d'entraînement sur la capacité fonctionnelle. En effet, alors que l'étude d'Ulbrich et al. (2015), observe une augmentation similaire de la distance de marche du test de 6 minutes

chez des hommes en surpoids et présentant des problèmes cardiovasculaires (54 ± 8 ans) après 12 semaines de HIIT de volume élevé et de même durée que l'entraînement en continu d'intensité modérée (60 min/séance), l'étude de Jaureguizar et al. (2016), rapporte un effet plus important du HIIT de volume élevé et de même durée (40 min/séance) chez une même population et ce après 8 semaines d'intervention. Ces divergences ne permettent pas de conclure quant à l'impact du HIIT de faible volume sur la capacité fonctionnelle chez des femmes âgées présentant une obésité abdominale. De plus, sachant que la durée d'entraînement peut être un frein quant au plaisir et à l'adhérence à la pratique (Rye et al., 2009), ces aspects doivent être également étudiées en comparaison du HIIT de faible volume et l'entraînement continu d'intensité modérée.

C'est pourquoi, des études se sont intéressées à comparer le plaisir associé à la pratique sur différentes modalités d'entraînement. C'est le cas de l'étude de Jung et al. (2014), qui a demandé chez 44 adultes inactifs d'expérimenter une séance de chaque type d'entraînement et a observé que 62 % préféraient le HIIT de faible volume contre 20 % pour l'entraînement continu à intensité modérée et 3 % pour l'entraînement continu à intensité élevée. D'autres études vont dans ce sens, en effet, l'étude de Martinez et al. (2015), a demandé chez 20 adultes inactifs en surpoids ou obèses d'expérimenter le HIIT de faible volume à intervalles courts (60 secondes), le HIIT de faible volume à intervalles plus longs (120 secondes) et un entraînement continu d'intensité modérée. Les résultats ont démontré qu'en post-exercice, les participants avaient d'avantage de plaisir à pratiquer le HIIT de faible volume à intervalles courts comparativement à des intervalles plus longs ou encore à la pratique d'un entraînement continu d'intensité modérée. Cependant, malgré que le HIIT de faible volume semble avoir un impact plus important sur la valence affective sur le plan transversal, celui-ci, ne nous permet pas de conclure de manière longitudinale si cette modalité d'exercice pourrait être autant appréciée. D'autre part, bien que Jung et al. (2014) et Martinez et al. (2015) aient rapporté que des adultes inactifs préfèrent en majorité le HIIT de faible volume comparativement à l'entraînement continu, ce qui pourrait influencer l'adhérence à l'exercice à long terme, aucune données n'existent pour les femmes obèses vieillissantes.

Au vu des divergences dans la littérature et du manque d'études concernant les femmes âgées présentant une obésité abdominale, il demeure essentiel de comparer l'effet du HIIT de faible volume aux recommandations actuelles en matière d'exercice afin de proposer des interventions appréciées tout en maintenant un bon état de santé chez ces dernières.

4. Problématique

Le vieillissement est associé à des changements de la composition corporelle, notamment un gain de masse grasse au niveau viscérale, augmentant le risque d'obésité abdominale et ainsi le risque de développer des maladies chroniques. Bien que l'entraînement aérobie d'intensité modérée (150 min/semaine) favorise la perte de masse grasse, l'amélioration du profil métabolique et de la capacité fonctionnelle, il demeure peu pratiqué par les femmes âgées. Depuis quelques années, il est suggéré que le HIIT de faible volume (75 min/semaine) est une stratégie d'entraînement qui procure plus de plaisir que l'entraînement continu de faible intensité (Jung et al. 2014) en plus d'avoir des bénéfices sur le profil métabolique chez une population d'âge moyen en surpoids et/ou atteintes de diabète de type 2. Néanmoins, la faisabilité et l'impact du HIIT de faible volume sur le profil de santé des femmes âgées demeurent inconnus malgré que cette population soit à risque de développer des problèmes de santé. D'autre part, avant de proposer une telle stratégie aux femmes âgées afin de réduire la graisse abdominale et ainsi réduire le risque de maladies chroniques, il demeure important de déterminer si le HIIT de faible volume pourrait avoir des effets similaires aux recommandations actuelles en matière d'exercice aérobie.

5. Objectifs et hypothèses

L'objectif de ce projet était de déterminer la faisabilité d'un programme de 8 semaines de **HIIT** de faible volume (75 min/semaine) et de comparer ses effets à ceux d'un programme d'entraînement aérobie continu d'intensité modérée (**CONT** : 150 min/semaine) sur la perte de la masse grasse, le profil métabolique et la capacité fonctionnelle de femmes âgées inactives présentant une obésité abdominale.

Au regard de la littérature existante chez les personnes d'âge moyen, nous émettons l'hypothèse que le **HIIT** de faible volume sera faisable chez cette population en plus d'induire une réponse affective plus élevée que celle observée avec le **CONT**.

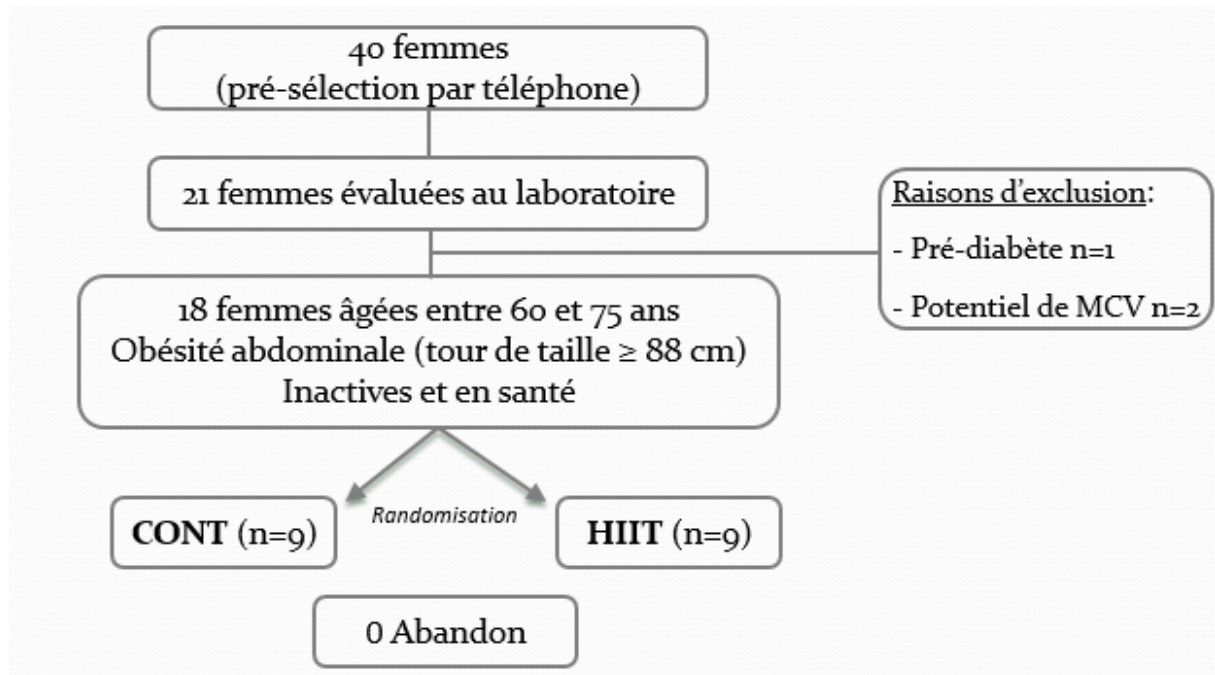
D'autre part, nous émettons l'hypothèse que le **HIIT** de faible volume induira une perte de masse grasse similaire au **CONT**. Compte tenu que nos participantes sont métaboliquement en santé, on ne s'attend pas à observer des améliorations du profil métabolique. Néanmoins, étant donné ce qui est démontré dans la littérature et le fait que nos participantes sont âgées et physiquement inactives, nous émettons l'hypothèse que le **HIIT** de faible volume favorisera une amélioration de la capacité fonctionnelle plus importante que celle induite par le **CONT**.

MÉTHODOLOGIE

1. Protocole et devis de recherche

Ce projet de recherche a été réalisé au Centre de Recherche sur le Vieillessement (CdRV) du Centre Intégré Universitaire de Santé et des Services Sociaux de l'Estrie – Centre Hospitalier Universitaire de Sherbrooke (CIUSSS de l'Estrie – CHUS). Avant de débiter le projet et suite à un premier contact téléphonique visant à établir l'éligibilité, les participantes étaient conviées à lire le formulaire d'information et de consentement qui leur était envoyé par la poste ou par courriel (selon la préférence) et préparer leurs questions pour la première visite (Visite 1). Suite au premier contact téléphonique, les participantes étaient invitées dans notre laboratoire pour deux visites préliminaires (Visite 1 et Visite 2). Pour la Visite 1, les participantes arrivaient à jeun (12h sans apport alimentaire ou boisson autre que de l'eau). Suite à la signature du formulaire d'information et de consentement, la pression artérielle et la fréquence cardiaque de repos étaient mesurées. Par la suite, le métabolisme de repos, le poids, la taille, la circonférence de la taille et la composition corporelle (masse grasse et masse maigre) étaient mesurés. Enfin, un prélèvement sanguin (20 mL) était effectué par une infirmière afin d'évaluer le profil lipidique à jeun et le métabolisme glucidique (glucose, insuline à jeun et HbA1c). Après quoi, un petit-déjeuner était servi pendant lequel des questionnaires, permettant d'obtenir de l'information sur l'historique médical, les données sociodémographiques, l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP+) et le niveau d'activité physique pratiqué (questionnaire PASE) étaient remplis. À la fin de cette visite, un journal alimentaire de 3 jours visant à estimer les habitudes alimentaires avait été remis et expliqué. Au cours de la Visite 2 réalisée une semaine plus tard, la capacité aérobie maximale (mesure du VO_2 max sur tapis roulant, sous supervision médicale) et la capacité fonctionnelle étaient évaluées. Ce test permettait 1) d'obtenir l'autorisation médicale pour la pratique d'exercice et 2) la prescription d'exercice pour les programmes d'entraînement. À la fin de cette visite, les participantes étaient randomisées aléatoirement dans un des deux groupes d'intervention (CONT ou HIIT). Les informations concernant les séances d'exercice (heures, lieu, tenue suggérée) étaient fournies aux participantes.

Figure 4. Devis de recherche



2. Participants

Sur un total de 40 femmes qui ont été contactées par téléphone, 21 femmes âgées entre 60 et 75 ans répondaient aux critères d'inclusion et ont été évaluées au laboratoire. Parmi ces 21 femmes, 3 ont été exclues suite aux évaluations initiales (voir Figure 4) et 18 ont terminées l'intervention. Les participantes ont été recrutées via des kiosques de présentation du CdRV lors d'évènements pour la population âgée de Sherbrooke et ses alentours, grâce à des affiches de recrutement placées dans les pharmacies et supermarchés ou via la centrale de recrutement du CdRV(Nabu). Afin d'être éligible à ce projet de recherche, les participantes devaient rencontrer les critères d'inclusion suivants : 1) être une femme âgée entre 60 et 75 ans, 2) présenter une obésité abdominale: circonférence de la taille ≥ 88 cm, 3) être non fumeuse, 4) avoir un poids stable (± 2 kg) dans les 6 derniers mois, 5) être physiquement inactive (moins de 60 min d'exercice/semaine). Les critères d'exclusion suivants étaient utilisés pour le projet : 1) être hypertendu, 2) avoir des antécédents de maladie cardiovasculaire (MCV) ou vasculaire périphérique, 3) avoir des antécédents d'accident vasculaire cérébral (AVC), 4) être diagnostiqué diabétique, 5) avoir une consommation d'alcool supérieur ou égale à deux verres/jour, 6) présenter des problèmes orthopédiques empêchant la pratiquer d'exercice physique.

3. Programmes d'entraînement

L'ensemble des participantes était convié au CdRV pour réaliser les séances d'entraînement à raison de 3 fois par semaine, dans une salle d'entraînement dédiée à la recherche. Les deux protocoles d'entraînement ont été réalisés sur tapis roulant sous la supervision de spécialiste de l'exercice (kinésologue). Afin de réduire le risque de contamination entre les groupes, les participantes des groupes CONT et HIIT ne s'entraînaient pas ensemble (périodes d'entraînement distinctes avec même kinésologue).

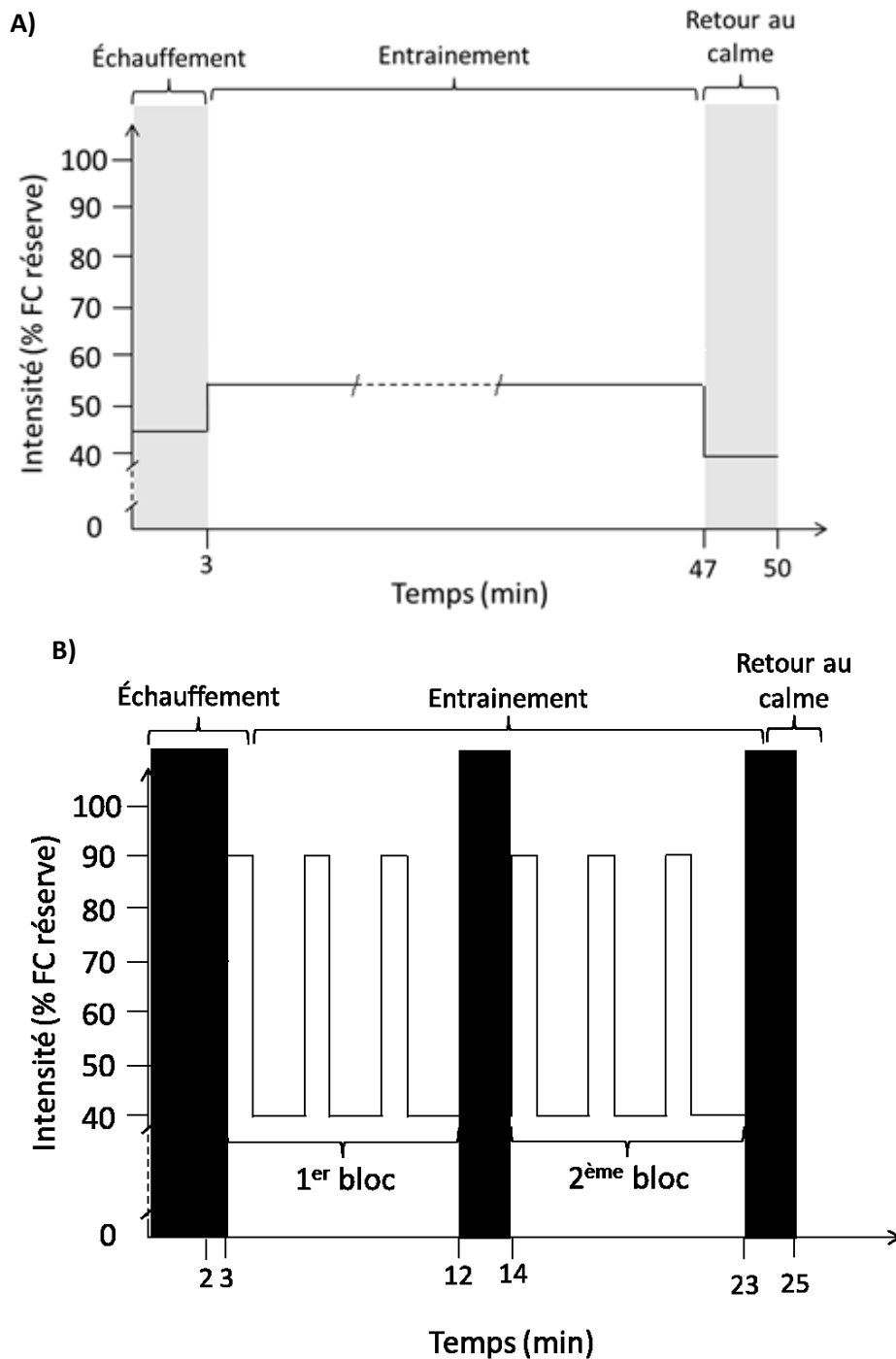
La fréquence cardiaque (FC) cible fut calculée à l'aide de l'équation de Karvonen :

$$FC \text{ cible} = ((FC \text{ max} - FC \text{ repos}) \times \% \text{ Intensité}) + FC \text{ repos}$$

Le programme d'entraînement **CONT** consistait à 3 séances non consécutives/semaine de 50 minutes. Chaque séance comprenait 2 minutes d'échauffement à 40 % FC de réserve (FC réserve) suivi de 45 minutes d'exercice aérobic continu à 55 % FC réserve et de 3 minutes de retour au calme à 40 % FC réserve (figure 5.A).

