

Université de Montréal

Détection des augmentations de 5 et de 10% de la dépense énergétique totale :
comparaison des estimations de deux accéléromètres

Par

Roseline Pompilus

Département de nutrition
Faculté de médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade
M.Sc. en nutrition

23 août 2011

© Roseline Pompilus, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :

Détection des augmentations de 5 et de 10% de la dépense énergétique totale :
comparaison des estimations de deux accéléromètres

Présenté par

Roseline Pompilus

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr Marielle Ledoux
Président-rapporteur

Dr Irène Strychar
Directeur de recherche

Dr Rémi Rabasa-Lhoret
Co-directeur de recherche

Dr Olivier Receveur
Membre du jury

RÉSUMÉ

L'obésité et la sédentarité sont considérées comme des problèmes importants de santé publique. L'augmentation de l'activité physique est une des stratégies recommandées pour obtenir un bilan énergétique positif dans les interventions de perte de poids. Deux accéléromètres, le Sensewear Armband (SWA) et l'Actical (ACT), sont des outils simples à utiliser en recherche clinique, mais à notre connaissance, aucune étude n'a évalué leur capacité à détecter des hausses de la dépense énergétique. De plus, très peu d'études, avec des résultats par ailleurs contradictoires, ont été effectuées afin de déterminer la fiabilité de ces accéléromètres pour la mesure de la dépense énergétique au repos et au cours d'une activité physique au vélo stationnaire. Ainsi, les objectifs de cette étude étaient: 1) évaluer, pendant 3 journées consécutives, la reproductibilité des valeurs de la dépense énergétique obtenues avec le SWA et l'ACT, au repos et au cours d'une activité physique de 45 minutes sur un vélo stationnaire, 2) déterminer la capacité de ces accéléromètres à détecter des hausses de 5% et 10 % de la dépense énergétique totale (DET) au moyen de la modification d'une activité physique au tapis roulant pendant 45 minutes. Cette étude transversale effectuée auprès de 20 sujets en santé, âgés de 20 à 32 ans et avec un IMC moyen de 23 kg/m², consistait en 5 visites à la clinique. Les 3 dernières visites, sous supervision directe pendant 10 heures, comportaient des activités programmées sur le vélo stationnaire et la marche sur tapis roulant pendant 45 minutes. Les résultats montrent que le SWA et l'ACT donnent des valeurs reproductibles pour estimer la dépense énergétique au repos et la dépense énergétique au vélo (corrélations intra classe, $p < 0,001$). Par contre, pour des hausses préétablies de la DET de 5% et 10%, les estimations respectives obtenues étaient de 1,4% et 7,8% avec le SWA et de 3,4% et 13,1% avec l'ACT. Le SWA sous-estime les hausses de 5% et de 10% et l'ACT sous-estime la hausse de 5% et surestime la hausse de 10% de la DET. Plus de recherches sont nécessaires avant de confirmer l'usage du SWA et de l'ACT dans l'estimation des hausses de la dépense énergétique totale.

MOTS-CLÉS : Dépense énergétique, activité physique, accéléromètres.

ABSTRACT

Obesity and physical inactivity are considered significant public health problems. Increasing physical activity is one strategy recommended to induce a positive energy balance in weight loss interventions. Two accelerometers, the Sensewear Armband (SWA) and Actical (ACT), are simple tools to use in research, but to our knowledge, no studies have assessed their capacity to detect increases in energy expenditure. Moreover, very few studies, and with conflicting results, have been conducted to determine the reliability of these accelerometers for the measurement of resting energy expenditure and physical activity energy expenditure on a stationary bicycle. Thus the objectives of this study were as follows : 1) evaluate, during 3 consecutive days, the reproducibility of values of energy expenditure obtained with the SWA and the ACT, at rest and during physical activity for 45 minutes on a stationary bicycle, 2) determine the capacity of these accelerometers to detect increases of 5% and 10% in total energy expenditure (TEE) obtained by modifying an activity on a treadmill for 45 minutes. This cross-sectional study conducted with 20 healthy subjects, aged 20-32 years with an average BMI of 23 kg/m², consisted of 5 visits to the clinic. The last 3 visits, under direct supervision for 10 hours, included programmed physical activities on a stationary bicycle and on a treadmill for 45 minutes. The results show that the SWA and the ACT provide values which are reproducible for estimating resting energy expenditure and physical activity energy expenditure on the stationary bicycle (intra-class correlations, $p < 0,001$). However, for pre-established increases in TEE of 5% and 10%, corresponding estimations obtained were 1.4% and 7.8% with the SWA and 3.4% and 13.1% with the ACT. The SWA underestimates increases of 5% and 10% and the ACT underestimates increases of 5% and overestimates increases of 10% of TEE. More research is needed before confirming the use of the SWA and the ACT in the estimation of increases in total energy expenditure.

KEY WORDS: Energy expenditure, physical activity, accelerometers.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT.....	iv
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS	ix
AVANT-PROPOS.....	xi
REMERCIEMENTS	xii
DÉDICACE	xiii
CHAPITRE I : INTRODUCTION.....	1
1.1 PROBLÈME DE L’OBÉSITÉ.....	1
1.2 OBÉSITÉ ET DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE.....	2
1.3 IMPORTANCE DE L’ACTIVITÉ PHYSIQUE DANS LE BILAN	4
ÉNERGÉTIQUE.....	4
CHAPITRE 2 : RECENSION DES ÉCRITS.....	7
2.1 COMPOSANTES DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE	7
2.1.1 Métabolisme basal ou la dépense énergétique de repos.....	7
2.1.2 Thermogenèse alimentaire et thermorégulation.....	8
2.1.3 Dépense énergétique liée à l’activité physique	9
2.2 MÉTHODES DE MESURE DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE	11
2.2.1 Calorimétrie directe	11
2.2.2 Calorimétrie indirecte	11
2.2.3 Méthode de l’eau doublement marquée	14
2.2.4 Méthode d’enregistrement cardiaque.....	15
2.2.5 Méthode des questionnaires d’activité physique	16
2.2.6 Méthodes des accéléromètres	18
2.2.6.1 Podomètre	18
2.2.6.2 Sensewear Armband	19
2.2.6.3 Actical	20
2.3 ÉTUDES FAITES AVEC LE SENSEWEAR ARMBAND	21

2.4 ÉTUDES FAITES AVEC L'ACTICAL.....	26
2.5 CONCLUSION.....	28
CHAPITRE 3 : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	29
3.1 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES	29
3.3 HYPOTHÈSES.....	29
CHAPITRE 4 : MÉTHODOLOGIE.....	30
4.1 POPULATION	30
4.2 DÉROULEMENT DES ACTIVITÉS DE L'ÉTUDE	31
4.3 DESCRIPTION DES MESURES.....	33
4.3.1 Mesures des accéléromètres.....	33
4.3.2 Mesures anthropométriques.....	33
4.3.3 Mesure de la composition corporelle.....	34
4.3.4 Mesure de la dépense énergétique	34
4.3.5 Mesure du VO2 pic.....	35
4.4 CALCUL DE LA TAILLE DE L'ÉCHANTILLON.....	35
4.5 ANALYSES STATISTIQUES.....	35
CHAPITRE 5 : RÉSULTATS	36
5.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIODÉMOGRAPHIQUES ET PHYSIQUES DES SUJETS.....	36
5.2 REPRODUCTIBILITÉ DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC LE SWA ET L'ACT POUR LA DER ET LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE AU VÉLO, AU COURS DE TROIS JOURNÉES CONSÉCUTIVES.....	37
5.3 DÉTECTION D'UNE AUGMENTATION DE LA DET.....	38
CHAPITRE 6 : DISCUSSION ET CONCLUSION	40
6.1 REPRODUCTIBILITÉ DES MESURES DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE AVEC LE SWA ET L'ACT	40
6.2 DÉTECTION D'UNE AUGMENTATION DE 5% ET DE 10% DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE PAR LE SWA ET L'ACT.....	42
6.3 FORCES ET LIMITES DE L'ÉTUDE.....	42
6.4 CONCLUSION.....	43
BIBLIOGRAPHIE.....	45
ANNEXES	xiv

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Résumé des activités au cours des visites	31
Tableau 2.	Horaire des activités réalisées au cours des visites 3 à 5	32
Tableau 3.	Caractéristiques physiques des participants (n=20)	36
Tableau 4.	Estimation de la DER (kcal) et de la DE (kcal) au vélo avec le SWA et l'ACT au cours de 3 journées consécutives	37
Tableau 5.	Estimation de la DET (kcal) et de la DE (kcal) au tapis roulant durant 3 journées consécutives avec le SWA et l'ACT.....	38
Tableau 6.	Augmentation, en pourcentage, de la DET et de la DE au tapis avec le SWA et l'ACT	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Mesure de la dépense énergétique au repos avec calorimétrie indirecte	12
Figure 2.	Mesure de la dépense énergétique à l'effort sur ergocycle avec calorimétrie indirecte	13
Figure 3.	Mesure de la dépense énergétique à l'effort au tapis avec calorimétrie indirecte	14
Figure 4.	Podomètre.....	18
Figure 5.	Sensewear Armband	19
Figure 6.	Actical	20

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACT :	«Actical™»
BIA :	Analyse bio impédance
BMR :	«Basal Metabolic Rate»
CAQ :	«Questionnaire College Alumnus»
DEAP :	Dépense énergétique liée à l'activité physique
DE :	Dépense énergétique
DER :	Dépense énergétique de repos
DET :	Dépense énergétique totale
DEXA :	«Dual Energy X Ray Absorptiometry»
DLW :	«Doubly Labeled Water»
EDM :	Eau doublement marquée ($^2\text{H}^{18}\text{O}$)
IAEA :	«International Atomic Energy Agency»
IMC :	Indice de masse corporelle
IRCM :	Institut de Recherches Cliniques de Montréal
MET :	« Metabolic equivalent tables»
mph :	Milles par heure
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
QR :	Quotient respiratoire
REE :	«Resting Energy Expenditure»
SWA :	«Sensewear Armband™»
TA :	Thermogenèse alimentaire