Pour atteindre 75 min/semaine de **HIIT**, la séance d'entraînement consistait à 3 séances non consécutives/semaine de 25 minutes. Chaque séance comprenait 3 minutes d'échauffement (2 minutes à 50 % FC réserve + 1 minute à 70 % FC réserve) suivies de 2 séries de 3 blocs où chaque bloc correspondait à : 1 minute à 90 % FC réserve suivie de 2 minutes de récupération active à 40 % FC réserve. Une période de deux minutes à 40 % FC réserve séparait les 2 séries de 3 blocs. Enfin, la séance se terminait par un retour au calme de 2 minutes à 40 % FC réserve (figure 5.B). Afin d'atteindre les intensités prescrites, les participantes du groupe HIIT ont suivi une période d'adaptation de 3 semaines qui consistait à un entraînement de type HIIT mais pour lequel l'intensité été progressivement augmentée. Le choix de débiter les séances d'entraînement avec un protocole de type HIIT visait à habituer les participantes aux changements de pente et/ou vitesse.

Figure 5. Protocoles d'entraînement CONT (A) et HIIT (B)



Enfin, les protocoles d'entraînement CONT et HIIT ont été développés afin que le HIIT représente 50 % du temps passé à l'entraînement (75 min vs. 150 min/semaine), mais aussi 50 % de la dépense énergétique estimée. Ceci a été calculé en se basant sur le principe qu'un litre d'oxygène consommé représente une dépense énergétique d'environ 5 kcal (21,1 kJ). Afin de confirmer la dépense énergétique, la FC fut consignée lors de chaque séance d'entraînement et

un calcul à posteriori a permis d'estimer la dépense énergétique de chaque participante afin de comparer les groupes HIIT et CONT.

Le tableau 2 ci-dessous présente un exemple d'estimation pour une capacité aérobie maximale de 1,6 L/min dans le groupe HIIT et du groupe CONT.

Tableau 2 : Exemple d'estimation de la dépense énergétique

Protocole HIIT (25 min/séance, soit 75 min/semaine)	
Échauffement	
50 % FC réserve (soit ~ 50 % VO ₂ max)	2 min x [(50 % x 1,6 L/min) x 5 kcal/L O ₂] = 8 kcal
70 % FC réserve (soit ~ 70 % VO ₂ max)	1 min x [(70 % x 1,6 L/min) x 5 kcal/L O ₂] = 5,6 kcal
Entraînement et retour au calme	
40 % FC réserve (soit ~ 40 % VO ₂ max)	16 min x [(40 % x 1,6 L/min) x 5 kcal/L O ₂] = 51,2 kcal
90 % FC réserve (soit ~ 90 % VO ₂ max)	6 min x [(90 % x 1,6 L/min) x 5 kcal/L O ₂] = 43,2 kcal
Total	108 kcal/session soit 324 kcal/semaine

Protocole CONT (50 min/séance, soit 150 min/semaine)	
Échauffement et retour au calme	
40 % FC réserve (soit ~ 40 % VO ₂ max)	6 min x [(40 % x 1,6 L/min) x 5 kcal/L O ₂] = 19,2 kcal
Entraînement	
55 % FC réserve (soit ~ 55 % VO ₂ max)	44 min x [(55 % x 1,6 L/min) x 5 kcal/L O ₂] = 193,6 kcal
Total	212,8 kcal/session soit 638,4 kcal/semaine

Pour les semaines 4 à 8, une séance de HIIT de faible volume représente donc 50,75 % de la dépense énergétique d'une séance de CONT. La mesure du VO₂ max de chaque participante et la mesure de la FC lors de chaque entraînement a permis de valider la dépense énergétique de chaque groupe a posteriori et sera présentée dans les résultats.

4. VARIABLES MESURÉES

4.1. Faisabilité de l'intervention

Le taux de complétion (%) a été utilisé pour évaluer la faisabilité du programme de 8 semaines de HIIT de faible volume chez des femmes âgées inactives présentant une obésité abdominale. Le taux de complétion a été défini selon les critères suivants : 1) nombre d'abandons (liés à l'intervention), 2) le nombre de sessions d'exercice qui ont été manquées pendant les 8

semaines et 3) l'adhérence à la prescription calculé à partir du nombre de séances pour lesquelles les participantes n'ont pas atteintes la fréquence cardiaque prescrite. Le taux de complétion du groupe HIIT de faible volume a été par la suite comparé à celui du groupe CONT qui représente les recommandations en matière d'exercice aérobie et ce qui est généralement prescrit aux les femmes âgées.

De plus, la valence affective en réponse à l'exercice (HIIT et CONT) fut aussi mesurée grâce à l'échelle affective, puisqu'il s'agit d'un outil considéré valide permettant d'informer sur l'état de bien-être général (Hardy, 1989). Il est demandé à la personne de situer sa réponse à la question « Comment vous sentez-vous en ce moment ? » sur une échelle analogue allant de -5 : « *je me sens très mal* » à +5 : « *je me sens très bien* ». Cet outil a été choisi afin de pouvoir comparer les résultats de notre étude à celle de l'étude de Jung, Bourne, & Little, (2014) qui a utilisé l'échelle affective pour comparer la réponse affective du HIIT et CONT. La réponse affective était mesurée lors de chaque séance, et cela juste avant la séance d'entraînement et juste après une période de récupération (2-5 min). Afin de ne pas biaiser les résultats, la question était posée de façon individuelle pour chaque participante lorsque plusieurs participantes étaient présentes en même temps.

4.2. Anthropométrie et composition corporelle

Le poids des participantes a été mesuré à l'aide d'une balance électronique (SECA707, Hamburg, Allemagne) et la taille avec un stadiomètre mural (Takei, Japon). Ces données ont permis de calculer l'IMC à l'aide de la formule suivante :

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \text{poids (kg)} / \text{taille (m)}^2.$$

La circonférence de la taille (à l'endroit le plus étroit du tronc) a été mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer souple selon des procédures standardisées dans notre laboratoire.

La masse grasse totale et abdominale ainsi que la masse maigre totale et appendiculaire ont été mesurés directement à l'aide de l'absorptiomètre bi-photonique à rayons X (iDXA, GE Lunar, Madison, WI, USA). La graisse viscérale a été estimée grâce au logiciel EnCore (GE Lunar) et présente une corrélation de $r^2 = 0,948$ avec la mesure effectuée par IRM (Reinhardt, Piaggi, DeMers, Trinidad, & Krakoff, 2017). Dans notre laboratoire, le coefficient de variation pour la mesure de la masse grasse et de la masse maigre effectué à une semaine d'intervalle chez 100 adultes est de 1,9 % et 1,2 % pour la masse grasse totale et la masse maigre totale, respectivement.

4.3. Profil cardiométabolique

Un prélèvement sanguin a été réalisé après un jeûne de 12 heures dans le creux du bras par une infirmière de recherche expérimentée. Vingt millilitres (20 mL) de sang ont été prélevés avant et après l'intervention pour réaliser l'ensemble des mesures sanguines. Le sang collecté a été placé dans des tubes contenant de l'EDTA ou un gel activateur de coagulation (selon les variables mesurées) et envoyé au laboratoire de biochimie du CHUS. Un bilan à jeun (cholestérol total, HDL-C, non-HDL-C, LDL-C, triglycérides, glucose, insuline et HbA1c) a été réalisé afin de confirmer l'état de santé des participantes avant l'intervention et déterminer l'impact des programmes d'intervention. De plus, le score de Framingham a été calculé à l'aide des feuilles de calcul Excel de la *Framingham Heart Study* pour estimer le risque de développer une maladie cardiovasculaire sur 10 ans (<https://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions>; Pencina et al., 2009). Celui-ci tient compte du sexe, de l'âge, du taux de cholestérol total, du taux de HDL-C, du tabagisme, de l'existence d'un diabète et de la pression artérielle systolique.

4.4. Capacité fonctionnelle

Des tests de capacité fonctionnelle et des tests de force maximale des membres inférieurs et supérieurs (1-RM) ont été réalisés avant et après l'intervention. Les tests de capacité fonctionnelle sont réalisés de manière routinière dans notre laboratoire et permettent d'évaluer la capacité fonctionnelle mais aussi de valider l'absence de limitations fonctionnelles empêchant la pratique d'exercice physique. Plus précisément, les tests suivants ont été réalisés:

Test	Mesure	Objectif
30 secondes assis-debout <i>(Chair stand test)</i>	Nombre de répétitions réalisées du mouvement assis/debout en 30 secondes, les bras pliés sur le torse.	Évaluer l'endurance musculaire des membres inférieurs.
Flexion du bras <i>(Arm curl test)</i>	Nombre de répétitions de flexion du coude avec poids de 5 lbs (poids pour femme) en 30 secondes.	Évaluer l'endurance musculaire des membres supérieurs.

<p align="center">Test de flexibilité <i>(Flexibility test)</i></p>	<p>Distance en centimètre mesurée grâce à un flexomètre. Pour que la mesure soit valide, la participante doit maintenir la position de flexion (réalisée sans saccade) au moins 2 secondes, avoir les jambes complètement tendues.</p>	<p align="center">Évaluer la flexibilité des ischio-jambiers et du bas du dos</p>
<p align="center">Aller-retour en marchant <i>(8-Foot up-and go test)</i></p>	<p>Temps en secondes pour se lever de la chaise, parcourir 8 pieds et revenir s'asseoir.</p>	<p align="center">Évaluer l'agilité et l'équilibre dynamique</p>
<p align="center">Test de marche de 6 minutes (TDM6) <i>(6-minute walk test, 6MWT)</i></p>	<p>Distance de marche parcourue en mètres pendant le TDM6 (couloir du laboratoire ; CdRV).</p>	<p align="center">Évaluer la capacité aérobie sous-maximale.</p>

Tests de force maximale des membres inférieurs et supérieurs (1-RM) :

Presse à cuisses (*Leg press*) : Poussez le chariot avec une charge progressive sans décoller les fessiers et les lombaires du support jusqu'à atteindre la charge maximale.

Force de préhension : En position debout, saisir le dynamomètre entre les doigts et la paume de la main. L'appareil doit être entre le prolongement du bras et éloigné du corps afin de serrer vigoureusement l'appareil en exerçant le maximum de force. Deux tests sont réalisés pour chaque côté (droite et gauche) en alternance, et la somme de deux meilleurs scores est réalisée.

4.5. Capacité aérobie maximale

La consommation d'oxygène maximale (VO_2 max) a été mesurée à l'aide d'un test progressif de type rampe (protocole *Ball State University* ; Kaminsky et al. 1998) réalisé sur tapis roulant sous supervision médicale. Un physiologiste de l'exercice d'expérience et un kinésologue étaient présents pour administrer le test, prendre la pression artérielle et la perception de l'effort (échelle de Borg modifié). Durant ce test, la fréquence cardiaque était mesurée de manière continue (ECG, Quinton Q-stress, Mortara Instrument, É.-U.). La pression artérielle a été mesurée toutes les deux minutes à l'aide d'un sphygmomanomètre manuel. La mesure du VO_2 max (via un système de cycle-à-cycle avec un chariot métabolique à circuit ouvert) a été

considérée comme étant la valeur de VO_2 la plus élevée sur une moyenne de 30 secondes avant l'arrêt du test. Enfin, la mesure du VO_2 max a été considérée comme valide si le VO_2 n'augmentait plus malgré l'augmentation de l'intensité et que le quotient d'échange respiratoire en fin de test était supérieur à 1,15 (ACSM, 2013).

4.6. Habitudes alimentaires

Un journal de 3 jours non-consécutifs (2 journées de semaine et 1 journée de fin de semaine) était remis à chaque participante avec une balance alimentaire (maximum de 5 kg) et un cahier d'explication afin de mesurer les habitudes alimentaires et d'en tenir compte dans les analyses. Le journal alimentaire de 3 jours est valide et fidèle (représentatif de l'apport énergétique et des apports en macronutriments) chez des personnes âgées sans problème cognitif (Luhrman et al. 1999). Malgré les limites reconnues de cet outil, le journal alimentaire de 3 jours demeurent le meilleur outil pour évaluer les apports alimentaires dans le contexte de l'étude proposée (condition de vie normale). Les analyses alimentaires ont été faites par la même personne en utilisant le logiciel Nutrific (Université Laval, Québec, QC) dans notre laboratoire au CdRV.

4.7. Niveau d'activité physique

Le questionnaire *Physical Activity Scale for the Elderly* (PASE) a été complété par chaque participante afin d'établir ses habitudes d'activités physiques des 7 derniers jours. Ce questionnaire a été validé et lié aux données mesurées avec accéléromètres chez des personnes âgées (Washburn & Ficker, 1999). Le PASE est un questionnaire auto-administré qui évalue les activités occupationnelles, de loisirs et domestiques des 7 derniers jours selon leurs intensités, durées et fréquences. L'addition de toutes les activités produit un score global représentant le niveau d'activité physique. Le score total peut se situer entre 0 et 793 au maximum, sachant que plus le score est élevé plus le niveau d'activité physique est important. Il est à noter que pour la mesure faite en post-intervention, il a été demandé aux participantes d'exclure les périodes d'exercice qui étaient réalisées au CdRV au cours des 7 derniers jours.

5. Analyses statistiques

La normalité de chaque variable d'intérêt a été évaluée à l'aide du test Shapiro-Wilk. Les résultats sont présentés avec la moyenne \pm écart-type (ET) dans les tableaux et la moyenne \pm erreur standard de la moyenne (ESM) pour les figures. Les comparaisons initiales ont été effectuées en utilisant un test T indépendant. Des ANOVAs à mesures répétées (2 x 2) ont été utilisées pour déterminer l'effet de l'intervention et s'il existait une interaction (temps x groupe).

Si une interaction était observée, des tests T dépendants étaient effectués dans chaque groupe séparément. Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du programme SPSS 21.0 pour Windows (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) et le seuil de significativité été fixé à $p \leq 0,05$.

RÉSULTATS

Les résultats de ce mémoire ont fait l'objet d'un article scientifique qui s'intitule « *The impact of a low-volume high-intensity interval training compared to a moderate-intensity continuous training on health profile in older women with abdominal obesity* » et seront soumis à la revue *Journal of Obesity* en février 2018.

En tant que premier auteur de cet article, j'ai réalisé le projet au complet (recrutement, évaluations et interventions), les analyses statistiques, l'écriture de l'article et les corrections suggérées par les co-auteurs avant la soumission.

Les résultats de cet article scientifique ont pu mettre en évidence que le HIIT de faible volume est faisable chez des femmes âgées inactives ayant une obésité abdominale en plus de produire des améliorations similaires à celles observées suite à un programme qui respecte les recommandations en matière d'exercice aérobic. L'ensemble des résultats issus du projet qui a été réalisé pour répondre aux objectifs de cette maîtrise est présenté dans l'article qui suit.

Feasibility of low-volume interval training and comparison of its effects to recommendations in aerobic exercise on body composition, cardiometabolic profile and functional capacity in aging women with abdominal obesity.

Inès Boukabous^{1,2}, Alexis Marcotte-Chénard^{1,2}, Taha Amamou^{1,2}, Pierre Boulay^{1,2}, Martin Brochu^{1,2}, Daniel Tessier^{2,3}, Isabelle Dionne^{1,2}, Eléonor Riesco^{1,2}.

¹ Faculty of Physical Activity Sciences, University of Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada.

² Research Center on Aging, CIUSSS de l'Estrie - CHUS, Sherbrooke, QC, Canada.

³ Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada.

Abstract

Although low-volume high-intensity interval training (HIIT) has been found effective in middle-aged adults, compared to moderate-intensity continuous aerobic training; MICT), little is known about this strategy in older women at high risk of chronic disease. **Objective:** To determine the feasibility of low-volume HIIT in older women with abdominal obesity and compare its effect to MICT on cardiometabolic profile and functional capacity. **Methods:** A total of 18 older (60-75 years) and inactive women with abdominal obesity (waist circumference ≥ 88 cm) were randomized to one of the following groups: 1) HIIT (n=9); 2) MICT (n=9). Feasibility was assessed with completion rate. All variables were measured before and after 8 weeks of intervention: Body composition; metabolic profile (fasting lipid profile, glucose and insulin); resting, pre- and post-6-minute walk test (6MWT) blood pressure; functional capacity (senior fitness test); maximal aerobic capacity (VO_2 max). Affective responses were measured before and after each training session (feeling scale from -5 to +5). **Results:** Completion rate was similar between HIIT (92.7 ± 4.1 %) and MICT (94.7 ± 3.1 %) and affective response was high and similar between HIIT (4.2 ± 0.9) and MICT (4.1 ± 0.9). Total cholesterol and non-HDL-C levels decreased in both groups (all $p \leq 0.01$). Although VO_2 max did not change, the distance at the 6MWT increased in all women ($p < 0.0001$). Pre-6MWT diastolic blood pressure decreased in all participants ($p = 0.02$). **Conclusion:** Our results show that low-volume HIIT is feasible and provides similar benefits compared to MICT in older women, for half the time spent exercising.

Keywords: HIIT, obesity, functional capacity, Framingham score, lipid profile; elderly

Introduction

The prevalence of obesity in older adults is increasing and women are more likely than men to fall in higher classes of obesity (class 2: $35 \leq \text{BMI} < 40 \text{ kg/m}^2$ and class 3: $\text{BMI} \geq 40 \text{ kg/m}^2$) [1]. Moreover, Lean et al. (2013) [2] have reported a 5-10 cm increase of waist circumference over 10 years in both men and women aged between 50 and 70 years. Obesity in older adults, especially at the abdominal level, is associated with hypertension, metabolic impairments, including dyslipidaemia and insulin resistance, and increases the risk of chronic diseases such cardiovascular disease and type 2 diabetes [3].

Although caloric restriction is an effective strategy to reduce total body weight and fat mass in obese adults with metabolic impairments or type 2 diabetes [4], the effectiveness of such a strategy is questioned in the elderly [5]. Indeed, the caloric restriction-induced loss of muscle mass, leading to a higher risk of sarcopenic obesity (obesity with a detrimental loss of muscle mass), and the difficulty for weight loss maintenance over time raise questions [6, 7]. Nevertheless, a lower waist circumference is associated with a longer survival with a lower incidence of major diseases or disabilities in older adults [8]. For these reasons, exercise training is considered a key strategy in older adults to reduce abdominal fat mass while maintaining physical functioning.

The Canadian exercise recommendations (150 min/week of aerobic exercise at moderate intensity) have been shown to be an efficient intervention to promote fat mass loss and improve metabolic profile in aging women [9, 10] and thus reduce the risk of chronic diseases. However, epidemiological data show that these recommendations are rarely reached by older adults [11] and women are less likely than men to meet these guidelines [12]. In this context, low-volume (75 min/week) high-intensity interval training (HIIT) has been recently suggested as a time-efficient strategy to improve body composition, metabolic profile and cardiorespiratory fitness in inactive and obese adults [13, 14]. Interestingly, a recent meta-analysis [15] has demonstrated that HIIT is superior to improve cardiopulmonary fitness and reduced fat mass in adults with obesity compared to traditional exercise regimen. Moreover, it has been shown that HIIT provides more pleasure and enjoyment compared to moderate-intensity continuous training (MICT) in inactive overweight adults [16]. However, this was investigated acutely, and it thus remains

difficult to confirm that HIIT training provides greater pleasure and enjoyment compared to the current exercise recommendations, especially in inactive and obese older adults who have a lower functional capacity.

To our knowledge, studies have evaluated the impact of low-volume HIIT, compared to MICT, on body composition and metabolic profile in young and middle-aged adults or in elderly with chronic disease (e.g. type 2 diabetes). However, there is no study in healthy and inactive older women with abdominal obesity who would be a targeted population for low-volume HIIT in order to reduce the risk of chronic disease. Furthermore, because low-volume HIIT has gained in popularity during the past few years and is widely publicized, it is of paramount importance to determine the impact of such an intervention in inactive older women to confirm its efficacy and feasibility. Therefore, the objective of this study were to determine the feasibility of 8 weeks of low-volume HIIT in inactive and older women who have abdominal obesity and compare its effects to MICT on body composition, cardiometabolic profile and functional capacity.

Material and Methods

Participants

A total of 18 women with abdominal obesity aged between 60 and 75 years have completed this randomized pilot study. To be included, participants had to meet the following criteria: 1) waist circumference ≥ 88 cm, 2) non-smoker, 3) physically inactive (< 2 structured training sessions/week or < 75 min of structured exercise/week), 4) null or moderate alcohol consumption (≤ 2 drinks/day), 5) apparently healthy and without medical treatment that can influence metabolism. Exclusion criteria were: 1) hypertension, 2) history of cardiovascular or peripheral disease, 3) diabetes, 4) orthopaedic problem limiting the capacity to perform exercise.

Study protocol

Forty women were recruited from Sherbrooke and surroundings using flying recruitment materials and the Research Centre on Aging recruitment center. Among the 40 women phone screened, only 21 older women (age: 64.9 ± 2.6 years) with abdominal obesity (waist circumference: 104.4 ± 9.4 cm) met the inclusion criteria and were evaluated. As shown in Figure 1, among the 21 women evaluated at baseline, 3 were excluded after the baseline visits (prediabetes, $n=1$; medical clearance not obtained during the treadmill test, $n=2$).

Insert Figure 1.

After a phone screening, participants who met criteria were invited for a baseline visit at the Research Centre on Aging. Resting heart rate (HR rest) and blood pressure, anthropometry (weight, height, body mass index), body composition (fat mass, lean mass, estimated visceral adipose tissue [VAT]; iDXA, GE Lunar, Madison, WI, USA), and metabolic profile (fasting lipid profile, glucose and insulin) were measured after a 12h-overnight fast. Medical history and physical activity level (PASE questionnaire) were collected after breakfast. During a second visit, a progressive maximal exercise test with a 12-lead electrocardiogram was performed on treadmill to obtain medical clearance as well as maximal heart rate (HR max) and oxygen uptake (VO_2 max). After a period of 30-min recovery, functional capacity (6-minute walk test [6MWT], 8-feet timed up and go, arm curl test, 30-s chair stand, flexibility, maximal handgrip strength) and maximal strength for lower body (1-repetition maximal; 1-RM) were measured. Between visits, all participants

had to fill a 3-day dietary record (Nutrific, Université Laval). All measurements were repeated after 8 weeks of intervention. Exercise-associated general affective responses were measured before and after 2-3 minutes of recovery for each training session (the 1-item Feeling Scale; [17]).

After baseline visits, each participant was randomly assigned to one of the two experimental groups: 1) HIIT (n=9); 2) MICT (n=9). The study was conducted according to the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki and all procedures were approved by the Ethics Committee of the CIUSSS de l'Estrie - CHUS. Written informed consent was obtained from all participants before the entry in the study.

Exercise intervention

All participants completed three non-consecutive exercise sessions per week during 8 weeks for a total of 24 exercise sessions. All exercise training sessions were supervised by the same exercise specialist (kinesiologist) and conducted on a treadmill (Life fitness, Canada). The HR max, achieved during the progressive maximal exercise test (baseline visit), was used to calculate HR reserve (HRR; Karvonen formula) for exercise intensity prescription.

Prescribed intensity = ((HR max – HR rest) x % targeted training intensity) + HR rest.

Heart rate was continuously monitored during all exercise sessions (Polar heart rate monitors, Bluetooth Polar M61, Finland) and recorded by the kinesiologist. HIIT sessions (warm-up, high intensity, active recoveries and cool-down) were initially designed to meet half of the MICT total duration time (25 min vs. 50 min/session) and energy expenditure based on the principle that a person uses 5 kcal for each liter of oxygen consumed [18].

Each HIIT session consisted of a 3-min warm-up (2 min at 50 % HRR and 1 min at 70 % HRR) followed by six 1-min intervals at 90 % HRR interspersed by 2 min of active recovery at 40 % HRR, and a 2-min cool down at 40 % HRR. After the first three intervals, an additional 2 min of active recovery at 40 % HRR was performed. To reach the prescribed intensity, the HIIT intensity was progressively increased over the first three weeks but remained based on an interval training in order to accustom all participants, meaning that this prescribe intensity was met for the 5 following weeks. Each MICT session consisted of a 2-min warm-up at 40 % HRR followed by 45 min of exercise at 55 % HRR and 3-min cool-down at 40 % HRR.

Feasibility of low-volume HIIT

The completion rate (%) was used to assess the feasibility of low-volume HIIT in inactive older women with abdominal obesity. Completion rate was defined according to the number of 1) drop-out (exercise-related reason), 2) exercise sessions unattended across the 8-week intervention, and 3) participants who did not achieve the prescribed intensity during the exercise protocol. Completion rate of low-volume HIIT was then compared to the MICT group.

Moreover, general affective valence (i.e. pleasure and displeasure) in response to exercise (HIIT and MICT) was also considered and estimated with the use of the Feeling Scale (FS). The FS is an 11-point bipolar scale ranging from -5 to +5, commonly used to measure affective response (pleasure/displeasure) during exercise [17]. This scale presents the following verbal anchors: -5 = very bad; -3 = bad; -1 = fairly bad; 0 = neutral; +1 fairly good; +3 = good; and +5 = very good. This scale was presented before and just after each session, and after a period of post-exercise recovery (2-5 min) for the 24 exercise sessions of the study.

Anthropometry and body composition

Participant's weight was measured to the nearest 0.1 kg using an electronic scale (SECA707, Hamburg, Germany) and height was determined using a wall stadiometer (Takei, Tokyo, Japan). Waist circumference was measured at the midpoint between the inferior border of the ribcage and the superior aspect of the iliac crest using an adequate length measuring tape. BMI was calculated using the following equation:

Body weight (kg) / Height² (m).

Body composition was measured using the dual-energy x-ray absorptiometry method (iDXA, GE Lunar, Madison, WI, USA) and analysed with the software enCORE version 16, allowing the measurement of 3 types of tissue: bone mass, fat mass (FM) and lean body mass (LBM). Android, gynoid, trunk, legs and arm region were automatically determined by the enCORE software. Estimation of visceral adipose tissue (VAT) was automatically computed by subtracting subcutaneous adipose tissue from the total FM in the android region. The estimation of VAT with the iDXA has been validated in fasted condition (as performed in this study) with 124 men and women, aged between 18 and 90 years, with a wide range of BMI (18.5-40 kg/m²) [19]. Coefficient of variation in our laboratory, for

repeated measures (1 week apart) for FM and LBM in 100 adults, are 1.9 % and 1.2 % respectively.

Metabolic profile, blood pressure and heart rate

Blood samples were drawn after a 12-hour overnight fast from an antecubital vein by an experimented research nurse. Fasting lipid profile (triglycerides, total cholesterol, non-HDL-C, LDL-C and HDL-C) as well as glucose and insulin levels were analysed at the Sherbrooke University Hospital Center by enzymatic and immunologic method.

Resting systolic and diastolic blood pressure as well as heart rate were taken when participants were in a seated position, after a 10 min rest period, with an automatic standardized blood pressure monitor (Welch Allyn Canada Ltd., Mississauga, Ontario, Canada). Pre- and post-6MWT systolic and diastolic blood pressure (manual sphygmomanometer) were measured in a seated position while heart rate was continuously monitored during the 6MWT with a HR monitor (Bluetooth Polar M61 monitor with Polar Team® version 1.1 application for iPad).

Finally, the Framingham risk score was calculated with the use of the Excel spreadsheets (using lipids) from the Framingham Heart Study to estimate the participant's 10-year risk of developing cardiovascular disease (<https://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/cardiovascular-disease/10-year-risk.php>, based on The Framingham Heart Study; [20]).

Aerobic capacity

Before the measurement of maximal oxygen uptake (VO_2 max) and HR max, participants were informed about the BSU/Bruce ramp protocol [21] and instructed to exercise to their maximum limit. During the progressive exercise test, respiratory gas exchange and ventilation were continuously measured with breath-by-breath system (Ergocard, Medisoft, Belgium) and HR monitored by a 12-lead ECG (Q-stress, Mortara Instrument, USA). VO_2 max criteria was met when participants attained at least two of the following criteria: 1) respiratory exchange ratio ≥ 1.15 , 2) failure to increase HR despite an increase in workload, 3) no further increase in VO_2 (< 150 mL/min) despite an increase workload. This evaluation aimed principally to get medical clearance and establish exercise intensity (target heart rate) for both HIIT and MICT (HR max).

Functional capacity and maximal strength

After a 30-min recovery, a 6MWT was completed on a flat surface and the distance walked was recorded (m) to assess submaximal level of functional capacity. As previously indicated, heart rate was continuously monitored (Bluetooth Polar M61 monitor with Polar Team® version 1.1 application for iPad) and blood pressure was measured right before and after (sitting on a chair) the 6MWT. All participants received the same instructions before, during and after the test.

Lower body muscle power was measured by asking women to stand up from a chair as many times as possible in 30 seconds (30-s chair-stand test) [22]. Upper arm endurance strength was measured with the arm-curl test consisting of the maximal number biceps curls that can be completed in 30 seconds holding a weight of 5 lbs (2.27 kg) with the dominant hand [23]. The 8-foot timed up-and-go (8-TUG) test was used to measure agility and dynamic balance and is considered as a valid measurement of functional mobility in elderly [24]. The 8-TUG is a timed test that requires to stand up from a chair, walk as fast as possible to a cone 8 feet away, turn around and return to the initial position [23]. Lower back and hamstrings flexibility [25] was measured with the use of the sit-and-reach test [23] for which the reliability has already been confirmed in elderly [26].

Maximal handgrip strength was assessed using a handheld dynamometer (Lafayette Instruments, model 78010, Lafayette, IN). Two measurements were performed for each hand in an alternated fashion, with 30 seconds of rest between each attempt. The sum of the maximal score of each hand was then computed.