TEE :	«Total Energy Expenditure»
VO₂ :	Volume d'oxygène
VCO₂ :	Volume de gaz carbonique
VO₂max :	Consommation maximale d'oxygène
VO₂pic :	Consommation d'oxygène lors d'un exercice

AVANT-PROPOS

L'augmentation constante de la prévalence de l'obésité ainsi que du nombre de personnes physiquement inactives est considérée comme un problème de santé publique au niveau mondial. Le corps reflète l'identité, donc, les pratiques visant à l'embellir, le détendre, le revigorer se multiplient de nos jours. La recherche du bien-être et de la qualité de vie devient universelle car elle apparaît indispensable. Être « bien dans son corps et dans sa tête » est synonyme d'harmonie, de joie de vivre, de bonne santé mentale, et de tout ce que la vie mérite d'être vécue. La santé est définie selon l'OMS comme un « État complet de bien-être physique, mental et social », sans que la notion de « bien-être » ait été clairement définie. Dans les pays industrialisés, l'évolution du mode de vie s'accompagne d'un retrait progressif de la dépense d'énergie dans les activités professionnelles et de la vie courante. Si jadis le travail physique excessif a contribué à une sénescence prématurée de la population, aujourd'hui, l'accroissement du travail sédentaire tend à sevrer une majorité d'individus d'une stimulation physique nécessaire au bon équilibre et à la santé. L'épidémie d'obésité et l'accroissement de maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, sont souvent mis en relation avec ce phénomène. Cet état de fait interpelle les pouvoirs publics et en particulier les professionnels œuvrant dans les domaines de la santé et des sports, à agir pour le bien-être et la santé de la population par le développement de différentes stratégies de promotion de l'activité physique. « Bouger » est ainsi devenu un nouvel objectif de santé publique. S'il est communément admis que l'activité physique régulière est bonne pour la santé, notamment pour la prévention de certaines maladies chroniques ou pour contribuer à leur traitement, la relation entre activité physique ou sportive et santé est beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. En effet, cette relation dépend de plusieurs facteurs individuels tels que l'âge, le genre, l'état de santé, les déterminants psychosociaux mais également des caractéristiques de l'activité elle-même, son volume et sa fréquence au cours de la vie. Cependant, la dépense énergétique liée à l'activité physique, quoique difficile à mesurer, est une composante essentielle dans tout programme de contrôle de poids.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à rendre grâce à Dieu pour ses multiples bienfaits. Mes remerciements vont à la haute direction du Ministère de la Santé Publique et de la Population d'Haïti pour leur confiance placée en moi et l'opportunité qu'ils m'ont accordée de parfaire mes connaissances dans le domaine de la nutrition. Je suis très fière que l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (IAEA) m'ait permis de réaliser mon rêve fervent.

Dr Irène Strychar, mon directeur, je vous témoigne mon respect et mon admiration pour m'avoir accompagnée tout au long de la rédaction de ce mémoire par vos encouragements et conseils.

Dr Rémi Rabasa-Lhoret, mon co-directeur, vous avez ma gratitude pour m'avoir confié ce travail de recherche. Votre rigueur scientifique et votre exigence d'un travail bien exécuté m'ont conduit à l'accomplissement de mes activités de laboratoire.

Dr Joseline Francesca Marhôte Pierre, directrice du Programme National d'Alimentation et de Nutrition en Haïti, vous avez contribué largement à ma formation. J'admire vos qualités relationnelles et votre gentillesse.

Mes remerciements vont aussi à toute l'équipe de l'Institut de Recherches Cliniques de Montréal (IRCM) qui m'ont familiarisée aux différentes techniques de mesure de la dépense énergétique chez l'homme, en particulier à Virginie Messier, Annabelle Mathieu, Annie Tardif et Philippe Briand, ainsi qu'à Anne-Sophie Brazeau et Belinda Elisha, étudiantes au doctorat. Je remercie enfin mes amis et collègues du programme MSc Nutrition pour leur convivialité, Cheick papa Oumar Sangaré, Abdoulaye Ouedraogo, Dramane Mamadou Traoré.

Ce travail a été réalisé à l'IRCM, sous la direction scientifique du Dr Irène Strychar et du Dr Rémi Rabasa-Lhoret, avec le soutien financier de l'IAEA dans un programme de coopération technique avec le Ministère de la Santé Publique et de la Population. Il a aussi bénéficié de l'appui de l'IRCM pour les équipements et le financement.

DÉDICACE

A mon père « in memoriam »,

Tu es parti sans nous avertir. Je ne t'oublierai jamais papa. Que Dieu te réserve une bonne place parmi les meilleurs au paradis.

A ma mère,

Femme patiente, soucieuse et exemplaire, ce travail t'est dédié pour toutes les années de durs labeurs et de sacrifices consentis. Tu es tout ce qui me reste. Que Dieu te donne une santé robuste et te prolonge la vie pour que vous puissiez continuer à éclairer ma lanterne.

A mes frères et sœurs,

Votre soutien ne m'a jamais fait défaut dans les durs moments de la vie. Trouvez ici le témoignage de toute ma reconnaissance.

CHAPITRE I : INTRODUCTION

La sédentarité a été classée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme la première cause de mortalité par des maladies non transmissibles après les maladies infectieuses (1). Elle accentue toutes les causes de mortalité, double le risque de maladies cardiovasculaires, de diabète, d'obésité et augmente les risques de cancer du colon, d'hypertension artérielle, d'ostéoporose, de troubles lipidiques, de dépression et d'anxiété. Selon l'OMS, 60 à 85% de la population mondiale, dans les pays développés et en voie de développement, a un mode de vie sédentaire, ce qui en fait l'un des problèmes de santé publique les plus sérieux de notre ère (1). L'obésité nous servira de toile de fond dans ce projet pour introduire l'activité physique qui permet le maintien de la qualité de vie (2).

1.1 PROBLÈME DE L'OBÉSITÉ

L'obésité est considérée à l'heure actuelle comme un problème de santé publique au niveau mondial (3, 4) : cette pandémie affecte même les pays en voie de développement. Les statistiques sont effrayantes et l'OMS estime que 2,3 milliards d'adultes dans le monde sont en surpoids et plus de 700 millions seront obèses d'ici 2015 (5, 6). On estime que dans les pays développés, entre 10 et 30% des individus sont obèses (7).

Au Canada, la prévalence de l'obésité en 1985 était de 5,6% (8), tandis qu'en 2005, elle était de 24% atteignant plus de 5,5 millions d'adultes (9). La prévalence de l'obésité a augmenté dans tous les groupes d'âge, à l'exception de celui de 65 à 74 ans. Les hausses les plus notables ont été observées chez les personnes de moins de 35 ans et de plus de 75 ans (10). Cette forte augmentation est la résultante de plusieurs facteurs tels que les changements socio-environnementaux reliés à la surconsommation alimentaire et à la sédentarité (9). D'autre part, les tentatives d'amaigrissement sont souvent infructueuses (9), et des épisodes répétés de perte et de reprise de poids, en l'occurrence « fluctuations de poids », sont fréquents (11, 12).

L'obésité réduit la qualité de vie (13), augmente la morbidité (14) et entraîne des décès prématurés (15). L'obésité accroît le risque de nombreuses maladies chroniques dont l'hypertension, le diabète de type 2 (16, 17), les maladies de la vésicule biliaire (18, 19), les coronaropathies (20), l'arthrose (21) et les cancers de l'endomètre (22), du sein et du colon (9, 23-26). Elle entraîne aussi des troubles psychologiques tel le sentiment de rejet par autrui qui engendre souvent un isolement affectif (27, 28). Les complications associées à l'obésité se traduisent par une augmentation du taux de mortalité (27, 29). Un indice de masse corporelle élevé a été associé à une mortalité accrue due aux maladies cardiovasculaires et aux cancers, mais la relation précise entre l'indice de masse corporelle (IMC) et la mortalité, toutes causes confondues, demeure incertaine (30, 31).

Les coûts annuels engendrés par ces complications sont énormes (26, 29). Au Canada, le coût total direct des soins de santé reliés à l'obésité a été évalué à plus de 1,6 milliard de dollars en 2001, soit 2,2% des dépenses totales en soins de santé pour toutes les maladies (32). Pour faire face à cette pandémie en expansion, dans les pays industrialisés et les pays en voie de développement, des mesures préventives s'imposent.

1.2 OBÉSITÉ ET DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

Le surpoids et l'obésité se définissent comme une accumulation excessive de graisse corporelle. Un excès de masse grasse se constitue dans un contexte de bilan énergétique positif, lorsque l'énergie ingérée est supérieure à l'énergie dépensée (28). La mesure de la dépense énergétique totale (DET) est donc un élément important dans la problématique de l'obésité (33). Toutefois, l'évaluation précise de la dépense énergétique dans la vie courante est encore un défi. Différentes méthodes peuvent être utilisées à cet effet et sont décrites ci-dessous.

a) La calorimétrie directe consiste à mesurer la perte de chaleur chez l'individu en suivant le principe de l'équivalence entre production de chaleur et dépenses d'énergie (1 Calorie = augmentation de 1°C de 1 litre d'H₂O). La réalisation de la mesure nécessite une enceinte de taille réduite et hermétique, ce qui limite la durée tolérable des mesures. Le

peu d'équipements disponibles et le coût de la calorimétrie en font une méthode peu utilisée. Il est de plus très difficile de reproduire dans la chambre calorimétrique la complexité des activités dans lesquelles les sujets s'engagent dans la vie courante (34).

b) La calorimétrie indirecte (CI) permet d'estimer la production d'énergie à partir des échanges gazeux respiratoires : la consommation d'oxygène (VO_2) et la production de gaz carbonique (VCO_2) (35). Les techniques de CI que l'on peut considérer de « terrain » correspondent d'abord aux mesures dites en circuit ouvert utilisant un embout buccal, un masque ou un boîtier ventilé avec une quantité d'air constante pour l'analyse des échanges gazeux au repos ou à l'effort (36, 37). La mesure du débit d'air au travers du boîtier et des différences de concentration d' O_2 et de CO_2 à l'entrée et à la sortie du boîtier permet le calcul de la consommation d' O_2 et de la production du CO_2 . Quel que soit le substrat oxydé, la consommation de 1 litre d'oxygène correspond à la production de 4,8 Calories. Cette méthode permet aussi de déterminer l'utilisation des substrats énergétiques (i.e., glucides, lipides) à partir du quotient respiratoire (RQ) qui est le ratio du volume de gaz carbonique expiré sur le volume d'oxygène inspiré. Par exemple, le RQ pour les glucides est de 1 parce que le volume de CO_2 produit est égal au volume d' O_2 consommé.