Finally, after a 10-min recovery period, maximal strength (1 repetition maximum [1-RM]) for lower body (Life fitness, Schiller Park, IL) was assessed based on the American College of Sport Medicine guidelines for the determination of muscle strength [25]. Briefly, after a familiarization with the exercise, participants had to warm-up by completing 12 to 15 submaximal repetitions. The initial weight lifted was selected according to the participant's perceived maximal strength. The 1-RM was determined within four trials with rest periods of 3 to 5 minutes between trials. The final weight lifted successfully was recorded as the 1-RM.

Physical activity level

Physical activity level was estimated using the Physical Activity Scale for the Elderly (PASE) questionnaire [27]. Participants reported leisure time, household and work-related activities during the past week. Daily activity was scored according to the intensity and time of reported activities. The global PASE score (theoretical score range between 0-793) is determined by multiplying the amount of time spent in each activity (hr/week) by an item weight, where a high score means high physical activity levels [27, 28].

Dietary habits

A 3-day dietary record was used to estimate dietary habits [29]. Participants were provided with a food scale and instructed on how to complete a 3-day dietary record (two non-consecutive weekdays and one weekend day) before and after the study. Daily energy and macronutrient intakes were analysed using Nutrific software (Laval University, Québec, Canada). Each participant was instructed to maintain normal dietary habits throughout the 8-week intervention.

Statistical analysis

Normality of each variable of interest was assessed using the Shapiro-Wilk test. Results are given as mean \pm standard deviation (SD) in tables and mean \pm standard error of the mean (SEM) in figures. As all the main outcomes were normally distributed, baseline comparisons were performed using independent T-tests to ensure there was no difference between groups at baseline. A two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to determine if there was an interaction effect (time x group). All analyses were performed using SPSS 21.0 program for windows (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Statistical significance was set at $p \leq 0.05$.

Results

Baseline characteristics and training-induced energy expenditure.

As shown in Table 1, there was no significant difference between groups (HIIT and MICT) at baseline for age, anthropometry, body composition, aerobic capacity, energy intake and physical activity levels.

Insert Table 1

A Posteriori analyses of training intensity showed that mean intensity was 59 ± 12 % HRR in MICT and 89 ± 5 % HRR interspersed with 50 ± 8 % HRR (active rest) in low-volume HIIT. Furthermore, the estimation of training-induced energy expenditure after the end of the intervention demonstrated that the MICT program induced a mean energy expenditure of 277 ± 67 kcal/session compared to 125 ± 18 kcal/session with the low-volume HIIT (week 4 to 8), and thus represents 45 % of MICT energy expenditure, which is close to what was initially targeted (50 % of MICT energy expenditure).

Feasibility of low-volume HIIT and exercise-associated affective responses throughout the 8-week intervention

There was no drop-out during this pilot study and the completion rate was similar between both groups (HIIT: 92.7 ± 4.1 %; MICT: 94.7 ± 3.1 ; $p = 0.38$).

As illustrated in Figure 3, affective responses before and after each exercise session was high and similar between HIIT and MICT (all $p \geq 0.58$). Moreover, affective responses remained stable throughout the intervention in both groups.

Insert Figure 2.

Effect of HIIT and MICT on cardiometabolic profile

As shown in Table 2, there was no change in FM, LBM and VAT in response to both exercise training interventions. Regarding metabolic profile, total cholesterol ($p = 0.01$), LDL-C ($p = 0.001$) and non-HDL-C ($p = 0.005$) levels similarly decreased in HIIT and MICT groups (Figure 2). Although resting systolic and diastolic blood pressure remained unchanged, a significant decrease in diastolic blood pressure before the 6MWT was found after 8 weeks of training ($p = 0.02$), irrespective of the training modality. Finally, the

Framingham risk score significantly decreased in all women after 8 weeks of training ($p = 0.03$).

Insert Figure 3 and Table 2.

Effect of HIIT and MICT on functional capacity and aerobic capacity

As shown in Table 3, both groups increased their walking distance during the 6MWT ($p < 0.0001$) and the number of repetitions performed at the arm curl test ($p = 0.046$) after 8 weeks of training. Maximal strength and VO_2 max remained unchanged and no other component of the functional capacity was improved in response to the 8-week intervention.

Insert Table 3.

Discussion

The main purpose of the study was to determine the feasibility of low-volume HIIT in inactive healthy older women and to compare its effect with MICT on cardiometabolic profile and physical capacity. To our knowledge, this is the first study to compare low-volume HIIT that represents half the energy expenditure and total exercise time of the current exercise recommendations (MICT) in older women at high risk of chronic disease. After 8 weeks, lipid profile and the 10-year risk of developing cardiovascular disease (Framingham risk score) were improved despite the absence of fat mass loss, irrespective of the exercise training modality. Furthermore, functional exercise capacity and upper arm endurance strength were improved in both groups similarly. Finally, the participants' exercise-associated affective response was high and similar between low-volume HIIT (post-exercise: 4.2 ± 0.9) and MICT (post-exercise: 4.1 ± 0.9).

According to the available scientific literature in obese and overweight adults [30-32], we initially hypothesized that 8 weeks of low-volume HIIT would be sufficient to induce an abdominal fat mass loss which would favourably impact metabolic profile and the risk of chronic disease in older adults [33]. However, our results showed that 8 weeks of exercise training, either low-volume HIIT or according to the aerobic exercise recommendations (MICT), was not sufficient to improve body composition in healthy older women with abdominal obesity and a low aerobic capacity. In fact, albeit a few studies demonstrated a positive impact of low-volume HIIT after only a few weeks, it was suggested that 12 weeks of training may be necessary to induce favourable body composition changes in overweight/obese individuals [34]. Moreover, the previous studies that have examined the effect of 8 weeks or less of HIIT were performed in population with a large age range (28-62 years) [31], or with type 2 diabetes in older adults [32]. Hence, it may be hypothesized that fat mass loss appear more rapidly in younger overweight adults who have a higher aerobic capacity and thus greater exercise-induced energy expenditure. Nevertheless, the reason why older adults with type 2 diabetes would better respond to low-volume HIIT remained to be elucidated.

Interestingly, despite the absence of fat mass loss, both groups exhibited an improved lipid profile after the intervention. In fact, plasma levels of total cholesterol, LDL-C and non-

HDL cholesterol decreased in all women irrespective of the exercise training modality. This is in agreement with a systematic review demonstrating that modest behavioural changes, including an increase in physical activity, are associated with an improved metabolic profile regardless of weight change [35]. These results are of particular interest as abdominal obesity and aging are both associated with an atherogenic profile that could increase the risk of coronary heart disease [36]. For instance, even if LDL-C levels remain the primary treatment target for dyslipidemia management [37], it is now suggested that non-HDL cholesterol levels (= total cholesterol - HDL-C) may better reflect the risk of coronary heart disease than LDL-C levels alone [38, 39]. Although LDL-C is comprised in non-HDL cholesterol, this last one refers to the cholesterol content of all atherogenic lipoproteins [40] and may help identify a subset of persons with elevated levels of LDL particle number, Apo B concentrations and small, dense LDL particles [41] that may contribute to the development of coronary heart disease [42]. The reduced Framingham risk score combined with the reduced non-HDL-C levels observed in our study suggests that 8 weeks of low-volume HIIT or aerobic exercise recommendations (MICT) are both sufficient to reduce the risk of cardiovascular disease in healthy older women with abdominal obesity. In fact, previous studies have shown that 8 weeks of HIIT were sufficient to improve lipid profile without any changes in body composition in young men [43, 44]. However, while some authors did not report any benefits from HIIT compared to MICT for total cholesterol in overweight or obese adults [45, 46], others observed similar impacts in healthy and overweight middle-aged women [47]. According to the meta-analysis of Kessler et al. (2012), differences in training volume and the lack of control for exercise-induced energy expenditure may explain this difference [34]. Interestingly, our results demonstrate that low-volume HIIT, that elicits 45 % less energy expenditure than MICT, provides similar metabolic benefits for half the time spent exercising. Therefore, as already suggested by others [48,49], exercise intensity may be a key factor to improve lipid profile when exercise is performed for a short duration (e.g. 25 min/session) in older women with abdominal obesity.

In addition, submaximal aerobic capacity and upper body endurance strength were similarly improved in response to both exercise interventions. These results show that 8 weeks of low-volume HIIT are enough to improve some components of functional capacity

to the same extent than the aerobic exercise recommendations (MICT) in older women previously inactive. Nevertheless, our results are not completely in agreement with the literature. Although functional exercise capacity, assessed with the 6MWT, was improved in older men with coronary heart disease after 8 weeks of intervention, Jaureguizar et al. (2016) [48] did not report a greater impact of HIIT compared to MICT, when both protocols were matched for exercise training duration. In our case, we observed that a HIIT protocol designed to represent half of MICT duration (and energy expenditure) provided similar improvements. This suggests that if the HIIT protocol had been matched to the MICT duration, it could have potentially provided greater benefits. However, as performing 50 minutes of HIIT in older adults has a low ecological validity, this strategy should not be considered. Nevertheless, the fact that an improved functional capacity will positively impact the capacity to perform daily living activities and prevent, or delay, physical dependence in elderly [49], supports the use of low-volume HIIT as a new safe option for physically inactive healthy but abdominally obese older women.

Finally, contrary to the study of Martinez et al. (2015) [16], affective responses to HIIT and MICT were similar in our study. It should be noted that we did not let our participants try the HIIT program when they were randomized to the MICT group and vice-and-versa. Therefore, our participants could not compare both types of training. However, the exercise-associated affective responses in both groups were as high as the one reported in the HIIT group by Martinez et al. (2015), suggesting that low-volume HIIT likely provides great enjoyment. Considering the fact that training compliance was high (92.7 ± 4.1 %) and there was no drop out, our results support that low-volume HIIT may be a time-efficient and sustainable strategy for older women with abdominal obesity who seek to improve their health.

The results of the present study should be interpreted by considering its limitations. First, even if it is close to what it was previously done, our sample size is relatively small ($n=18$). However, this was an exploratory study aiming to determine the feasibility of low-volume HIIT and compare its impact to the current aerobic exercise recommendation in physically inactive older women. Secondly, the duration of the intervention was shorter than the recommended 12 weeks, which can explain the absence of fat mass loss. Nevertheless, knowing that previous studies have reported a loss of fat mass with a HIIT program of 8

weeks or less, we postulated it would be sufficient. Moreover, physical activity level was estimated by questionnaire. The use of accelerometers is encouraged in future studies as it allows a better tracking of physical activity levels outside of training sessions which could partially explain how low-volume HIIT provide similar benefits than 150 minutes of moderate-intensity aerobic exercise.

Despite these limitations, this study used a supervised HIIT protocol controlled for exercise duration time as well as exercise-induced energy expenditure and included state of the art measures of cardiovascular fitness and body composition. This is the first study to demonstrate that low-volume HIIT is feasible in inactive and healthy older women who have a low aerobic capacity.

Conclusion

This study showed that 8 weeks of low-volume HIIT improved lipid profile and functional capacity and reduced the estimated 10-year risk of developing cardiovascular disease to a similar extent than the aerobic exercise recommendations (MICT), for half of the time spent exercising. Moreover, the similar affective response and the absence of drop out demonstrate that low-volume HIIT is a feasible and time-efficient strategy for previously inactive older women with abdominal obesity who would like to improve their health.

References

1. Twells, L.K., et al., *Current and predicted prevalence of obesity in Canada: a trend analysis*. CMAJ Open, 2014. **2**(1): p. E18-26.
2. Lean, M.E., et al., *Changes in BMI and waist circumference in Scottish adults: use of repeated cross-sectional surveys to explore multiple age groups and birth-cohorts*. Int J Obes (Lond), 2013. **37**(6): p. 800-8.
3. Grundy, S.M., et al., *Definition of metabolic syndrome: Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition*. Circulation, 2004. **109**(3): p. 433-8.
4. Wing, R.R., et al., *Benefits of modest weight loss in improving cardiovascular risk factors in overweight and obese individuals with type 2 diabetes*. Diabetes Care, 2011. **34**(7): p. 1481-6.
5. Witham, M.D. and A. Avenell, *Interventions to achieve long-term weight loss in obese older people: a systematic review and meta-analysis*. Age Ageing, 2010. **39**(2): p. 176-84.
6. Mason, C., et al., *Influence of diet, exercise, and serum vitamin on sarcopenia in postmenopausal women*. Med Sci Sports Exerc, 2013. **45**(4): p. 607-14.
7. Beavers, K.M., et al., *Is lost lean mass from intentional weight loss recovered during weight regain in postmenopausal women?* Am J Clin Nutr, 2011. **94**(3): p. 767-74.
8. Rillamas-Sun, E., et al., *Obesity and late-age survival without major disease or disability in older women*. JAMA Intern Med, 2014. **174**(1): p. 98-106.
9. Frank, L.L., et al., *Effects of exercise on metabolic risk variables in overweight postmenopausal women: a randomized clinical trial*. Obes Res, 2005. **13**(3): p. 615-25.
10. Irwin, M.L., et al., *Effect of exercise on total and intra-abdominal body fat in postmenopausal women: a randomized controlled trial*. JAMA, 2003. **289**(3): p. 323-30.
11. Macera, C.A., J.M. Hootman, and J.E. Sniezek, *Major public health benefits of physical activity*. Arthritis Rheum, 2003. **49**(1): p. 122-8.

12. Sun, F., I.J. Norman, and A.E. While, *Physical activity in older people: a systematic review*. BMC Public Health, 2013. **13**: p. 449.
13. Gibala, M.J., et al., *Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease*. J Physiol, 2012. **590**(5): p. 1077-84.
14. Wewege, M., et al., *The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis*. Obes Rev, 2017. **18**(6): p. 635-646.
15. Türk, Y., et al., *High intensity training in obesity: a Meta-analysis*. Obesity Science & Practice, 2017. **3**(3): p. 258-271.
16. Martinez, N., et al., *Affective and Enjoyment Responses to High-Intensity Interval Training in Overweight-to-Obese and Insufficiently Active Adults*. J Sport Exerc Psychol, 2015. **37**(2): p. 138-49.
17. Hardy, C.J., Rejeski, W. J. , *Not what, but how one feels: The measurement of affect during exercise*. Journal of Sport and Exercise Psychology, 1989. **11**(3): p. 304-317.
18. Hills, A.P., N. Mokhtar, and N.M. Byrne, *Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures*. Front Nutr, 2014. **1**: p. 5.
19. Kaul, S., et al., *Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat*. Obesity (Silver Spring), 2012. **20**(6): p. 1313-8.
20. Pencina, M.J., et al., *Predicting the 30-year risk of cardiovascular disease: the framingham heart study*. Circulation, 2009. **119**(24): p. 3078-84.
21. Kaminsky, L.A. and M.H. Whaley, *Evaluation of a new standardized ramp protocol: the BSU/Bruce Ramp protocol*. J Cardiopulm Rehabil, 1998. **18**(6): p. 438-44.
22. Jones, C.J., R.E. Rikli, and W.C. Beam, *A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults*. Res Q Exerc Sport, 1999. **70**(2): p. 113-9.
23. Rikli, R.E. and C.J. Jones, *Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years*. Gerontologist, 2013. **53**(2): p. 255-67.