c) La méthode de l'eau doublement marquée (EDM) peut être classée comme une méthode de CI, puisqu'elle repose sur la mesure de la production de CO_2 . La méthode de l'EDM est une méthode isotopique, utilisant les isotopes stables. La production de CO_2 est calculée à partir de la différence entre les cinétiques d'élimination du deutérium (^2H) et de l'oxygène 18 (^{18}O), tous deux apportés sous forme d'eau marquée : $^2\text{H}_2\text{O}$ (eau deutérée) et H_2^{18}O (eau enrichie en ^{18}O). Le deutérium de l'eau n'est éliminé que dans les urines alors que l'oxygène 18 marque également le pool de CO_2 du fait des échanges isotopiques par l'anhydrase carbonique. L'intégration des cinétiques isotopiques est réalisée généralement pendant 14 jours chez les adultes. La production de CO_2 calculée est donc la moyenne pour cette période. Une certaine stabilité de l'état métabolique est nécessaire pendant la période de mesure. La méthode de l'EDM est la seule qui permet de mesurer la DET en situation de vie habituelle. La précision des mesures est de 3 à 5% (38).

D'autres techniques dites méthodes alternatives peuvent aussi être utilisées pour mesurer la DET chez l'humain.

a) La méthode d'enregistrement cardiaque se fonde sur la relation étroite existant entre la fréquence cardiaque et la dépense énergétique pour des activités physiques d'intensité croissante. La relation entre la fréquence cardiaque (FC) et le volume d'oxygène (VO_2) consommé n'est pas linéaire, à cause de l'effet confondant du stress, de la température externe, des médicaments etc. Cette méthode ne permet pas d'identifier des activités spécifiques, mais permet de faire une estimation de la DET (39).

b) La méthode des accéléromètres portables permet de quantifier et d'enregistrer l'intensité des mouvements du corps sous forme d'accélérations (coups) selon deux ou trois axes (vertical, latéral et antéro-postérieur). La méthode permet d'estimer l'intensité de l'activité physique en fonction du temps et de mesurer la DET (40).

1.3 IMPORTANCE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE DANS LE BILAN ÉNERGÉTIQUE

Accroître l'activité physique est la seule manière d'augmenter la dépense énergétique sur laquelle on peut exercer un certain contrôle. Le rôle le plus connu de l'activité physique dans le contrôle de poids est l'augmentation de la dépense d'énergie ce qui favorise un bilan énergétique équilibré ou négatif, condition essentielle au maintien ou à la réduction de la masse grasse.

L'activité physique est définie selon l'OMS comme « *tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques et augmentant la dépense énergétique au dessus de la dépense de repos* » (41). L'activité physique a un coût énergétique qui peut être traduit en dépense énergétique quantifiable (42, 43). Une activité physique insuffisante est considérée comme un élément fondamental dans la prise de poids au cours du temps et donc comme un obstacle à la prévention de l'obésité. Un rapport du Comité Scientifique de Kino-Québec intitulé « *Quantité d'activité physique requise pour en tirer des bénéfices pour la santé* » publié en 1999 (44), fait un lien important entre la

hausse du volume d'activité physique et les avantages pour la santé. La conclusion du rapport se résume ainsi : l'augmentation de l'activité physique, si minime soit-elle, est bénéfique pour la santé, et particulièrement pour les personnes sédentaires. Plus la personne est active, meilleure sera sa santé, peu importe l'âge, le sexe, la condition physique ou le niveau actuel d'activité.

De plus, l'hypothèse selon laquelle les gens dans les pays en développement ont une augmentation de la DET et un niveau d'activité physique plus élevé que les gens dans les pays développés, n'est soutenue que par peu de données objectives (45, 46). La DET ajustée selon le poids, l'âge ou l'activité physique ne diffère pas considérablement entre les pays en développement et les pays industrialisés, ce qui remet en question le rôle de la dépense énergétique comme facteur causal de l'obésité au niveau de la population (47).

Dans la mesure où l'activité physique régulière est un élément important pour la santé, de nombreuses études visent à augmenter le niveau de la dépense énergétique liée à l'activité physique (DEAP) afin de prévenir l'apparition de complications et de maladies chroniques ou d'en réduire la gravité. Chez les personnes obèses ou en surpoids, il a été montré qu'une perte de poids de 5% et de 10% est associée à des bénéfices métaboliques (48, 49). Deux études ont montré qu'une intervention visant à modifier les habitudes alimentaires et à augmenter l'activité physique entraînait, après trois ans, une diminution de 58% de l'incidence du diabète (50, 51). De plus, un programme d'exercice ajouté à une intervention nutritionnelle améliorerait de manière significative les facteurs de risques cardio-vasculaires, comme le profil lipidique (9).

L'estimation de la DEAP peut se faire par la méthode de CI, les marqueurs physiologiques (ex : fréquence cardiaque), les compteurs de mouvements (exemple : accéléromètres) et les carnets et questionnaires d'activité physique (52). Cependant, les questionnaires peuvent sur ou sous-estimer l'activité physique jusqu'à 60% (53). L'estimation de la DEAP est difficile à effectuer dans un environnement usuel et à faible coût.

Selon plusieurs chercheurs, l'utilisation d'accéléromètres tels que le Sensewear Armband™ (SWA) et l'Actical™ (ACT) apparaît comme une technique prometteuse pour la mesure de la dépense énergétique (54-57). Pour le SWA, des études de validation des mesures de la dépense énergétique au repos (DER) ont été faites en comparaison avec la CI (54, 56) et avec l'EDM pour la mesure de la DET (58-60). Le SWA et l'ACT ont été aussi validés avec la CI pour la mesure de la dépense énergétique au cours d'activités physiques de courte durée (10-30 minutes) (54, 55, 61, 62). Par contre, il y a peu d'études de validation de la capacité du SWA et de l'ACT à estimer avec précision des activités physiques de longue durée (45 minutes).

Afin de pouvoir utiliser les accéléromètres SWA et ACT lors d'études d'interventions de perte de poids comportant une hausse de la dépense énergétique, il est donc nécessaire d'évaluer la capacité de ces deux appareils à la détecter. Une augmentation de la dépense énergétique a des effets bénéfiques pour la santé, comme par exemple, l'atténuation de l'état inflammatoire et l'amélioration de la condition psychosociale (63, 64).

Le premier objectif de ce travail est d'évaluer la capacité du SWA et de l'ACT d'estimer de manière reproductible la dépense énergétique au cours d'une activité physique de longue durée (45 minutes sur un vélo stationnaire) pendant 3 jours consécutifs.

Le deuxième objectif de ce travail est d'évaluer la capacité du SWA et de l'ACT de détecter, chez les adultes sains, une augmentation de 5% et de 10% de la dépense énergétique totale au moyen de la modification de l'intensité d'une activité physique de longue durée (45 minutes sur le tapis roulant).

Le chapitre 2 consiste en une revue de littérature portant d'une part sur les composantes de la dépense énergétique et les différentes méthodes de mesure, et d'autre part sur les différentes études faites antérieurement sur la validation et la reproductibilité des mesures obtenues avec les accéléromètres, en particulier le SWA et l'ACT. Le chapitre 3 décrit les objectifs spécifiques de l'étude et les hypothèses, et le chapitre 4 la méthodologie. Le chapitre 5 présente les résultats et l'analyse des données. Au chapitre 6, discussion et conclusion terminent le mémoire.

CHAPITRE 2 : RECENSION DES ÉCRITS

Cette revue de la littérature comporte quatre parties : 1) les composantes de la dépense énergétique, 2) les méthodes de mesures, 3) les études avec l'accéléromètre Sensewear Armband, et 4) les études avec l'accéléromètre Actical.

2.1 COMPOSANTES DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

Pour fonctionner normalement, l'organisme humain a besoin d'énergie, issue de la transformation des substances nutritives des aliments ou des réserves de l'organisme. La DET est subdivisée en 3 composantes principales : le métabolisme basal ou la DER qui correspond à 50-70%, la thermogénèse alimentaire (TA) qui correspond à 10-15% et enfin la DEAP qui correspond à 20-30% (37, 65).

2.1.1 Métabolisme basal ou la dépense énergétique de repos

Le métabolisme basal ou la DER est l'énergie utilisée au repos pour le fonctionnement des organes. Il représente 50 à 70% de la DET (66). Il constitue la dépense d'énergie d'un sujet mesurée le matin au repos, dans une ambiance confortable (point de neutralité thermique), 12 à 14 heures après le dernier repas. Le métabolisme basal constitue une référence à partir de laquelle la dépense énergétique totale peut être estimée. Le métabolisme basal est principalement fonction de l'importance de la masse de tissus maigres. On note une variabilité selon le sexe : le métabolisme basal de l'homme est de 5% à 8% plus élevé que celui de la femme, la différence étant liée à une proportion plus élevée de muscles squelettiques chez l'homme. Avec l'âge, le métabolisme basal diminue avec la masse maigre, mais ceci peut être atténué par le maintien d'une activité physique régulière (67).

Le métabolisme basal peut être mesuré par la méthode calorimétrique ou estimé à l'aide de différentes équations basées sur des données anthropométriques (68, 69). L'équation la plus couramment utilisée est celle de Harris Benedict, qui estime la DER en tenant compte du sexe, de l'âge en années, du poids corporel en kilogrammes (kg) et de la taille en centimètres (cm) (70) :

- *Pour les hommes: $DER = 66,5 + (13,7 \times \text{poids en kilos}) + (5,0 \times \text{taille en cm}) - (6,8 \times \text{âge années}),$*
- *Pour les femmes : $DER = 655,1 + (9,6 \times \text{poids en kilos}) + (1,8 \times \text{taille en cm}) - (4,7 \times \text{âge en années}).$*

Les équations de Harris Benedict sont largement utilisées en clinique et dans l'évaluation nutritionnelle, mais souvent critiquées (68, 69). Un facteur omis dans l'équation de Harris Benedict est la masse maigre et par conséquent, cette équation sous-estime la dépense énergétique chez les sujets musclés et la surestime chez les sujets obèses (71, 72). La validation de cette formule n'est pas encore établie chez les sujets âgés et chez certaines ethnies.