24. Podsiadlo, D. and S. Richardson, *The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons*. J Am Geriatr Soc, 1991. **39**(2): p. 142-8.
25. Thompson, P.D., et al., *ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition*. Curr Sports Med Rep, 2013. **12**(4): p. 215-7.
26. Lemmink, K.A., Han, K., de Greef, M. H., Rispen, P., Stevens, M., *Reliability of the Groningen fitness test for the elderly*. Journal of Aging and Physical Activity, 2001. **9**(2): p. 194-212.
27. Washburn, R.A., et al., *The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation*. J Clin Epidemiol, 1993. **46**(2): p. 153-62.
28. Washburn, R.A. and J.L. Ficker, *Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): the relationship with activity measured by a portable accelerometer*. J Sports Med Phys Fitness, 1999. **39**(4): p. 336-40.
29. Luhrmann, P.M., et al., *Validation of a self-administered 3-day estimated dietary record for use in the elderly*. Eur J Nutr, 1999. **38**(5): p. 235-40.
30. Boudou, P., et al., *Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men*. Eur J Endocrinol, 2003. **149**(5): p. 421-4.
31. Wallman, K., et al., *The effects of two modes of exercise on aerobic fitness and fat mass in an overweight population*. Res Sports Med, 2009. **17**(3): p. 156-70.
32. Madsen, S.M., et al., *High Intensity Interval Training Improves Glycaemic Control and Pancreatic beta Cell Function of Type 2 Diabetes Patients*. PLoS One, 2015. **10**(8): p. e0133286.
33. Amarya, S., Singh, K., Sabharwal, M. , *Health consequences of obesity in the elderly*. Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics, 2014. **5**(3): p. 63-67.
34. Kessler, H.S., S.B. Sisson, and K.R. Short, *The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk*. Sports Med, 2012. **42**(6): p. 489-509.
35. Ross, R. and A.J. Bradshaw, *The future of obesity reduction: beyond weight loss*. Nat Rev Endocrinol, 2009. **5**(6): p. 319-25.

36. Mondon, C.E., et al., *Causes of the triglyceride-lowering effect of exercise training in rats*. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol, 1984. **57**(5): p. 1466-71.
37. Expert Panel on Detection, E. and A. Treatment of High Blood Cholesterol in, *Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III)*. JAMA, 2001. **285**(19): p. 2486-97.
38. Cui, Y., et al., *Non-high-density lipoprotein cholesterol level as a predictor of cardiovascular disease mortality*. Arch Intern Med, 2001. **161**(11): p. 1413-9.
39. Lamarche, B., et al., *Small, dense low-density lipoprotein particles as a predictor of the risk of ischemic heart disease in men. Prospective results from the Quebec Cardiovascular Study*. Circulation, 1997. **95**(1): p. 69-75.
40. Virani, S.S., *Non-HDL cholesterol as a metric of good quality of care: opportunities and challenges*. Tex Heart Inst J, 2011. **38**(2): p. 160-2.
41. Ballantyne, C.M., et al., *Correlation of non-high-density lipoprotein cholesterol with apolipoprotein B: effect of 5 hydroxymethylglutaryl coenzyme A reductase inhibitors on non-high-density lipoprotein cholesterol levels*. Am J Cardiol, 2001. **88**(3): p. 265-9.
42. Arsenault, B.J., et al., *Cholesterol levels in small LDL particles predict the risk of coronary heart disease in the EPIC-Norfolk prospective population study*. Eur Heart J, 2007. **28**(22): p. 2770-7.
43. Musa, D.I., et al., *The effect of a high-intensity interval training program on high-density lipoprotein cholesterol in young men*. J Strength Cond Res, 2009. **23**(2): p. 587-92.
44. Tsekouras, Y.E., et al., *High-intensity interval aerobic training reduces hepatic very low-density lipoprotein-triglyceride secretion rate in men*. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2008. **295**(4): p. E851-8.
45. Moreira, M.M., et al., *Effects of aerobic and anaerobic exercise on cardiac risk variables in overweight adults*. Arq Bras Cardiol, 2008. **91**(4): p. 200-6, 219-26.
46. Nybo, L., et al., *High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health*. Med Sci Sports Exerc, 2010. **42**(10): p. 1951-8.

47. Di Blasio, A., et al., *Effects of patterns of walking training on metabolic health of untrained postmenopausal women*. J Aging Phys Act, 2014. **22**(4): p. 482-9.
48. Jaureguizar, K.V., et al., *Effect of High-Intensity Interval Versus Continuous Exercise Training on Functional Capacity and Quality of Life in Patients With Coronary Artery Disease: A RANDOMIZED CLINICAL TRIAL*. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2016. **36**(2): p. 96-105.
49. Fleg, J.L., *Aerobic exercise in the elderly: a key to successful aging*. Discov Med, 2012. **13**(70): p. 223-8.

Table 1: Baseline characteristics of all participants.

	HIIT (n=9)	MICT (n=9)	Baseline comparisons (p-value)
Age (years)	66.0 ± 3.4	64.2 ± 3.7	0.30
Weight (kg)	76.6 ± 10.9	80.0 ± 11.3	0.52
BMI (kg/m ²)	30.1 ± 4.9	31.7 ± 3.5	0.43
Waist circumference (cm)	103.8 ± 10.6	105.1 ± 8.7	0.79
Energy intake (kcal/day)	1810 ± 373	1926 ± 453	0.62
Physical activity level	121.4 ± 43.4	146.7 ± 52.7	0.28

Data are given as mean ± standard deviation.

BMI: Body mass index

Table 2: Impact of low-volume HIIT and MICT on body weight and cardiometabolic profile.

	All participants (n=18)		HIIT (n=9)		MICT (n=9)		Repeated measures ANOVA	
	Baseline	Post	Baseline	Post	Baseline	Post	Time	Time x Group
Total body weight (kg)	78.3 ± 10.9	78.2 ± 10.9	76.6 ± 10.9	76.1 ± 10.2	80.0 ± 11.3	80.8 ± 11.7	0.76	0.42
FM (kg)	34.6 ± 7.8	34.4 ± 7.6	32.7 ± 8.5	32.2 ± 8.0	36.5 ± 7.1	36.6 ± 7.0	0.52	0.24
LBM (kg)	41.1 ± 4.5	41.2 ± 4.7	41.3 ± 3.3	41.5 ± 3.9	40.8 ± 5.6	40.9 ± 5.6	0.61	0.89
Android FM (kg)	3.1 ± 1.0	3.1 ± 0.9	3.0 ± 1.1	2.9 ± 1.1	3.2 ± 0.8	3.2 ± 0.8	0.51	0.30
Gynoid FM (kg)	5.8 ± 1.3	5.8 ± 1.3	5.4 ± 1.1	5.4 ± 1.1	6.1 ± 1.5	6.3 ± 1.5	0.41	0.20
VAT (kg)	1.16 ± 0.5	1.13 ± 0.5	1.16 ± 0.6	1.13 ± 0.6	1.15 ± 0.5	1.13 ± 0.5	0.61	0.92
TG (mmol/L)	1.4 ± 0.9	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.7	1.4 ± 0.8	1.5 ± 1.1	1.4 ± 1.0	0.96	0.38
Total CHOL (mmol/L)	5.6 ± 1.7	5.3 ± 1.6	6.1 ± 0.9	5.8 ± 0.9	5.0 ± 2.2	4.8 ± 2.1	0.01	0.45
HDL-C (mmol/L)	1.5 ± 0.6	1.5 ± 0.6	1.7 ± 0.4	1.7 ± 0.6	1.3 ± 0.6	1.4 ± 0.6	0.39	0.63
LDL-C (mmol/L)	3.4 ± 1.2	3.1 ± 1.1	3.8 ± 0.8	3.4 ± 0.9	3.0 ± 1.5	2.8 ± 1.3	0.001	0.08
Non-HDL-C (mmol/L)	4.0 ± 1.5	3.7 ± 1.4	4.4 ± 1.1	4.0 ± 1.1	3.7 ± 1.8	3.5 ± 1.6	0.005	0.32
Resting SBP (mm Hg)	128 ± 13	127 ± 14	131 ± 14	132 ± 15	126 ± 12	122 ± 12	0.46	0.21
Resting DBP (mm Hg)	75 ± 6	74 ± 7	73 ± 7	75 ± 8	76 ± 4	74 ± 5	0.40	0.16
Pre-6MWT SBP (mm Hg)	124 ± 11	119 ± 14	124 ± 15	119 ± 16	124 ± 8	120 ± 13	0.24	0.78
Pre-6MWT DBP (mm Hg)	80 ± 4.9	76 ± 9	79 ± 6	75 ± 9	81 ± 3	76 ± 9	0.02	0.80
Post-6MWT SBP (mm Hg)	141 ± 16	141 ± 17	143 ± 19	143 ± 18	140 ± 14	139 ± 17	0.98	0.88
Post-6MWT DBP (mm Hg)	81 ± 8	79 ± 9	78 ± 8	77 ± 8	84 ± 7	82 ± 9	0.48	0.83
Framingham risk score (%)	8.9 ± 3.6	7.7 ± 3.2	10.0 ± 4.3	8.7 ± 3.6	7.6 ± 2.3	6.5 ± 2.5	0.03	0.81

Data are given as mean ± standard deviation.

FM: Fat mass; LBM: lean body mass; VAT: visceral adipose tissue; TG: Triglycerides; CHOL: total cholesterol; HDL-C: high density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low density lipoprotein cholesterol; SBP: Systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; 6MWT: 6-minute walk test

Table 3: Impact of low-volume HIIT and MICT on functional capacity, maximal strength and maximal aerobic capacity.

	All participants (n=18)		HIIT (n=9)		MICT (n=9)		Repeated measures ANOVA	
	Baseline	Post	Baseline	Post	Baseline	Post	Time	Time x Group
30-s chair stand (rep)	12.9 ± 2.6	13.9 ± 2.5	12.8 ± 2.4	13.8 ± 2.4	13.1 ± 2.9	14.1 ± 2.8	0.09	1.0
8-TUG (sec)	6.4 ± 1.5	6.0 ± 1.2	6.4 ± 1.8	5.7 ± 1.3	6.3 ± 1.2	6.4 ± 0.9	0.21	0.18
Arm curl test (rep)	14.0 ± 3.5	15.2 ± 3.1	14.4 ± 2.4	16.1 ± 2.5	13.6 ± 4.5	14.3 ± 3.5	0.046	0.44
6MWT (m)	472 ± 81	540 ± 65	465 ± 115	537 ± 87	480 ± 24	542 ± 35	<0.0001	0.69
Handgrip strength (kg)	46 ± 12	45 ± 10	48 ± 14	48 ± 10	43 ± 9.2	43 ± 11	0.95	0.77
1-RM Lower body (kg)	229 ± 65	240 ± 75	243 ± 49	256 ± 74	216 ± 79	225 ± 76	0.47	0.89
VO ₂ max (L/min)	1.58 ± 0.28	1.64 ± 0.26	1.53 ± 0.21	1.61 ± 0.28	1.62 ± 0.34	1.68 ± 0.26	0.18	0.86
VO ₂ max (mL/kg/min)	20.2 ± 3.6	21.1 ± 3.1	20.3 ± 4.6	21.3 ± 4.4	20.1 ± 2.6	20.9 ± 1.2	0.18	0.92

Data are given as mean ± standard deviation.

8-TUG: 8-foot timed up and go; 6MWT: 6-minute walking test; 1-RM: one repetition maximum

Figures legend

Figure 1. Recruitment summary flowchart

Figure 2. Exercise-associated affective responses throughout 8 weeks of training

Feeling Scale presents the following verbal anchors: +3 = good and +5 = very good. Data are means for pre- and post-exercise affective response for every week of training (mean of the three exercise sessions per week) in both groups (HIIT and MICT).

W: week; HIIT: high-intensity interval training; MICT: moderate-intensity continuous training

Figure 3. Effect of an 8-week exercise intervention on lipid profile in older women with abdominal obesity

Variables are percent mean changes ($(\text{[post} - \text{pre value]} * 100) / \text{pre value}$) \pm IC 95%

Figure 1.

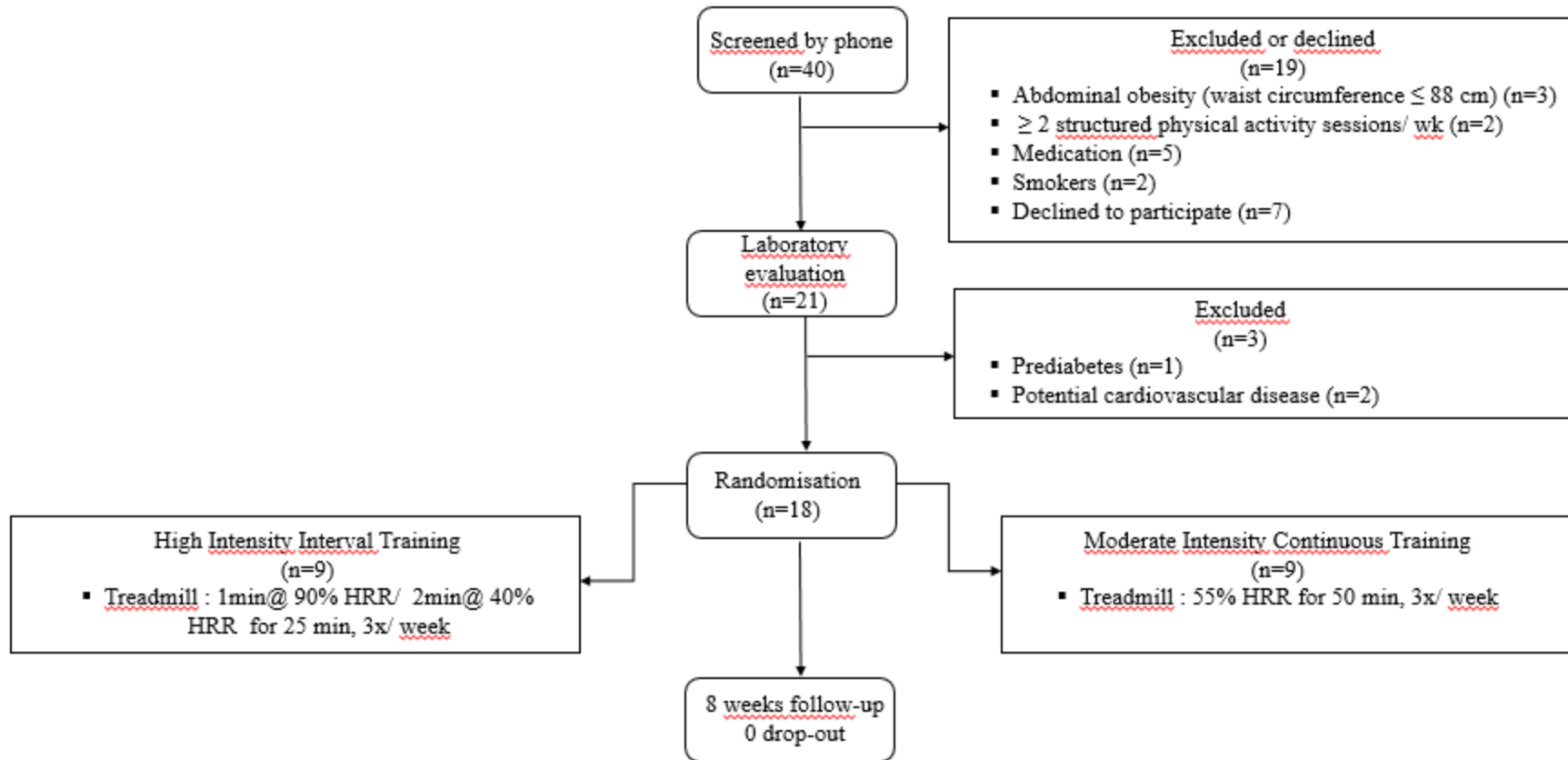


Figure 2.

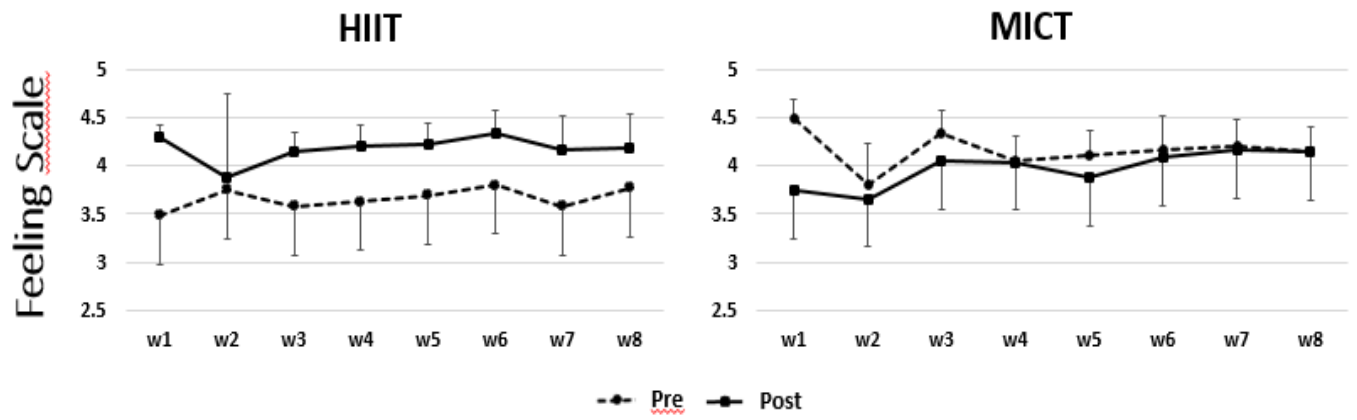
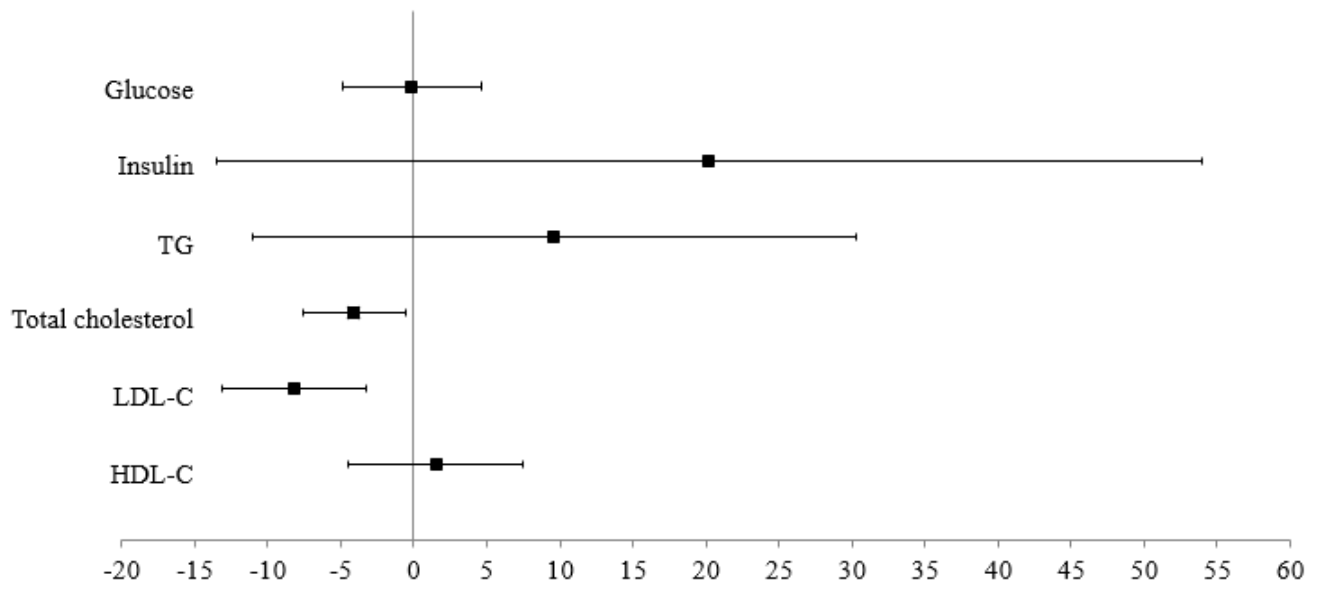


Figure 3.



DISCUSSION

L'objectif principal de l'étude était de déterminer la faisabilité d'un programme de 8 semaines de HIIT de faible volume chez des femmes âgées inactives ayant une obésité abdominale et de comparer ses effets sur la masse grasse, le profil cardiométabolique et la capacité fonctionnelle à ceux obtenus suite à un programme respectant les recommandations en matière d'exercice aérobic, soit 150 min/semaine d'exercice continu d'intensité modérée (CONT). À notre connaissance, il s'agit de la première étude ayant comparé le HIIT de faible volume (75 min/semaine) au CONT (150 min/semaine) en ayant contrôlé pour la dépense énergétique chez des femmes âgées présentant un risque élevé de développer des maladies chroniques. Les résultats démontrent que le HIIT de faible volume est faisable puisque le taux de complétion dans le groupe HIIT et CONT est élevé et similaire. Après 8 semaines d'intervention, le profil lipidique et le risque cardiovasculaire sur 10 ans (score de Framingham) ont été améliorés, et cela malgré l'absence de perte de masse grasse, dans les deux groupes. De plus, certaines composantes de la capacité fonctionnelle (la capacité fonctionnelle à l'effort et l'endurance musculaire des bras) ont été améliorés de la même façon dans le groupe HIIT et CONT.

- Faisabilité de l'entraînement par intervalles à haute intensité de faible volume

Le taux de complétion obtenu dans le groupe HIIT et CONT permet de croire que le HIIT de faible volume est une stratégie d'entraînement qui est faisable chez les femmes âgées inactives ayant une obésité abdominale mais apparemment en santé. De plus, il est important de mentionner que les participantes de cette étude présentaient une capacité aérobic maximale relativement faible ($VO_2 \text{ max} : 20,2 \pm 3,6 \text{ mL/kg/min}$), ce qui aurait pu limiter leur capacité à réaliser un tel type d'entraînement. Cependant, l'augmentation progressive de l'intensité dans le groupe HIIT est un élément important à considérer lors de la programmation d'un tel type d'entraînement. D'ailleurs, dès la première semaine un format d'entraînement par intervalles fut privilégié afin d'habituer les participantes aux changements de pente et de vitesse. D'autre part, il est intéressant de noter qu'aucun abandon n'est survenu et qu'aucune blessure ou d'événements indésirables n'ont été rapportés au cours des 8 semaines d'intervention. Il semble donc que le HIIT de faible volume soit une stratégie d'entraînement qui convienne aux femmes âgées inactives apparemment en santé.

De plus, contrairement à l'étude de Martinez et al. (2015), les réponses affectives du groupe HIIT et du groupe CONT étaient similaires dans notre étude. Ceci démontre que la réponse affective à l'exercice était similaire entre les types de programme d'entraînement. Néanmoins,

il est à noter que les participants du groupe CONT ne pouvaient pas essayer le programme de HIIT de faible volume lorsqu'ils ont été randomisés dans le groupe CONT et vice versa. Par conséquent, nos participantes n'ont pas pu comparer les deux types d'entraînement comparativement à ce qui a été fait dans l'étude de Martinez et al. (2015). Il est donc impossible d'établir si une préférence était observée. Cependant, les réponses affectives dans les deux groupes étaient aussi élevées que celle rapportée par le groupe HIIT de l'étude de Martinez et al. (2015), suggérant que le HIIT de faible volume procure une réponse affective positive. Contrairement à notre hypothèse de départ, nous n'avons pas observé de différence entre les groupes HIIT et CONT. De plus, dans notre laboratoire la mesure de la réponse affective était faite avant et après chaque entraînement comparativement à l'étude Jung et al. (2014) qui a mesuré cette variable pendant l'entraînement. Etant donné les divergences quant à la mesure de la réponse affective, il est donc difficile d'affirmer que celle-ci, associée au HIIT soit plus grande que celle associée aux recommandations en matière d'exercice aérobic (CONT) et que ceci pourrait favoriser une adhérence plus élevée à l'exercice à long terme. Néanmoins, ces résultats démontrent clairement que le HIIT de faible volume est faisable et qu'il représente donc une stratégie qui peut être réalisée avec les femmes âgées ayant une obésité abdominale et désirant améliorer leur santé, pour autant qu'une augmentation progressive de l'intensité de l'entraînement soit planifiée.

- Composition corporelle

D'après la littérature scientifique disponible chez les adultes obèses et en surpoids (Boudou et al., 2003 ; Madsen et al., 2015), notre première hypothèse était que 8 semaines de HIIT de faible volume serait suffisant pour induire une perte de masse grasse abdominale, ce qui pourrait avoir un impact favorable sur le profil métabolique et le risque de maladies chroniques chez des personnes âgées (Amarya et al., 2014). Cependant, nos résultats ont montré que 8 semaines de HIIT de faible volume ou d'entraînement qui respecte les recommandations en matière d'exercice aérobic (CONT ; 150 min/semaine), ne sont pas suffisantes pour améliorer la composition corporelle chez des femmes âgées présentant une obésité abdominale. Bien que certaines études aient montré l'impact positif du HIIT de faible volume après seulement quelques semaines (Madsen et al., 2015 ; Wallman et al., 2009), il a été suggéré qu'une durée d'intervention d'au moins 12 semaines était nécessaire pour induire des changements de composition corporelle chez des personnes en surpoids et/ou obèses (Kessler et al., 2012). De plus, les études qui se sont intéressées à examiner l'effet de 8 semaines ou moins de HIIT, ont été réalisées chez une population plus jeune (Wallman et al., 2009). Il est possible d'émettre

l'hypothèse qu'une capacité aérobie maximale plus élevée permet aux personnes plus jeunes de dépenser plus d'énergie lors de la pratique d'exercice de type HIIT que des femmes âgées physiquement inactives qui ont une capacité aérobie réduite. Ceci permettrait d'induire une dépense énergétique liée à l'exercice plus importante ce qui pourrait favoriser l'atteinte d'une balance énergétique négative et donc une perte de masse grasse. En effet, les participantes de notre étude dépensaient en moyenne seulement 375 kcal/semaine (125 ± 18 kcal/session d'exercice 3 fois/semaine) dans le groupe HIIT et 831 kcal/semaine (277 ± 67 kcal/session d'exercice) dans le groupe CONT. Il apparaît donc que chez les femmes âgées inactives qui ont une capacité aérobie maximale limitée, la dépense énergétique induite par l'exercice n'est peut-être pas assez importante pour créer une balance énergétique négative. Par conséquent, on peut supposer que la perte de masse grasse serait plus facile chez les personnes plus jeunes en surpoids que chez les personnes âgées en raison d'une capacité aérobie plus élevée. Afin de confirmer cette hypothèse, il serait opportun de réaliser une étude qui compare les effets du HIIT de faible volume chez des personnes jeunes et âgées pairées pour leur composition corporelle et leur capacité aérobie maximale. Dans ce contexte, un programme d'entraînement plus long permettrait probablement d'améliorer la capacité aérobie et par la suite, réduire la masse grasse.

- Profil cardiométabolique

Malgré l'absence de perte de masse grasse, toutes les femmes ont amélioré leur profil lipidique après l'intervention. En effet, les taux plasmatiques de cholestérol total, de LDL-C et de non-HDL-C ont diminué chez toutes les femmes, indépendamment de la modalité d'exercice. Ces observations sont en accord avec une revue systématique démontrant que de modestes changements de comportement, y compris une augmentation de l'activité physique, sont associés à un profil métabolique amélioré indépendamment du changement de poids (Ross et al., 2009). Ces résultats sont particulièrement intéressants car l'obésité abdominale et le vieillissement sont associés à un profil athérogène susceptible d'augmenter le risque de maladie cardiovasculaire (Mondon et al., 1984). Encore aujourd'hui, même si les niveaux de LDL-C demeurent la principale cible du traitement de la dyslipidémie (The National Cholesterol Education Program, 2001), il est maintenant suggéré que les taux de non-HDL-C (= cholestérol total - HDL-C) reflètent mieux le risque de maladie cardiovasculaire que les LDL-C seuls (Cui et al., 2001 ; Lamarche et al. 1997). Bien que le LDL-C soit compris dans le non-HDL-C, ce dernier réfère à la teneur en cholestérol de toutes les lipoprotéines athérogènes (Virani, 2011) et peut aider à identifier un sous-ensemble de personnes présentant des taux élevés de LDL, de

concentrations d'Apo B et de petites particules denses de LDL (Ballantyne et al., 2001) susceptibles de contribuer au développement d'une maladie coronarienne (Arsenault et al., 2007). Néanmoins, il faut noter que dans notre étude la diminution des taux de non-HDL-C sont entièrement due à la diminution des taux de LDL-C. En effet, bien que la diminution relative soit différente, le changement absolu démontre que la diminution des concentrations plasmatiques de LDL-C et non-HDL-C sont identiques (-0,29 mmol/L). Nous pouvons donc conclure que 8 semaines de HIIT de faible volume ou d'entraînement respectant les recommandations (CONT) permettent une amélioration du profil lipidique via une diminution du LDL-C et donc, du non-HDL-C.

La réduction du score de risque de Framingham combiné avec l'amélioration du profil lipidique dans notre étude suggèrent que 8 semaines d'entraînement, que ce soit du HIIT de faible volume ou du CONT, sont suffisantes pour réduire le risque de maladie cardiovasculaire chez des femmes âgées présentant une obésité abdominale et apparemment en santé. Des études antérieures ont montré que 8 semaines de HIIT étaient suffisantes pour améliorer le profil lipidique sans modification de la composition corporelle chez de jeunes hommes (Musa et al., 2009; Tsekouras et al., 2008). Cependant, alors que certains auteurs n'ont rapporté aucun bénéfice du HIIT par rapport au CONT pour le cholestérol total chez des adultes en surpoids ou obèses (Moreira et al., 2008; Nybo et al., 2010), d'autres ont observé un impact similaire chez des femmes en surpoids d'âge moyen en santé (Di Blasio et al., 2014). Les différences dans le volume d'entraînement et le manque de contrôle de la dépense énergétique induite par l'exercice peuvent expliquer cette différence puisque la plupart des études ont comparé le HIIT et le CONT en fonction de la durée de ces deux modalités d'entraînement (Kessler et al. 2012). Il est néanmoins évident que pour maintenir les bénéfices sur le plan du risque cardiovasculaire, il demeure essentiel de maintenir un niveau d'activité physique suffisant, soit 75 min/semaine d'exercice vigoureux ou 150 min/semaine d'exercice d'intensité modérée tel que suggérée par l'ACSM.

Enfin, comme nos résultats démontrent que le HIIT de faible volume est suffisant pour réduire les taux de non-HDL-C, il est possible de suggérer que l'intensité d'exercice est un facteur clé pour améliorer le profil lipidique lorsque l'entraînement est de courte durée comme celui réalisé lors de séance de type HIIT chez des femmes âgées ayant une obésité abdominale. Cette hypothèse est en accord avec des études antérieures qui suggèrent que l'intensité de l'entraînement est un élément important pour l'amélioration du profil lipidique en réponse à l'entraînement (Kraus et al., 2012; O'Donovan et al., 2015).