En outre, il y a la formule de Black et al. (73), actuellement utilisée comme la formule de référence, en particulier dans le cas des sujets en surpoids et des personnes âgées de plus de 60 ans. On l'utilise le plus souvent en épidémiologie pour des populations sédentaires. Elle tient compte aussi du sexe, du poids en kg, de la taille en m et de l'âge en années :

- *Pour les hommes : $DER (Kcal) = [1,083 \times \text{poids en (kg)}^{0,48} \times \text{taille en (m)}^{0,50} \times \text{âge (années)}^{-0,13}] \times 1000/4,1855$*
- *Pour les femmes : $DER (Kcal) = [0,963 \times \text{poids (kg)}^{0,48} \times \text{taille en (m)}^{0,50} \times \text{âge (années)}^{-0,13}] \times 1000/4,1855$*

L'utilisation de toutes ces équations peut entraîner des erreurs en présence de diverses pathologies (ex. dysthyroïdies) et de situation de stress. Des études récentes ont démontré que le meilleur indicateur du métabolisme de repos n'est pas nécessairement le poids, même lorsque relativisé selon la taille et l'âge, mais bien la masse cellulaire active (65).

2.1.2 Thermogenèse alimentaire et thermorégulation

La thermogenèse alimentaire correspond à l'énergie utilisée pour la digestion, l'absorption intestinale et le stockage des aliments. Après un repas, la DER augmente d'environ 10% : cette augmentation dépend du volume du repas, de son contenu

calorique, de sa composition (proportion de lipides, protides, glucides), et de l'état physiologique du sujet. Après un repas, on observe une élévation du métabolisme supérieure aux coûts théoriques de digestions des divers macronutriments (74, 75). Cette augmentation varie selon le type de nutriments : 5-10% pour les glucides, 0-2% pour les lipides, 20-30% pour les protéines (73). La thermogenèse alimentaire est en partie sous le contrôle du système nerveux sympathique et peut être diminuée par les agents bêta-adrénolytiques.

Il existe aussi des dépenses énergétiques de thermorégulation liées au maintien de la température corporelle autour de 37-37,5° C. Les sujets exposés au froid maintiennent leur température centrale par la production de chaleur liée à la stimulation des oxydations cellulaires et par vasoconstriction qui réduit la perte de chaleur (38). A l'inverse, l'exposition à la chaleur provoque une vasodilatation périphérique, transpiration et évaporation, avec travail cardiaque accru. Pour chaque degré de diminution ou d'augmentation de la température corporelle, il y a augmentation de la dépense calorique. Dans les conditions usuelles de vie, la thermogenèse alimentaire et la thermorégulation représentent entre 10% et 15% des dépenses quotidiennes de l'organisme (73).

2.1.3 Dépense énergétique liée à l'activité physique

La DEAP est la composante la plus variable de la dépense énergétique totale de 24 heures car elle dépend du comportement des sujets, de leur mode de vie, de leur activité professionnelle (67, 76). Cette variabilité se manifeste d'un individu à l'autre mais aussi, pour un même individu, au cours du temps. Il existe dans la littérature différentes tables indiquant le coût énergétique approximatif de nombreux types d'activité physique, professionnelle et de loisir (77). La DEAP représente entre 20 et 30% de la DET (78, 79).

La mesure de la DEAP peut se faire par la méthode de CI, les carnets et questionnaires d'activité physique, les marqueurs physiologiques (ex : fréquence cardiaque) et les compteurs de mouvements (exemple : podomètres et accéléromètres) (76). Les questionnaires représentent la méthode la plus répandue d'évaluation de l'activité physique habituelle (52, 80). Ils sont considérés comme des méthodes subjectives, mais

encore difficiles à remplacer. Il y a, avec les questionnaires, des biais de surestimation ou de sous-estimation pouvant aller jusqu'à 60%, selon le type du questionnaire et les caractéristiques de la population (53).

La pratique régulière d'une activité physique capable d'améliorer les capacités cardiorespiratoires, comme la marche ou la course, est associée à une réduction du taux de mortalité, de maladies cardiovasculaires en général, et spécifiquement de maladie coronarienne (81), de diabète de type 2 (82), d'hypertension artérielle (83), de dyslipidémie (84) et de surcharge pondérale (85). Le rôle de l'activité physique comme facteur déterminant de l'état de santé des individus et des populations est bien établi (86).

La stratégie de l'OMS pour l'alimentation, l'exercice physique et la santé adoptée par l'Assemblée Mondiale de la Santé en 2002 (87), définit les mesures nécessaires pour encourager les gens à avoir une alimentation saine et à faire régulièrement de l'exercice. La stratégie incite à agir aux niveaux mondial, régional et local pour réduire sensiblement la prévalence des maladies chroniques et leurs facteurs prédisposants communs, principalement une mauvaise alimentation et le manque d'exercice physique.

L'activité physique n'est pas limitée à la seule pratique sportive. Dépense énergétique et activité sportive ne sont pas synonymes. La quantité totale d'énergie dépensée dépend des caractéristiques de l'activité physique pratiquée (intensité, durée et fréquence), mais aussi des particularités du sujet (ses dimensions corporelles, son niveau d'entraînement, sa capacité cardio-respiratoire) (88), et des conditions sociales dans lesquelles elle est pratiquée (89).

Les changements socio-économiques dans les pays en voie de développement jouent un rôle majeur dans l'augmentation de l'incidence des maladies chroniques évolutives. Les facteurs souvent mis en cause sont associés au vieillissement de la population et au changement du mode d'alimentation. La hausse de la prévalence de l'obésité s'accompagne souvent d'une baisse des activités physiques au travail, lors des déplacements et des loisirs (90, 91).

2.2 MÉTHODES DE MESURE DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

2.2.1 Calorimétrie directe

Il s'agit d'une méthode d'évaluation de la dépense énergétique nécessitant une chambre de taille réduite et hermétique ou une combinaison calorimétrique. La calorimétrie directe mesure directement la perte de chaleur d'un individu qui augmente la température d'une quantité connue d'eau ambiante. La perte de chaleur par vaporisation est mesurée par la calibration de l'humidité de l'air ambiant. La température interne du sujet doit rester constante (65). Pour obtenir des résultats précis, le sujet doit séjourner dans cette chambre environ 24 heures. La calorimétrie directe est utilisée comme mesure de référence pour confirmer et infirmer une hypothèse établie avec d'autres techniques dites de terrain (92). Cet appareil est encombrant et complexe et nécessite du personnel hautement qualifié. Une autre limite est le non respect du rythme de vie naturel du sujet, qui ne se trouve plus dans un environnement conforme à ses activités quotidiennes. Actuellement, la calorimétrie directe est une méthode peu utilisée en raison de ses limitations et du nombre réduit d'institutions disposant de l'équipement nécessaire. Cette méthode demeure cependant une méthode de référence à cause de sa précision (65, 67).

2.2.2 Calorimétrie indirecte

La CI est la méthode de mesure de la dépense énergétique la plus utilisée. Elle est considérée comme le « Gold Standard » (méthode étalon) pour mesurer la DER et la TA. La chaleur libérée par les processus métaboliques peut être calculée, de façon indirecte, à partir des échanges gazeux : consommation d'oxygène (O_2) et production de gaz carbonique (CO_2). La mesure simultanée de la consommation d' O_2 et de la production du CO_2 , permet de calculer la participation relative des glucides et des lipides aux oxydations totales, après déduction des échanges gazeux attribuables à l'oxydation des protéines (cette dernière étant obtenue à partir de l'excrétion urinaire d'azote) (79, 93, 94).

Il s'agit d'une méthode non invasive qui peut être réalisée aisément avec la coopération du sujet. Elle est effectuée le matin, chez un sujet à jeun en décubitus dorsal, au repos mais éveillé, respirant normalement dans une pièce à température ambiante (22-24 °C)

(65). Le sujet ne doit pas ingérer de caféine ni fumer depuis la veille du test ; son alimentation habituelle ne doit pas être modifiée et il doit s'être abstenu d'activités physiques intenses le jour précédent. La durée du test est habituellement de 40 minutes : les 10 premières minutes sont considérées comme période d'acclimatation et la mesure elle-même est réalisée pendant les 30 minutes suivantes avec une bonne stabilisation du sujet et de sa dépense énergétique à partir des valeurs moyennes de VO_2 et VCO_2 . La reproductibilité de la DER, mesurée par CI chez les individus en stabilité pondérale, est élevée (le coefficient de variation est de 3%). La précision de cette méthode en fait un outil idéal pour l'étude du métabolisme énergétique de repos chez l'homme (95). Cependant, la CI requiert de l'expertise technique pour la mesure des échanges gazeux dans les conditions requises.

La Figure 1 nous permet de visualiser la technique de CI au repos. Cette technique, dite en circuit ouvert, utilise un embout buccal, un masque ou un boîtier ventilé pour l'analyse des échanges gazeux au repos (96).



Figure 1. Mesure de la dépense énergétique au repos avec calorimétrie indirecte (Photo IRCM : Annexe 1)

La CI nous permet aussi de calculer le QR, qui est le rapport entre la quantité de gaz carbonique produit par l'oxydation totale d'un substrat (VCO_2) et la quantité d'oxygène nécessaire à cette oxydation complète VO_2 . D'où : $QR = (VCO_2/VO_2)$ (78). Le QR est égal à 1 pour une oxydation exclusive de glucides, de 0,7 pour les lipides et 0,8 pour les protides (34).

De plus, la CI peut être utilisée pour mesurer la dépense énergétique pendant l'exercice. La consommation maximale d'oxygène appelée VO_{2max} est l'expression de la consommation d'un volume d'oxygène par unité de temps (ml/kg/min) d'un individu à son rendement énergétique maximum. La VO_{2max} permet d'effectuer le calcul de la dépense énergétique à partir des valeurs maximales du volume d'oxygène consommé (VO_2) et du volume du gaz carbonique produit (VCO_2) (65). Celle-ci nécessite le port d'un masque par le sujet lors d'une activité physique, par exemple, au vélo stationnaire ou au tapis pendant une période donnée. Les Figures 2 et 3 nous permettent de visualiser la technique de CI à l'effort.



Figure 2. Mesure de la dépense énergétique à l'effort sur ergocycle avec calorimétrie indirecte (Photo IRCM : Annexe 1)



Figure 3. Mesure de la dépense énergétique à l'effort au tapis avec calorimétrie indirecte (Photo IRCM : Annexe 1)

2.2.3 Méthode de l'eau doublement marquée

La méthode de l'EDM ou «doubly labeled water» (DLW) est considérée comme le « Gold Standard » pour la mesure de la dépense énergétique car elle a fait l'objet de multiples validations (97-99). L'utilisation d'eau marquée par les isotopes stables (^2H et ^{18}O) est une procédure sans danger, car les isotopes stables n'émettent pas de rayonnement (100, 101). La méthode de la dilution isotopique utilisée consiste à administrer aux sujets, par voie orale, une dose d'eau enrichie en ^2H et en ^{18}O . Le deutérium, un isotope stable, de l'hydrogène est présent dans l'environnement, dans l'eau et les aliments (102). Le deutérium ne présente aucune toxicité aux doses administrées. L'EDM est une mesure non invasive et qui respecte les habitudes de vie des sujets avec leur dépense énergétique, sur une longue période. La DET est calculée à partir de la production du C^{18}O_2 et de la valeur du QR (VO_2/VCO_2). La précision des mesures est de 3-5% (34).

Cette méthode ne permet pas d'évaluer au jour le jour ou heure par heure la dépense d'énergie et ne donne pas d'informations sur la durée, la fréquence et l'intensité des activités physiques modérées à très vigoureuses (103). La dépense énergétique mesurée est une dépense totale, sans détails spécifiques à chaque activité. Les seules exigences pour les sujets consistent à donner des échantillons biologiques (urine, salive ou sang) avant et après avoir bu une dose initiale de $^2\text{H}^{18}\text{O}$ et 1 à 2 semaines plus tard, au maximum (durée standardisée pour chaque étude), pendant lesquelles les sujets sont libres de mener leurs activités normales.

La méthode de l'EDM a un coût élevé, nécessite des équipements spécialisés (Spectrométrie de masse isotopique) et des experts dans ces techniques. Pour ces raisons, la méthode n'est disponible que dans de rares centres spécialisés et est difficile à appliquer à un grand nombre de sujets (34).

2.2.4 Méthode d'enregistrement cardiaque

La fréquence cardiaque est un paramètre physiologique communément utilisé comme une méthode objective de mesure de la dépense énergétique (104). Cette méthode repose sur la relation linéaire étroite entre la fréquence cardiaque et la dépense énergétique pour des activités physiques d'intensité croissante. Cette relation varie selon les capacités cardiaques, le sexe, le type d'activité et l'état d'entraînement physique. Les moniteurs de fréquence cardiaque miniaturisés (« sports testers ») sont constitués d'un émetteur de petite taille avec des électrodes précordiales maintenues par une sangle thoracique, et d'un microprocesseur identique à une montre digitale enregistrant la fréquence cardiaque en continu, c'est-à-dire toutes les 15, 30, 45 ou 60 secondes pendant 24 heures (105, 106).

La dépense énergétique est estimée individuellement à partir des équations de régression établies en mesurant simultanément la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque au repos et au cours d'exercices de différents niveaux. L'utilisation de la fréquence cardiaque pour estimer la dépense énergétique repose sur le postulat que la fréquence cardiaque est directement liée à la consommation d'oxygène (107). Cette

relation n'est pas toujours linéaire pour les activités d'intensité faible et très élevée (108). Beaucoup d'activités quotidiennes sont d'intensité faible à modérée (105, 109) et l'enregistrement de la fréquence cardiaque pourrait ne pas fournir une estimation précise de la dépense énergétique quotidienne dans les conditions de vie courante. De plus certains médicaments tels que les bêtabloqueurs modifient la fréquence cardiaque et/ou limitent son augmentation à l'effort limitant ainsi son utilisation dans certaines populations de patients (ex. pathologies cardiaques). La mesure de la fréquence cardiaque peut être utilisée dans les études épidémiologiques pour évaluer les dépenses énergétiques moyennes chez un groupe d'individus en utilisant les relations moyennes correspondant à ce type de population (110). La mesure de la fréquence cardiaque combinée avec les données d'un accéléromètre donne des résultats intéressants et prometteurs (111, 112).

La méthode ne coûte pas cher, mais nécessite au préalable de définir la relation entre la fréquence cardiaque et la dépense énergétique pour chaque sujet, en ayant recours à la CI. Elle ne donne pas des informations sur les caractéristiques de l'activité physique. Elle est limitée par rapport aux facteurs intrinsèques et extrinsèques qui font varier la fréquence cardiaque sans modifier la dépense énergétique. L'utilisation de cette méthode est limitée chez les obèses à cause de l'hypersudation.

2.2.5 Méthode des questionnaires d'activité physique

Les questionnaires représentent la méthode la plus répandue d'évaluation de l'activité physique habituelle (113). Les questionnaires sont auto administrés ou remplis lors d'un entretien ; ils permettent d'obtenir des informations non seulement sur le type, l'intensité et la durée de l'activité physique pratiquée mais aussi sur le contexte dans lequel elle s'inscrit : vie professionnelle, loisirs, déplacements, tâches domestiques, etc. Les données peuvent être recueillies pendant des périodes de temps variables selon les caractéristiques du projet. Pour traduire l'activité physique en DE, il existe des tables indiquant le coût énergétique approximatif de nombreuses activités ; ces tables ont été élaborées à partir de mesures chez des adultes sains d'âge moyen, ce qui limite leur application à d'autres sujets (52, 105). Le niveau le plus élevé de précision est obtenu par des questionnaires de

type rappel qui apportent des renseignements sur le contexte de l'activité physique (114). Chez les sujets obèses, en miroir de la sous évaluation des apports alimentaires, la surévaluation de l'activité physique a été documentée par des études utilisant l'EDM (115).

Il existe près d'une trentaine de questionnaires d'activité physique parmi lesquels une quinzaine ont bénéficié d'une bonne validation, incluant la reproductibilité des mesures. Citons par exemple : le « *Minnesota Leisure Time Physical Activity Questionnaire* » basé sur le rappel de l'activité physique pour une période de un an et qui a été validé par $VO_2\text{max}$ et DLW (106, 116). Il comporte 63 items portant sur les activités de loisirs et 10 sur l'entretien de la maison avec le nombre d'heures passées à chaque activité. Les consommateurs surestiment souvent leur niveau d'activité, les différences entre les valeurs obtenues à partir du questionnaire et mesurées par la technique de l'EDM peuvent être aussi élevées que $30\% \pm 9,9$ (117).

Un autre questionnaire largement utilisé pour la mesure de l'activité physique habituelle est celui de « *Baecke* ». Il comporte 16 questions sur 3 sortes d'activité physique habituelle au cours des 12 derniers mois : les activités occupationnelles (8 questions), les déplacements (4 questions), la pratique du sport et le temps de repos (4 questions). Ce questionnaire a été validé par référence aux méthodes EDM et $VO_2\text{max}$ (118, 119).

Le « *Duke Activity Status Index* », est un questionnaire d'évaluation de la capacité fonctionnelle et de la qualité de vie ; 12 questions portent sur les activités quotidiennes et le sujet doit répondre par oui ou par non. Chaque item est pondéré par un index fondé sur le coût métabolique correspondant. Il a été validé comparativement au $VO_2\text{max}$ avec un coefficient de corrélation de Spearman de 0,80 (120).

Le « *Physical Activity Scale for the Elderly* » (PASE), a été validé par les méthodes de EDM, $VO_2\text{max}$ et accélérométrie, chez des sujets âgés (121, 122). Les activités sont cotées en fonction de leur fréquence et de leur durée au cours de la dernière semaine. La durée du test est brève, de l'ordre de cinq minutes, et le calcul du score est simple.

Les questionnaires sont des moyens pratiques et peu coûteux pour estimer la dépense d'énergie, mais, avec l'inconvénient d'une sur- ou sous-estimation généralement importante (8 à 62%) (33, 123, 124).

2.2.6 Méthodes des accéléromètres

Les accéléromètres sont des capteurs de mouvement capables de détecter l'accélération et la décélération dans une ou plusieurs directions, au cours d'une activité physique. Ce sont de petits appareils peu encombrants, disponibles commercialement, ayant au maximum la taille d'un téléphone portable et fixés en général à la ceinture ou portés au bras. L'accéléromètre uniaxial mesure des accélérations sur le plan vertical, tandis que les accéléromètres biaxial et triaxial sont sensibles aux mouvements dans deux et trois dimensions, respectivement, mais peuvent aussi être sensibles aux vibrations comme par exemple celles occasionnées en voiture (125). Ils sont munis d'un micro-processeur permettant le stockage des données pendant une durée de quelques heures à plusieurs semaines. L'analyse des mouvements permet de quantifier l'activité physique (durée et intensité) et indirectement la dépense énergétique grâce à des algorithmes prédéfinis (126) selon l'âge, le poids, la taille et le sexe. Les accéléromètres permettent d'obtenir une mesure valide de l'activité physique (127, 128) .

Les accéléromètres ne coûtent pas cher, ne requièrent pas de matériel sophistiqué, d'équipement lourd et d'expertise technique de pointe. De plus, ils sont faciles à porter, n'interfèrent pas avec les activités usuelles et sont réutilisables. Ils fournissent une bonne estimation de la DET à partir des algorithmes utilisés pour convertir les informations enregistrées en dépense énergétique (40). Par contre, il n'y a pas, pour chaque instrument, d'algorithmes spécifiques à différentes populations (129).