- Capacité fonctionnelle

La capacité fonctionnelle à l'effort et l'endurance musculaire des bras ont été améliorées de façon similaire en réponse aux deux modalités d'entraînement. Ces résultats démontrent que 8 semaines de HIIT de faible volume sont suffisantes pour améliorer la capacité fonctionnelle de manière équivalente aux recommandations en matière d'exercice aérobie chez des femmes âgées inactives. En effet, le HIIT a conduit aux mêmes améliorations de la capacité fonctionnelle à l'effort que le CONT pour la moitié du temps (HIIT : 75 min/semaine vs CONT : 150 min/semaine). Bien que la validité écologique d'un programme de HIIT qui durerait 150 min/semaine serait faible chez les personnes âgées inactives, nous pourrions émettre l'hypothèse qu'à même durée (150 min/semaine), le programme de HIIT réalisé dans cette étude pourrait surpasser les effets d'un programme d'entraînement continu d'intensité modérée. Néanmoins, pour une même durée d'entraînement (8 semaines de 150 min/semaine de HIIT et de CONT), Jaureguizar et al. (2016) n'observent pas une amélioration de la capacité fonctionnelle à l'effort (évaluée avec le test de marche de 6 minutes) plus importante avec le HIIT chez des hommes plus âgés souffrant d'une maladie coronarienne. Il est donc possible que le HIIT de faible volume ne soit qu'une stratégie qui permette d'atteindre les améliorations de la capacité fonctionnelle avec un investissement de temps réduit comparativement aux recommandations actuelles.

Ce résultat démontre que le HIIT de faible volume est donc une stratégie efficace qui pourrait être utilisé avec des femmes âgées ayant besoin d'améliorer leur capacité fonctionnelle. En effet, une capacité fonctionnelle augmentée a un impact positif sur la capacité à effectuer des activités de la vie quotidienne et permet de prévenir ou retarder la dépendance physique chez les personnes âgées (Fleg, 2012).

CONCLUSION

L'objectif de cette étude et mémoire était de déterminer la faisabilité d'un programme de 8 semaines de HIIT de faible volume chez les femmes âgées inactives ayant une obésité abdominale et de comparer celui-ci aux recommandations actuelles en matière d'exercice (150 min/semaine d'exercice aérobie d'intensité modérée; CONT) sur la masse grasse, le profil métabolique et la capacité fonctionnelle. Les résultats de cette étude pilote démontrent que le HIIT de faible volume peut être utilisée chez les femmes âgées puisqu'il procure une réponse affective élevée en plus d'induire un taux de complétion équivalent à celui observée en réponse aux recommandations actuelles. D'autre part, 8 semaines de HIIT permettent d'améliorer le profil lipidique, le risque cardiovasculaire sur 10 ans et la capacité fonctionnelle de manière similaire à l'entraînement continu d'intensité modérée, et ce pour un temps de pratique et une dépense énergétique réduit de moitié. Nous pouvons donc conclure que le HIIT de faible volume est une option d'entraînement qui devrait être considéré chez les femmes âgées puisqu'il représente une intervention qui maximise le temps investit dans l'entraînement.

PERSPECTIVES

Les résultats présentés dans ce mémoire sont le fruit d'une étude pilote réalisée avec 18 femmes, sans groupe témoin n'ayant pas fait d'exercice et estimant le risque cardiovasculaire. Il serait donc intéressant de réaliser une étude future avec un échantillon plus important permettant d'avoir la puissance statistique suffisante pour la mesure de certains facteurs de risque des maladies cardiovasculaires tel que le profil inflammatoire et la pression artérielle sur 24 heures.

De plus, des études futures devraient se pencher sur les éléments qui pourraient expliquer comment le HIIT, avec 50 % du temps et de la dépense énergétique, permet d'obtenir des améliorations similaires à celles obtenues en réalisant un programme d'entraînement qui suit les recommandations actuelles. En effet, il serait important d'évaluer si le HIIT de faible volume influence la pratique d'activité physique et les comportements sédentaires en dehors des séances d'entraînement de même que les habitudes alimentaires (p.ex. effets anorexigènes).

Enfin, les prochaines études qui visent les changements de composition corporelle devraient envisager une durée minimale de 12 semaines et s'intéresser à l'impact que la capacité aérobie peut avoir sur la capacité d'un individu à perdre de la masse grasse en réponse à un programme d'entraînement.

BIBLIOGRAPHIE

- Abd El-Kader S., Gari A., Salah El-Den A. (2013). Impact of moderate versus mild aerobic exercise training on inflammatory cytokines in obese type 2 diabetic patients: a randomized clinical trial. *Afr Health Sci*, 13(4), 857-863.
- Abdulnour J., Stacey D., Dionne, I. J., Brochu M., Doucet E., Prud'homme D. (2016). Vasomotor symptoms and cardiometabolic risk factors in menopausal women: a MONET Group study. *Climacteric*, 19(4), 381-386.
- Amarya S., Singh K., Sabharwal M. (2014). Health consequences of obesity in the elderly. *Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics*, 5(3), 63-67.
- Arad A. D., DiMenn, F. J., Thomas N., Tamis-Holland J., Weil R., Geliebter A., Albu J. B. (2015). High-intensity interval training without weight loss improves exercise but not basal or insulin-induced metabolism in overweight/obese African American women. *J Appl Physiol* (1985), 119(4), 352-362.
- Arsenault B. J., Lemieux I., Despres J. P., Wareha, N. J., Luben R., Kastelein J. J., . . . Boekholdt S. M. (2007). Cholesterol levels in small LDL particles predict the risk of coronary heart disease in the EPIC-Norfolk prospective population study. *Eur Heart J*, 28(22), 2770-2777.
- Asikainen T. M., Miilunpalo S., Oja P., Rinne M., Pasanen, M., Uusi-Rasi K., Vuori, I. (2002). Randomised, controlled walking trials in postmenopausal women: the minimum dose to improve aerobic fitness? *Br J Sports Med*, 36(3), 189-194.
- Ballantyne C. M., Andrews T. C., Hsia J. A., Kramer J. H., Shear C., Efficacy, A., Safety, S. (2001). Correlation of non-high-density lipoprotein cholesterol with apolipoprotein B: effect of 5 hydroxymethylglutaryl coenzyme A reductase inhibitors on non-high-density lipoprotein cholesterol levels. *Am J Cardiol*, 88(3), 265-269.
- Barrett-Connor E. (1993). Epidemiology and the menopause: a global overview. *Int J Fertil Menopausal Stud*, 38 (1), 6-14.

- Bays H. (2005). Adiposopathy, metabolic syndrome, quantum physics, general relativity, chaos and the Theory of Everything. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 3(3), 393-404.
- Beavers K. M., Lyles M. F., Davis C. C., Wang X., Beavers D. P., Nicklas, B. J. (2011). Is lost lean mass from intentional weight loss recovered during weight regain in postmenopausal women? *Am J Clin Nutr*, 94(3), 767-774.
- Blakemore A. I., Froguel P. (2008). Is obesity our genetic legacy? *J Clin Endocrinol Metab*, 93(1), 51-56.
- Bocalini D. S., dos Santos L., Serra A. J. (2008). Physical exercise improves the functional capacity and quality of life in patients with heart failure. *Clinics (Sao Paulo)*, 63(4), 437-442.
- Boudou P., Sobngwi E., Mauvais-Jarvis F., Vexia, P., Gautier, J. F. (2003). Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men. *Eur J Endocrinol*, 149(5), 421-424.
- Bowen, M. E. (2012). The relationship between body weight, frailty, and the disablement process. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 67(5), 618-626.
- Brady C. W. (2015). Liver disease in menopause. *World J Gastroenterol*, 21(25), 7613-7620.
- Agence de la santé publique du Canada. (2007). Analyse de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de 2007-2008, Statistique Canada.
- Gouvernement du Canada. (2012). Répercussions économiques et budgétaires du vieillissement de la population canadienne.
- Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada (2014). Ongoing Management of Menopausal Women and Those With Special Considerations. 36 (2) 51-58.
- Santé Canada (2003). Lignes directrices canadiennes pour la classification du poids chez les adultes - Guide de référence rapide à l'intention des professionnels.

- Statistique Canada (2014). Projections démographiques pour le Canada, les provinces et les territoires, 2013 à 2063.
- Choquette S., Bouchard D. R., Doyon C. Y., Senechal M., Brochu M., Dionne I. J. (2010). Relative strength as a determinant of mobility in elders 67-84 years of age. a nuage study: nutrition as a determinant of successful aging. *J Nutr Health Aging*, 14(3), 190-195.
- Coker R. H., Williams R. H., Kortebein P. M., Sullivan D. H., Evans, W. J. (2009). Influence of exercise intensity on abdominal fat and adiponectin in elderly adults. *Metab Syndr Relat Disord*, 7(4), 363-368.
- Cui Y., Blumenthal R. S., Flaws J. A., Whiteman M. K., Langenberg P., Bachorik P. S., Bush T. L. (2001). Non-high-density lipoprotein cholesterol level as a predictor of cardiovascular disease mortality. *Arch Intern Med*, 161(11), 1413-1419.
- Darmon P. (2013). Intentional weight loss in older adults: useful or wasting disease generating strategy? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 16(3), 284-289.
- Di Blasio A., Izzicupo P., D'Angelo E., Melanzi S., Bucci I., Gallina S., . . . Napolitano G. (2014). Effects of patterns of walking training on metabolic health of untrained postmenopausal women. *J Aging Phys Act*, 22(4), 482-489.
- DiPietro L., Dziura J., Yeckel C. W., Neuffer, P. D. (2006). Exercise and improved insulin sensitivity in older women: evidence of the enduring benefits of higher intensity training. *J Appl Physiol (1985)*, 100(1), 142-149.
- Dube M. C., Lemieux S., Piche M. E., Corneau L., Bergeron J., Riou M. E., Weisnagel, S. J. (2011). The contribution of visceral adiposity and mid-thigh fat-rich muscle to the metabolic profile in postmenopausal women. *Obesity (Silver Spring)*, 19(5), 953-959.
- Enquête sur la Santé dans les Collectivités Canadiennes, (2008). Analyse de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de 2007-2008, Statistique Canada.

Enquête sur la Santé dans les Collectivités Canadiennes, (2009). Enquête canadienne sur les mesures de la santé de 2007-2009, Statistique Canada.

Expert Panel on Detection, Evaluation Treatment of High Blood Cholesterol in, Adults (2001). Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA*, 285(19), 2486-2497.

Fex A., Leduc-Gaudet J. P., Filion M. E., Karelis A. D., Aubertin-Leheudre, M. (2015). Effect of Elliptical High Intensity Interval Training on Metabolic Risk Factor in Pre- and Type 2 Diabetes Patients: A Pilot Study. *J Phys Act Health*, 12(7), 942-946.

Fleg J. L. (2012). Aerobic exercise in the elderly: a key to successful aging. *Discov Med*, 13(70), 223-228.

Frank L. L., Sorensen B. E., Yasui Y., Tworoger S. S., Schwartz R. S., Ulrich C. M., . . . McTiernan, A. (2005). Effects of exercise on metabolic risk variables in overweight postmenopausal women: a randomized clinical trial. *Obes Res*, 13(3), 615-625.

Garber C. E., Blissmer B., Deschenes M. R., Franklin B. A., Lamonte M. J., Lee I. M., . . . American College of Sports, M. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 43(7), 1334-1359.

Gibala M. J., Little J. P., Macdonald M. J., Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*, 590(5), 1077-1084.

Greendale G. A., Lee N. P., Arriola, E. R. (1999). The menopause. *Lancet*, 353(9152), 571-580.

Grundy S. M., Brewer H. B., Jr., Cleeman J. I., Smith S. C., Lenfant C., American Heart A., . . . Blood, I. (2004). Definition of metabolic syndrome: Report of the National Heart,

- Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition. *Circulation*, 109(3), 433-438.
- Guo S. S., Zeller C., Chumlea W. C., Siervogel R. M. (1999). Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *Am J Clin Nutr*, 70(3), 405-411.
- Hamed N. S., Abdel Raouf N. A. (2014). Effect of high intensity interval training on diabetic obese women with polyneuropathy: a randomized controlled clinical trial. *Physical Therapy and Rehabilitation*, 1, 1-4.
- Hardy C. J., Rejeski W. J. (1989). Not what, but how one feels: The measurement of affect during exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(3), 304-317.
- Harlow S. D., Gass M., Hall J. E., Lobo R., Maki P., Rebar R. W., . . . de Villiers T. J. (2012). Executive summary of the Stages of Reproductive Aging Workshop + 10: addressing the unfinished agenda of staging reproductive aging. *J Clin Endocrinol Metab*, 97(4), 1159-1168.
- Henrique D. M., Reboredo M., Chaoubah A., Paula R. B. (2010). [Aerobic exercise improves physical capacity in patients under chronic hemodialysis]. *Arq Bras Cardiol*, 94(6), 823-828.
- Hernandez-Ono A., Monter-Carreola G., Zamora-Gonzalez J., Cardoso-Saldana G., Posadas-Sanchez R., Torres-Tamayo M., Posadas-Romero, C. (2002). Association of visceral fat with coronary risk factors in a population-based sample of postmenopausal women. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26(1), 33-39.
- Hills A. P., Mokhtar N., Byrne N. M. (2014). Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. *Front Nutr*, 1, 5.
- Horstman A. M., Dillon E. L., Urban R. J., Sheffield-Moore, M. (2012). The role of androgens and estrogens on healthy aging and longevity. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67(11), 1140-1152.

- Irving B. A., Davis C. K., Brock D. W., Weltman J. Y., Swift D., Barrett E. J., . . . Weltman A. (2008). Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Med Sci Sports Exerc*, 40(11), 1863-1872.
- Irwin M. L., Yasui Y., Ulrich C. M., Bowen D., Rudolph R. E., Schwartz R. S., . . . McTiernan A. (2003). Effect of exercise on total and intra-abdominal body fat in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *JAMA*, 289(3), 323-330.
- Janssen I., Ross R. (2012). Vigorous intensity physical activity is related to the metabolic syndrome independent of the physical activity dose. *Int J Epidemiol*, 41(4), 1132-1140.
- Jaureguizar K. V., Vicente-Campos D., Bautista L. R., de la Pena C. H., Gomez M. J., Rueda M. J., Fernandez Mahillo I. (2016). Effect of High-Intensity Interval Versus Continuous Exercise Training on Functional Capacity and Quality of Life in Patients With Coronary Artery Disease: A RANDOMIZED CLINICAL TRIAL. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 36(2), 96-105.
- Jensen M. D. (2008). Role of body fat distribution and the metabolic complications of obesity. *J Clin Endocrinol Metab*, 93(11), 57-63.
- Jones C. J., Rikli R. E., Beam W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport*, 70(2), 113-119.
- Jung M. E., Bourne J. E., Little J. P. (2014). Where does HIT fit? An examination of the affective response to high-intensity intervals in comparison to continuous moderate- and continuous vigorous-intensity exercise in the exercise intensity-affect continuum. *PLoS One*, 9(12), e114541.
- Kaminsky, L. A., & Whaley, M. H. (1998). Evaluation of a new standardized ramp protocol: the BSU/Bruce Ramp protocol. *J Cardiopulm Rehabil*, 18(6), 438-444.
- Kaul S., Rothney M. P., Peters D. M., Wacker W. K., Davis C. E., Shapiro M. D., Ergun, D. L. (2012). Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat. *Obesity (Silver Spring)*, 20(6), 1313-1318.