2.2.6.1 Podomètre

Une photo d'un podomètre est présentée à la Figure 4.



Figure 4. Podomètre

Le podomètre est le premier des appareils portables utilisés pour rendre compte du niveau d'activité physique, selon le nombre de pas effectués pendant une période de temps, à partir de l'enregistrement des mouvements réalisés dans le plan vertical. Il est le plus simple des compteurs de mouvement (52, 130). L'estimation précise du nombre de pas effectués varie selon les modèles et leur calibration en fonction de la taille du sujet (131).

Il est difficile d'évaluer avec le podomètre la distance parcourue à la marche ou l'énergie dépensée car la longueur des pas peut varier avec la vitesse de marche (132). Il ne peut pas fournir des informations sur la nature de l'activité physique, sa durée, et son intensité. Il n'est pas sensible au changement de vitesse, ne peut pas détecter l'augmentation du coût métabolique ou du port d'une charge. Il ne peut pas mémoriser, enregistrer et séquencer l'activité dans le temps. Le podomètre n'est donc pas un outil optimal pour l'évaluation de la dépense énergétique liée à l'activité physique.

2.2.6.2 Sensewear Armband

Une photo du SWA est présentée à la Figure 5.



Figure 5. Senseware Armband (version 6,1, Healthwear BodyMedia Pittsburgh, PA)

Le SWA est un accéléromètre, détecteur de mouvement. Il pèse environ 200 grammes, il est discret, confortable, et se porte au dessus du triceps du bras droit entre l'acromion et l'olécrane. Il comprend un accélérateur à deux axes. Il évalue aussi plusieurs paramètres à l'aide des senseurs non-invasifs (flux de chaleur, réponse galvanique, température de la peau et température près de la peau). Les algorithmes qui ont été développés pour estimer la dépense énergétique prennent en compte le sexe, l'âge, la taille et le poids du sujet

(54). Le SWA permet de quantifier le niveau quotidien d'activité physique et peut stocker les données pendant 10 jours. Il a été déjà validé pour la mesure de la dépense énergétique par référence à la CI (54, 56, 133) et à la technique de l'EDM (58-60). Il existe de nombreuses versions du logiciel d'analyse, mais la version (6,1) la plus récente n'a malheureusement pas encore été validée pour l'estimation de la dépense énergétique au cours des activités physiques de longue durée.

2.2.6.3 Actical

Une photo de l'ACT est présentée à la Figure 6.



Figure 6. Actical (Mini Mitter, Bend, OR, USA)

L'ACT est un petit appareil portable, pesant 20 grammes, constitué d'un accéléromètre permettant d'enregistrer les mouvements corporels. Il se porte au niveau de la taille et mesure uniquement les accélérations. Contrairement au SWA, l'ACT est résistant à l'eau. Il est muni d'un micro processeur qui permet de stocker les données pendant plusieurs semaines. Pour le calcul de la dépense énergétique, on tient compte aussi du sexe, de l'âge, de la taille et du poids du sujet.

L'ACT a été déjà validé pour la mesure de la dépense énergétique par référence à la CI (61, 134, 135), mais pas avec la technique de l'EDM. De plus, il a été validé pour des périodes d'activité physique de courte durée, de 10 minutes environ (136). L'ACT a été

déjà utilisé dans plusieurs études épidémiologiques au Canada (61, 134). Récemment, un nouvel algorithme, avec deux régressions, a été élaboré (137) pour augmenter la précision dans l'estimation de la dépense énergétique.

2.3 ÉTUDES FAITES AVEC LE SENSEWEAR ARMBAND

Plusieurs chercheurs ont montré que le SWA permet une estimation précise du métabolisme de base et une bonne estimation de la dépense énergétique totale.

Aux États-Unis, Malavolti et al. (56) ont comparé la DER estimée par le SWA (version 4.0) et celle mesurée par la CI (Sensor Medic vmax SN-29 N, Metabolic Cart CA, USA) chez des adultes sains. Cette étude a été faite sur un échantillon de 47 hommes et 52 femmes, âgés de 38 ± 14 ans et avec un IMC de 23 ± 3 kg/m². Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre la mesure de la DER estimée par le SWA (1540 ± 280 kcal/jour) et celle obtenue par la CI (1730 ± 330 kcal/jour) et que les valeurs obtenues des deux méthodes sont significativement corrélées, ($r=0,86$; $p<0.0001$). Les analyses de Bland Altman montrent qu'il y a une bonne concordance entre les mesures.

Aux États-Unis, Fruin et al. (54) ont comparé le SWA (version 1,0) à la CI (Sensormedics Vmax 229, Yorba Linda, CA) pour mesurer la DER et la dépense de certaines activités ergométriques chez des adultes sains. Cette évaluation a été effectuée suivant deux protocoles. Une première expérience a été faite chez 13 hommes en bonne santé au cours de 2 périodes d'observation : repos et cycle d'ergométrie (40 min à 60 % VO₂ pic). Les résultats montrent que les DER estimées par le SWA et la CI n'étaient pas significativement différentes ($p>0,65$). Les deux méthodes sont fortement corrélées ($r=0,76$; $p<0,004$). De plus, il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus avec le SWA et la CI pour les activités sur l'ergocycle. Les analyses de Bland-Altman Plot montrent un accord entre les deux méthodes. Dans une seconde expérience, 20 adultes en santé, 10 femmes et 10 hommes, ont marché sur tapis roulant pendant 30 minutes à trois intensités : ($80,5$ m·min⁻¹ avec 0 % de pente; $107,3$ m·min⁻¹ avec 0% de pente, $107,3$ m·min⁻¹ avec 5% de pente). Le SWA a nettement surestimé ($p<0,02$) la dépense énergétique au cours de la marche sur une surface plane à deux vitesses, de

38% à $80,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ et de 14% à $107 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, et nettement sous-estimé, de 22%, la dépense énergétique au cours de la marche sur un plan incliné ($p<0,01$). Il y a une bonne reproductibilité ou fiabilité des estimations de la dépense énergétique au repos par le SWA au cours des 2 expériences ($p<0,05$).

Aux États-Unis, Johannsen et al. (58) ont comparé le SWA Pro3 (version 6,1) et le SWA Mini (version 7,0) à l'EDM pour mesurer la DET chez des sujets sains. Cette étude a été faite chez 15 hommes (âgés de $36,3 \pm 9,7$ ans, poids : $78,3 \pm 11,3$ kg, IMC : $25,4 \text{ kg/m}^2$), et chez 15 femmes (âgées de $40,1 \pm 11,5$ ans, poids : $63,6 \pm 11,6$ kg, IMC : $22,7 \pm 3 \text{ kg/m}^2$). Les 2 accéléromètres ont été portés au niveau du bras droit et du bras gauche pendant 14 jours, y compris les périodes de sommeil. Les résultats montrent que le SWA Pro 3 tend à sous-estimer la DET de 112 kcal et le SWA Mini de 22 kcal par comparaison avec la technique de l'EDM, mais sans différences significatives ($p=0,07$). Les valeurs de la DET estimées par le SWA et SWA Mini n'étaient pas significativement différentes ($p=0,5$).

Aux États-Unis, Drenowatz et al. (133) ont comparé le SWA (6,1) par rapport à la CI (Jaeger Oxycon Mobile) pour mesurer la dépense énergétique chez des adultes sains. L'échantillon était composé de 10 hommes (âgés de $25,2 \pm 3,3$ ans, poids : $71,6 \pm 9,4$ kg, pourcentage masse grasse : $10,4 \pm 4,2$) et chez 10 femmes (âgées de $23,4 \pm 2,1$ ans, poids ; $60,8 \pm 5,4$, pourcentage de masse grasse : $21,2 \pm 3,0$). Cette étude a été réalisée sur une période de 12 jours, et les participants devaient se présenter 3 fois au laboratoire pour y effectuer la marche sur tapis roulant pendant 10 minutes (65, 75 et 85% du VO_2max) et la course pendant 30 minutes. Les coefficients de Pearson montrent une bonne corrélation entre la dépense énergétique estimée par le SWA et celle mesurée par la CI. Les corrélations en moyenne étaient, pour les hommes ($r=0,71 \pm 0,20$), pour les femmes ($r=0,61 \pm 0,30$) et pour le total des échantillons ($r=0,66 \pm 0,25$). Le SWA fournit des résultats précis pour la dépense énergétique au cours d'activités physiques d'intensité faible à modérée. Cependant, il a considérablement sous-estimé la dépense énergétique pendant l'exercice à intensités élevées (plus grand que 10 METs ou une course à 6 mph).

En résumé, le SWA donne de bonne estimation de la dépense énergétique chez les adultes en santé lorsqu'ils sont soumis à une activité d'intensité faible ou modérée.

En Allemagne, Koehler et al. (59) ont comparé le SWA (version 6,1) par rapport à l'EDM et la CI pour mesurer la DET chez les athlètes. L'échantillon était composé de 14 hommes dont l'âge moyen était de $30,4 \pm 6,2$ ans, poids : $80,8 \pm 6,6$ kg, IMC : $23,2 \pm 0,4$ kg/m². Le SWA a été porté pendant 7 jours. Les résultats montrent que la DET estimée par le SWA et la DET mesurée par l'EDM sont corrélées, ($r=0,73$, $p<0,01$). De plus, on a évalué la marche sur tapis roulant et l'exercice sur ergocycle. Selon les analyses de Bland-Altman, il y a une surestimation de la dépense énergétique à une intensité faible et une sous-estimation de la dépense énergétique à une intensité élevée ($p<0,001$) en comparaison avec la CI. En conclusion, le SWA ne fournit pas de résultats valides dans la mesure de la DE chez les athlètes lors d'exercices d'intensité élevée.

En Norvège, Berntsen et al. (138) ont évalué les moniteurs d'activités physiques (SWA) par rapport à la CI. Cette étude a été faite chez 14 hommes de $31 \pm 9,6$ ans avec un IMC de $24 \pm 2,3$ kg/m² et chez 6 femmes de $39 \pm 7,6$ ans avec un IMC de $24 \pm 6,1$ kg/m². Les activités physiques ont été évaluées chez les 20 participants pour des activités sédentaires (i.e., activités de maison), chez 11 participants pour la marche rapide, la course et le cyclisme et chez 5 participants pour un entraînement intensif. Le SWA surestime la dépense énergétique au cours des activités physiques d'intensité modérée ($p=0,02$) et sous-estime la dépense énergétique au cours d'activités physiques très intenses ($p<0,001$).