- Kenchaiah S., Evans J. C., Levy D., Wilson P. W., Benjamin E. J., Larson M. G., . . . Vasan R. S. (2002). Obesity and the risk of heart failure. *N Engl J Med*, 347(5), 305-313.
- Kessler H. S., Sisson S. B., Short K. R. (2012). The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med*, 42(6), 489-509.
- Kim M. K., A. C. W., Nam J. S., Kang S., Park J. S., Kim K. R. (2015). Association between non-alcoholic fatty liver disease and coronary artery calcification in postmenopausal women. *Menopause*.
- Kraus W. E., Houmard J. A., Duscha B. D., Knetzger K. J., Wharton M. B., McCartney, J. S., . . . Slentz C. A. (2002). Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med*, 347(19), 1483-1492.
- Kuk J. L., Saunders T. J., Davidson L. E., Ross R. (2009). Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing Res Rev*, 8(4), 339-348.
- Kuller L. H., Meilahn E. N., Cauley J. A., Gutai J. P., Matthews, K. A. (1994). Epidemiologic studies of menopause: changes in risk factors and disease. *Exp Gerontol*, 29(3-4), 495-509.
- Société Canadienne de Physiologie de l'Exercice (2011). Directives canadiennes en matière d'activité physique.
- Lamarche B., Tchernof A., Moorjani S., Cantin B., Dagenais G. R., Lupien P. J., Despres, J. P. (1997). Small, dense low-density lipoprotein particles as a predictor of the risk of ischemic heart disease in men. Prospective results from the Quebec Cardiovascular Study. *Circulation*, 95(1), 69-75.
- Lean M. E. (2000). Pathophysiology of obesity. *Proc Nutr Soc*, 59(3), 331-336.
- Lean M. E., Katsarou C., McLoone P., Morrison D. S. (2013). Changes in BMI and waist circumference in Scottish adults: use of repeated cross-sectional surveys to explore multiple age groups and birth-cohorts. *Int J Obes (Lond)*, 37(6), 800-808.

- Lee C. G., Carr M. C., Murdoch S. J., Mitchell E., Woods N. F., Wener M. H., . . . Brunzell J. D. (2009). Adipokines, inflammation, and visceral adiposity across the menopausal transition: a prospective study. *J Clin Endocrinol Metab*, *94*(4), 1104-1110.
- Lemmink K. A., Han K., de Greef M. H., Rispens P., Stevens M. (2001). Reliability of the Groningen fitness test for the elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, *9*(2), 194-212.
- Lovejoy J. C. (2003). The menopause and obesity. *Prim Care*, *30*(2), 317-325.
- Luhrmann P. M., Herbert B. M., Gaster C., Neuhauser-Berthold M. (1999). Validation of a self-administered 3-day estimated dietary record for use in the elderly. *Eur J Nutr*, *38*(5), 235-240.
- Macera C. A., Hootman J. M., Sniezek, J. E. (2003). Major public health benefits of physical activity. *Arthritis Rheum*, *49*(1), 122-128.
- Madsen S. M., Thorup A. C., Overgaard K., Jeppesen P. B. (2015). High Intensity Interval Training Improves Glycaemic Control and Pancreatic beta Cell Function of Type 2 Diabetes Patients. *PLoS One*, *10*(8), e0133286.
- Martinez N., Kilpatrick M. W., Salomon K., Jung M. E., Little, J. P. (2015). Affective and Enjoyment Responses to High-Intensity Interval Training in Overweight-to-Obese and Insufficiently Active Adults. *J Sport Exerc Psychol*, *37*(2), 138-149.
- Mason C., Xiao L., Imayama I., Duggan C. R., Foster-Schubert K. E., Kong A., . . . McTiernan A. (2013). Influence of diet, exercise, and serum vitamin d on sarcopenia in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc*, *45*(4), 607-614.
- Mason C., Xiao L., Imayama I., Duggan C. R., Foster-Schubert K. E., Kong A., . . . McTiernan A. (2013). Influence of diet, exercise, and serum vitamin on sarcopenia in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc*, *45*(4), 607-614.
- Mathus-Vliegen E. M. (2012). Obesity and the elderly. *J Clin Gastroenterol*, *46*(7), 533-544.

- Mitranun W., Deerochanawong C., Tanaka H., Suksom D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports*, 24(2), 69-76.
- Mondon C. E., Dolkas C. B., Tobey T., Reaven G. M. (1984). Causes of the triglyceride-lowering effect of exercise training in rats. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 57(5), 1466-1471.
- Moreira M. M., Souza H. P., Schwingel P. A., Sa C. K., Zoppi C. C. (2008). Effects of aerobic and anaerobic exercise on cardiac risk variables in overweight adults. *Arq Bras Cardiol*, 91(4), 200-206.
- Mourier A., Gautier J. F., De Kerviler E., Bigard A. X., Villette J. M., Garnier J. P., . . . Cathelineau G. (1997). Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements. *Diabetes Care*, 20(3), 385-391.
- Musa D. I., Adeniran S. A., Dikko A. U., Sayers S. P. (2009). The effect of a high-intensity interval training program on high-density lipoprotein cholesterol in young men. *J Strength Cond Res*, 23(2), 587-592.
- Myette-Cote E., Archambault-Therrien C., Brochu M., Dionne I. J., Riesco E. (2016). Physical fitness improvement in overweight postmenopausal women who do not lose fat mass in response to exercise training. *Menopause*, 23(10), 1122-1129.
- Nelson H. D. (2008). Menopause. *Lancet*, 371(9614), 760-770.
- Nybo L., Sundstrup E., Jakobsen M. D., Mohr M., Hornstrup T., Simonsen L., . . . Krstrup P. (2010). High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. *Med Sci Sports Exerc*, 42(10), 1951-1958.
- O'Donovan G., Owen A., Bird S. R., Kearney E. M., Nevill A. M., Jones D. W., Woolf-May K. (2005). Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost. *J Appl Physiol (1985)*, 98(5), 1619-1625.

- Oja P., Titze S. (2011). Physical activity recommendations for public health: development and policy context. *EPMA J*, 2(3), 253-259.
- Panotopoulos G., Ruiz J. C., Raison J., Guy-Grand B., Basdevant A. (1996). Menopause, fat and lean distribution in obese women. *Maturitas*, 25(1), 11-19.
- Paschos P., Paletas K. (2009). Non alcoholic fatty liver disease and metabolic syndrome. *Hippokratia*, 13(1), 9-19.
- Pencina M. J., D'Agostino R. B., Larson, M. G., Massaro, J. M., Vasan R. S. (2009). Predicting the 30-year risk of cardiovascular disease: the framingham heart study. *Circulation*, 119(24), 3078-3084.
- Podsiadlo D., Richardson S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 39(2), 142-148.
- Pruchnic R., Katsiaras A., He J., Kelley D. E., Winters C., Goodpaster B. H. (2004). Exercise training increases intramyocellular lipid and oxidative capacity in older adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 287(5), 857-862.
- Tal B. and Mendes R. (2017). Aidants et soucis : Considérations économiques entourant les soins aux parents vieillissants.
- Riesco E., Roussel M., Lemoine S., Garnier S., Sanguignol F., Mauriègeab P. (2008). What is the influence of menopausal status on metabolic profile, eating behaviors, and perceived health of obese women after weight reduction? *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(5), 957-965.
- Rikli R. E., Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 53(2), 255-267.

- Rillamas-Sun E., LaCroix A. Z., Waring M. E., Kroenke C. H., LaMonte M. J., Vitolins M. Z., . . . Wallace R. B. (2014). Obesity and late-age survival without major disease or disability in older women. *JAMA Intern Med*, *174*(1), 98-106.
- Rodrigues M. H., Bruno A. S., Nahas-Neto J., Santos M. E., Nahas E. A. (2014). Nonalcoholic fatty liver disease and metabolic syndrome in postmenopausal women. *Gynecol Endocrinol*, *30*(5), 325-329.
- Ross R., Bradshaw A. J. (2009). The future of obesity reduction: beyond weight loss. *Nat Rev Endocrinol*, *5*(6), 319-325.
- Ryan A. S., Nicklas B. J., Berman D. M. (2006). Aerobic exercise is necessary to improve glucose utilization with moderate weight loss in women. *Obesity (Silver Spring)*, *14*(6), 1064-1072.
- Rye J. A., Rye S. L., Tessaro I., Coffindaffer J. (2009). Perceived barriers to physical activity according to stage of change and body mass index in the west virginia wisewoman population. *Womens Health Issues*, *19*(2), 126-134.
- Organisation Mondiale de la Santé (2013). Obésité et surpoids.
- Organisation Mondiale de la Santé (2014). Vieillesse et qualité de la vie.
- Sculthorpe N. F., Herbert P., Grace F. (2017). One session of high-intensity interval training (HIIT) every 5 days, improves muscle power but not static balance in lifelong sedentary ageing men: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*, *96*(6), e6040.
- Smith-Ryan A. E., Melvin M. N., Wingfield H. L. (2015). High-intensity interval training: Modulating interval duration in overweight/obese men. *Phys Sportsmed*, *43*(2), 107-113.
- Soules M. R., Sherman S., Parrott E., Rebar R., Santoro N., Utian W., Woods N. (2001). Executive summary: Stages of Reproductive Aging Workshop (STRAW). *Climacteric*, *4*(4), 267-272.

- Sun F., Norman I. J., While A. E. (2013). Physical activity in older people: a systematic review. *BMC Public Health*, 13, 449.
- Canadian Health Measures Survey. (2013). Proportion of adults, aged 18 to 79 meeting the Canadian Physical Activity Guidelines, by age group and sex, Statistics Canada, 2012 and 2013.
- Svendsen O. L., Hassager C., Christiansen C. (1995). Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Metabolism*, 44(3), 369-373.
- Taurelle R., Tamborini A. (1997). La ménopause. *Elsevier Masson*
- Terada T., Friesen A., Chahal B. S., Bell G. J., McCargar L. J., Boule N. G. (2013). Feasibility and preliminary efficacy of high intensity interval training in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*, 99(2), 120-129.
- Thompson P. D., Arena R., Riebe D., Pescatello L. S., American College of Sports Medicine (2013). ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep*, 12(4), 215-217.
- Tichet J., V. S. (2005). Fréquence du syndrome métabolique et de ses anomalies selon les définitions du NCEP-ATP III, de l'IDF et de l'AHA/NHLBI chez 19126 hommes et 18874 femmes âgées de 20 à 74 ans de 2002 à 2004. *Diabetes Care*, 28, 1769-1778.
- Tiidus P. M. (1995). Can estrogens diminish exercise induced muscle damage? *Can J Appl Physiol*, 20(1), 26-38.
- Toth M. J., Tchernof A., Sites C. K., Poehlman E. T. (2000). Effect of menopausal status on body composition and abdominal fat distribution. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24(2), 226-231.

- Toth, M. J., Tchernof, A., Sites, C. K., Poehlman, E. T. (2000). Menopause-related changes in body fat distribution. *Ann N Y Acad Sci*, 904, 502-506.
- Tremblay A., Simoneau J. A., Bouchard C. (1994). Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism*, 43(7), 814-818.
- Tremblay M. S., Warburton E. R., Janssen I., Paterson H., Latimer E., Rhodes E., . . . Duggan M. (2011). Nouvelles Directives canadiennes en matière d'activité physique. *Apple. Physiology. Nut. Metal*, 36, 47-58.
- Tsekouras Y. E., Magkos F., Kellas Y., Basioukas K. N., Kavouras S. A., Sidossis L. S. (2008). High-intensity interval aerobic training reduces hepatic very low-density lipoprotein-triglyceride secretion rate in men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 295(4), 851-858.
- Turcato E., Bosello O., Di Francesco V., Harris T. B., Zoico E., Bissoli L., . . . Zamboni M. (2000). Waist circumference and abdominal sagittal diameter as surrogates of body fat distribution in the elderly: their relation with cardiovascular risk factors. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24(8), 1005-1010.
- Twells L. K., Gregory D. M., Reddigan J., Midodzi W. K. (2014). Current and predicted prevalence of obesity in Canada: a trend analysis. *CMAJ Open*, 2(1), 18-26.
- Ulbrich A. Z., Angarten V. G., Netto A. S., Sties S. W., Bündchen D. C., de Mara L., . . . de Carvalho T. (2016). Comparative effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on quality of life in patients with heart failure: Study protocol for a randomized controlled trial. *Clinical Trials and Regulatory Science in Cardiology*, 13, 1-36.
- Villareal D. T., Apovian C. M., Kushner R. F., Klein S., American Society for nutrition, NAASO, The Obesity Society (2005). Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Obes Res*, 13(11), 1849-1863.

- Vina J., Borras C., Gomez-Cabrera M. C., Orr W. C. (2006). Part of the series: from dietary antioxidants to regulators in cellular signalling and gene expression. Role of reactive oxygen species and (phyto)oestrogens in the modulation of adaptive response to stress. *Free Radic Res*, 40(2), 111-119.
- Virani S. S. (2011). Non-HDL cholesterol as a metric of good quality of care: opportunities and challenges. *Tex Heart Inst J*, 38(2), 160-162.
- Wallman K., Plant, L. A., Rakimov B., Maiorana A. J. (2009). The effects of two modes of exercise on aerobic fitness and fat mass in an overweight population. *Res Sports Med*, 17(3), 156-170.
- Wang R., Li X. N. (2017). [Different adipose tissue depots and metabolic syndrome in human]. *Sheng Li Xue Bao*, 69(3), 357-365.
- Washburn R. A., Ficker J. L. (1999). Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): the relationship with activity measured by a portable accelerometer. *J Sports Med Phys Fitness*, 39(4), 336-340.
- Washburn R. A., Smith K. W., Jette A. M., Janney C. A. (1993). The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *J Clin Epidemiol*, 46(2), 153-162.
- Wewege M., van den Berg R., Ward R. E., Keech A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*, 18(6), 635-646.
- Whyte L. J., Gill J. M., Cathcart, A. J. (2010). Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism*, 59(10), 1421-1428.
- Wich B. K., Carnes M. (1995). Menopause and the aging female reproductive system. *Endocrinol Metab Clin North Am*, 24(2), 273-295.

- Wing R. R., Lang W., Wadden T. A., Safford M., Knowler W. C., Bertoni A. G., . . . the Look AHEAD Research Group. (2011). Benefits of modest weight loss in improving cardiovascular risk factors in overweight and obese individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 34(7), 1481-1486.
- Witham M. D., Avenell A. (2010). Interventions to achieve long-term weight loss in obese older people: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*, 39(2), 176-184.
- W. H. O. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. *World Health Organization*, i-xii, 1-253.
- Woo J., Ho S. C., Yu A. L., Sham, A. (2002). Is waist circumference a useful measure in predicting health outcomes in the elderly? *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26(10), 1349-1355.
- Zamboni M., Armellini F., Harris T., Turcato E., Micciolo R., Bergamo-Andreis I. A., Bosello O. (1997). Effects of age on body fat distribution and cardiovascular risk factors in women. *Am J Clin Nutr*, 66(1), 111-115.
- Zamboni M., Armellini F., Milani M. P., De Marchi M., Todesco T., Robbi R., . . . Bosello O. (1992). Body fat distribution in pre- and post-menopausal women: metabolic and anthropometric variables and their inter-relationships. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 16(7), 495-504.
- Zimmet P., Alberti M. M., Serrano Rios M. (2005). [A new international diabetes federation worldwide definition of the metabolic syndrome: the rationale and the results]. *Rev Esp Cardiol*, 58(12), 1371-1376.
- Zoppini G., Targher G., Zamboni C., Venturi C., Cacciatori V., Moghetti P., Muggeo M. (2006). Effects of moderate-intensity exercise training on plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction in older patients with type 2 diabetes. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 16(8), 543-549.