Aux États-Unis, Jakicic et al. (55) ont comparé le SWA (version 3,0) avec la CI (SensorMedics Vmax, Yorba Linda, CA, Metabolic Cart) lors d'exercices de courte durée (20-30 min) pour estimer la dépense énergétique chez des sujets sains. Cette étude a été faite sur un échantillon de 20 hommes et 20 femmes, âgés de $23,2 \pm 3,8$ ans, avec un IMC de $23,8 \pm 3,1$ kg/m². Les sujets ont participé à quatre protocoles d'exercice distincts selon un ordre randomisé : marche sur tapis roulant, marche sur escalier, ergocycle et ergomètre à bras. Lorsque l'équation générale a été utilisée, le SWA a

considérablement sous-estimé la dépense énergétique totale de la marche sur tapis roulant, de l'ergocycle et de la marche sur escalier et l'a surestimée au cours de l'ergomètre à bras ($p < 0,001$). Par contre, en utilisant des équations spécifiques à chaque exercice, il n'y a pas de différences significatives dans la mesure de la dépense énergétique entre le SWA et la CI. La comparaison de ces deux méthodes réalisées par les analyses de Bland-Altman montre un bon accord. Ces résultats indiquent qu'avec l'utilisation d'algorithmes spécifiques à chaque exercice, le SWA permet une estimation précise de la dépense énergétique.

Aux États-Unis, King et al. (139) ont comparé le SWA (version 3,0) à la CI (TrueMax 2400) pour la mesure de la dépense énergétique à la marche et à la course sur tapis roulant. Cette étude a été faite chez 10 hommes, âgés de $25,2 \pm 4,5$ ans avec un poids de $60,9 \pm 6,2$ kg et chez 11 femmes, âgées de $24,7 \pm 5,4$ ans avec un poids de $59,5 \pm 6,1$ kg. La dépense énergétique estimée par le SWA a été comparée avec les mesures de la CI pour la marche à 54, 80, et $107 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ (2, 3 et 4 mph) et pour la course à 134, 161, 188 et $214 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ (5, 6, 7 et 8 mph). Les résultats avec le SWA montrent des augmentations de la dépense énergétique en fonction des augmentations de la vitesse de marche et de course sur le tapis roulant. Une bonne corrélation entre le SWA et le CI pour la DET à toutes les vitesses, excepté pour la marche lente, a été aussi trouvée.

En Grèce, Papazoglou et al. (140) ont comparé le SWA (version 4,0) à la CI (sensorMedics Vmax29 Metabolic Cart) pour estimer la dépense énergétique chez des sujets obèses. Cette étude a été faite chez 142 adultes obèses dont 37 hommes et 105 femmes avec un IMC de $42,3 \pm 7,0 \text{ kg/m}^2$ et chez 25 adultes avec un poids normal ou une surcharge pondérale (IMC de $25,3 \pm 3,2 \text{ kg/m}^2$), comme groupe de comparaison. On a évalué la dépense énergétique au repos et lors de trois activités : l'ergocycle, la montée/descente d'escalier et la marche sur tapis roulant. Les estimations de la DER par le SWA chez les obèses étaient inférieures, à celles mesurées par la CI (1811 ± 346 vs $1880 \pm 382 \text{ kcal/j}$, respectivement). Avec les analyses de Bland-Altman, il y avait un très bon accord entre les deux méthodes chez les sujets non obèses, mais moins bon pour les sujets obèses. De plus, le SWA a surestimé la DEAP chez les obèses en

comparaison avec la CI. Cependant, la reproductibilité des mesures avec le SWA étaient bonne ($r=0,88$, $p<0,001$). En conclusion, le SWA comporte des limites pour la mesure de la dépense énergétique chez les personnes obèses.

Au Canada, St-Onge et al. (60) ont comparé le SWA à l'EDM chez 45 adultes. Cette étude a été réalisée dans des conditions de vie usuelle sur une période de 10 jours chez 13 hommes et 32 femmes, âgés de $35,1 \pm 14$ ans ; IMC : $23,9 \pm 4,0$ kg/m², tissu adipeux : $18,4 \pm 9,5\%$. Les résultats montrent que le SWA sous-estime la dépense énergétique totale par rapport à l'EDM par 117 kcal/jour ($p<0,01$).

En résumé, les résultats sur la reproductibilité et la validité du SWA sont résumés ci-dessous :

- **Reproductibilité** : Bonne auprès des sujets adultes sains et obèses (54, 140).
- **Dépense énergétique totale** : Pas de différence entre les estimations par le SWA et l'EDM (58, 59), sauf l'étude de St-Onge (60) où la DET était modérément sous-estimée par le SWA.
- **Dépense énergétique au repos** : Pas de différence entre les estimations par le SWA et la CI (54, 56) sauf l'étude de Papazoglou et al. (140) où la DER était sous-estimée par le SWA chez les obèses.
- **Dépense énergétique liée à l'activité physique** : Sous-estimation pour diverses activités intenses estimées par le SWA en comparaison avec la CI (55, 133). Koehler et al. (59) ainsi que Bernsten et al. (138) ont aussi trouvé une surestimation de la DEAP pour les activités de faible intensité par le SWA en comparaison avec la CI.

2.4 ÉTUDES FAITES AVEC L'ACTICAL

Aux États-Unis, Dellava et al. (61) ont comparé la DER estimée par l'ACT à celle mesurée par la CI (Vmax Spectra 29N). Cette étude a été faite sur un échantillon de 50 hommes et femmes entre 18 et 43 ans en bonne santé avec un IMC de $23,0 \pm 2,6 \text{ kg/m}^2$. Les résultats montrent que l'ACT fournit une bonne estimation de la DER par rapport à la CI ($p > 0,05$), mais qu'il y a un risque de surestimation possible chez les hommes avec une masse grasse élevée.

Aux États-Unis, Spierer al. (141) ont comparé les valeurs de la dépense énergétique estimées par l'ACT au cours d'activités physiques d'intensité variable, par référence aux valeurs obtenues par la CI (K4b² Cosmed Inc). Cette étude a été réalisée chez des adultes sains et l'échantillon était composé de 16 hommes âgés de $23,8 \pm 2,09$ ans, avec un poids de $72,34 \pm 9,12$ kg et un IMC de $24,23 \pm 2,89 \text{ kg/m}^2$ et de 11 femmes âgées de $30,00 \pm 10,4$ ans, avec un poids de $60,75 \pm 8,75$ kg et un IMC de $23,42 \pm 2,93 \text{ kg/m}^2$. On a évalué pendant 8 minutes, chacun des états suivants : repos, jeu de cartes, balayage, soulèvement d'un poids léger, marche et jogging sur tapis roulant. Les résultats montrent que l'ACT tend à sous-estimer de manière significative (28%) la dépense énergétique lors de la marche et du jogging.

Aux États-Unis, Crouter et al. (142) ont comparé l'ACT par rapport à la CI (Cosmed k4b²). L'étude a été faite avec un échantillon de 24 hommes âgés de $36 \pm 12,8$ ans avec un IMC de $25,8 \pm 5,2 \text{ kg/m}^2$, et de 24 femmes âgées de $35 \pm 10,3$ ans avec un IMC de $22,7 \pm 4,0 \text{ kg/m}^2$. On a évalué les activités physiques suivant trois routines. La première routine : position couchée, position debout, travail à l'ordinateur, écriture, montée et descente d'escaliers et vélo stationnaire ; la deuxième routine : marche lente, marche rapide, racketball, course lente, course rapide ; la troisième routine : passer l'aspirateur, balayer, nettoyer (fenêtres, vaisselle), tondre la pelouse, râtelier herbes/feuilles. Les routines 1 et 2 ont été réalisées à l'Université et la routine 3 à la maison (chaque activité a duré 10 minutes). L'ACT a correctement estimé la dépense énergétique au cours des activités sédentaires, la course lente et toutes les autres activités, mais l'a surestimée lors de la marche.

Dans une autre étude, Crouter et al. (57) ont comparé quatre types d'équations de prédiction de l'ACT avec la CI (Cosmed K4b²) pour estimer l'activité physique chez des adultes dans des conditions de vie habituelle. Cette étude a été effectuée avec un échantillon de 12 hommes âgés de $26 \pm 4,9$ ans, poids : $80,0 \pm 16,4$ kg, IMC : $25,5 \pm 4,9$ kg/m² et 17 femmes âgées de $25 \pm 4,6$ ans, poids : $72,3 \pm 15,6$ kg, IMC : $25 \pm 4,6$ kg/m². On a évalué 18 activités physiques, chacune pendant 10 minutes, selon 3 types de routines (activités légères, modérées, intenses). L'équation à double régression avec l'ACT prédisait mieux les activités sédentaires, légères et modérées. Pour les activités intenses, l'utilisation des quatre équations a donné les mêmes résultats. En conclusion, l'ACT avec l'équation à double régression est plus précis pour la mesure de l'activité physique dans des conditions de vie habituelle.

Rothney et al., (136) ont comparé l'ACT à la CI, chambre calorimétrique («whole room indirect calorimetry»). L'échantillon était constitué d'adultes volontaires en bonne santé, 37 hommes âgés de $38,5 \pm 13,1$ ans ; IMC : $26,1 \pm 3,5$ kg/m², tissu adipeux : $23,5 \pm 8,0$ % et 48 femmes âgées de $39,9 \pm 12,9$ ans, IMC : $25,2 \pm 6,2$ kg/m², tissu adipeux : $35,0 \pm 11,1$ %. On a évalué, pendant une période de 24 heures, diverses activités : sédentaire (i.e., travail au bureau) et ambulatoire i.e., la marche, le jogging (10 minutes chacune). L'ACT a sous-estimé la dépense énergétique lors des activités sédentaires et l'a surestimé lors des activités ambulatoires. Ces résultats, sont contraires aux résultats obtenus dans toutes les autres études avec l'ACT.

Welk et al. (143) ont étudié la fiabilité de l'ACT dans un échantillon de 38 étudiants universitaires, volontaires. Les participants ont complété 3 épreuves de marche sur tapis roulant à la vitesse de 3 mph. Les coefficients de variation à travers les 3 essais étaient de 20 % et de 31 % quand les comparaisons interindividuelles ont été effectuées.

Les résultats sur la reproductibilité et la validité de l'ACT se résument ainsi :

- **Reproductibilité** : Très peu d'études ont évalué la fiabilité de l'ACT, Welk et al. (143) ont trouvé une faible fiabilité.

- **Dépense énergétique totale** : Il n'y a pas d'étude qui a évalué la DET estimée par l'ACT avec celle mesurée par la CI ou l'EDM.
- **Dépense énergétique au repos** : Pas de différence entre la mesure de la DER estimée par l'ACT et celle mesurée par la CI (61, 144).
- **Dépense énergétique liée à l'activité physique** : Spierer et al. (141) ont trouvé que l'ACT sous-estime la DEAP pour les activités intenses, alors que Crouter et al. (142, 144) et Rothney et al. (136) ont rapporté des résultats contraires. Crouter et al. (137) ont montré que l'équation de prédiction à double régression est plus utile pour la mesure précise de l'activité physique dans les conditions de vie habituelle.

2.5 CONCLUSION

L'état des connaissances indique que le SWA et l'ACT pourraient constituer une méthode alternative pour estimer la DET et la DEAP. Toutefois, plus de recherches sont nécessaires pour vérifier la reproductibilité des mesures et pour déterminer la capacité des accéléromètres à détecter une augmentation de la dépense énergétique. Il s'agit de considérations importantes parce qu'une augmentation de la dépense énergétique intervient dans la régulation du poids corporel, la prévention et le traitement de plusieurs maladies liées au mode de vie et la diminution du taux de mortalité (145, 146).

Dans les pays en voie de développement, on constate qu'il n'existe pas assez de données concernant le coût énergétique des activités physiques. L'utilisation de méthodes de référence (EDM, CI) pour mesurer la DET y est problématique entre autres en raison de pannes d'électricité régulières ne favorisant pas l'acquisition des équipements requis. Ainsi, des outils simples tels que les accéléromètres, SWA et ACT, avec leurs batteries de recharge, seraient un choix pratique.

CHAPITRE 3 : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

En raison de l'importance de la mesure de la dépense énergétique pour les études évaluant les relations entre l'activité physique et la santé, nous allons évaluer la reproductibilité des mesures obtenues avec le SWA et l'ACT au repos et au cours d'activités physiques, sur une période de 3 jours consécutifs. De plus, nous projetons de voir si les accéléromètres (SWA et ACT) sont capables de détecter des augmentations de la dépense énergétique totale de 5% et de 10%.

3.1 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

A. Reproductibilité des résultats (dépense énergétique au repos et à l'effort au vélo):

1. Évaluer la reproductibilité des résultats de la dépense énergétique au repos estimée par le SWA et l'ACT, pendant 3 jours consécutifs ;
2. Évaluer la reproductibilité des résultats de la dépense énergétique à l'effort (45 minutes au vélo) estimée par le SWA et l'ACT, pendant 3 jours consécutifs.

B. Augmentation de la dépense énergétique totale au moyen d'une activité au tapis :

1. Déterminer si le SWA et l'ACT peuvent détecter des hausses de 5 et de 10% de la dépense énergétique totale au moyen de la modification de l'intensité d'une activité physique au tapis roulant pendant 45 minutes ;

3.3 HYPOTHÈSES

1. Le SWA et l'ACT montreront une bonne reproductibilité des valeurs de la dépense énergétique au repos.
2. Le SWA et l'ACT montreront une bonne reproductibilité des valeurs de la dépense énergétique à l'effort au vélo.
3. Le SWA et l'ACT peuvent détecter des hausses de 5 et de 10 % de la dépense énergétique totale au moyen de la modification de l'intensité d'une activité physique au tapis roulant pendant 45 minutes.

CHAPITRE 4 : MÉTHODOLOGIE

Une étude transversale en cours intitulée « *Validation de deux accéléromètres (Sensewear Armband et Actical) pour la mesure de la dépense énergétique chez les adultes sains* » a deux objectifs : 1) la validation du SWA et l'ACT avec la technique de l'EDM et de la CI ; 2) la capacité du SWA et de l'ACT à fournir des valeurs reproductibles des mesures et à détecter une augmentation de la dépense énergétique. La présente étude s'adresse au deuxième objectif. Le projet a été approuvé par le comité d'éthique de l'Institut de Recherches Cliniques de Montréal (Annexe 2, Certificat d'approbation d'éthique). L'étude a eu lieu à la plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète (PRO MD) de l'Institut de Recherches Cliniques de Montréal (IRCM). Ce projet a été subventionné par la Bourse J.A. de Sève du Dr Rabasa-Lhoret.

4.1 POPULATION

L'échantillon de l'étude est composé de 21 adultes en santé, âgés entre 18 et 45 ans (20 sujets ont complété le protocole). Les participants ont été invités à prendre part volontairement au processus de validation de deux appareils (SWA & ACT) et de leur capacité à détecter une augmentation de la dépense énergétique liée à l'activité physique. Le recrutement a été fait via les affiches au babillard de l'IRCM. Une indemnité de 150 dollars Canadiens a été versée aux sujets pour compenser leur temps consacré à l'étude.

- **Les critères d'inclusion** : 1) âgés entre 18 et 45 ans, 2) IMC entre 18 et 30 kg/m², et 3) capables de se conformer à l'horaire des visites.
- **Les critères d'exclusion** : 1) présence de maladies chroniques pouvant affecter les capacités physiques ou modifier le métabolisme (ex. diabète, asthme traité aux stéroïdes, maladies rénales, maladies cardio-vasculaires, hyper ou hypothyroïdie non contrôlées ou évidence clinique d'anémie), 2) traitement avec médicaments instable depuis au moins 1 mois, 3) consommation abusive d'alcool ou d'autres substances, 4) fumeurs, et 5) grossesse ou allaitement.

4.2 DÉROULEMENT DES ACTIVITÉS DE L'ÉTUDE

Les participants ont été invités à se présenter cinq fois au laboratoire. Les activités lors des visites sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Résumé des activités au cours des visites

Première semaine	
Visite 1 (jour 1) (V1: 120 min.)	Révision du formulaire de consentement et signature Évaluation des critères d'inclusion et d'exclusion Visite médicale Analyse de la composition corporelle par DEXA Détermination du $VO_{2\text{ pic}}$ sur vélo stationnaire Enseignement sur le port des accéléromètres Administration de l'eau doublement marquée (collecte urinaire)
Visite 2 (jour 2) (V2: 15 min.)	Collecte urinaire (EDM)
Deuxième semaine	
Visite 3 (jour 3) (V3: 10 heures)	Vérification du fonctionnement des accéléromètres Mesure de la dépense énergétique au repos par la CI Repas et repos standardisés Marche sur le tapis roulant pendant 45 minutes à 20% du $VO_{2\text{ pic}}$ du sujet Repas et repos standardisés Vélo stationnaire pendant 45 minutes à 50% du $VO_{2\text{ pic}}$ du sujet Repas et repos standardisés <i>Mesures de la CI lors des activités au tapis et au vélo</i>
Visite 4 (jour 4) (V4: 10 heures)	Vérification du fonctionnement des accéléromètres Repas et repos standardisés Marche sur le tapis roulant pendant 45 minutes à 20% du $VO_{2\text{ pic}}$ du sujet <i>plus une augmentation de la vitesse du tapis roulant pour atteindre une augmentation de 5% de la dépense énergétique totale (calculée, à partir de la formule de Harris-Benedict, multipliée par un facteur d'activité de 1,6, lors de la visite 3)</i> Repas et repos standardisés Vélo stationnaire pendant 45 minutes à 50% du $VO_{2\text{ pic}}$ du sujet Repas et repos standardisés <i>Mesures de la CI lors des activités au tapis et au vélo</i>
Visite 5 (jour 5) (V5: 10 heures)	Vérification du fonctionnement des accéléromètres Repas et repos standardisés Marche sur le tapis roulant pendant 45 minutes à 20% du $VO_{2\text{ pic}}$ du sujet <i>plus une augmentation de la vitesse du tapis roulant pour atteindre une augmentation de 10% de la dépense énergétique totale (calculée, à partir de la formule de Harris-Benedict, multipliée par un facteur d'activité de 1,6, lors de la visite 3)</i> Repas et repos standardisés Vélo stationnaire pendant 45 minutes à 50% du $VO_{2\text{ pic}}$ du sujet Repas et repos standardisés <i>Mesure de la CI lors des activités au tapis et au vélo</i>

Le détail des visites 3, 4 et 5 sont décrits dans le Tableau 2.

Tableau 2. Horaire des activités réalisées au cours des visites 3 à 5

Heures	Activités
7 h 00 - 7 h30	Arrivée à l'IRCM, vérification des accéléromètres
7 h 30 - 8 h 30	Mesure du métabolisme de repos au moyen de la calorimétrie indirecte (V3) ou simulation (V4, V5)
8 h 30 - 9 h 00	Déjeuner standardisé ¹
9 h 00 - 10 h 00	Activités sédentaires assises (lecture de brochures et visionnement d'un film) suivi de la première collation
10 h 00 -12 h 00	Réalisation de la marche sur tapis roulant pendant 45 minutes
12 h 00 -13 h 00	Dîner standardisé ¹
13 h 00 -14 h 00	Activités sédentaires assises (lecture de brochures et visionnement d'un film)
14 h 00 - 15 h 00	Vélo stationnaire pendant 45 minutes
15 h 00 - 16 h 00	Collation
16 h 30	Départ

¹ Les repas pris au laboratoire ont comblé 70% des besoins énergétiques estimés (valeur obtenue à partir de la formule de Harris Benedict, et multipliée par un facteur d'activité physique de 1,6, lors de la première visite). La composition en macronutriments des repas était : 15% de l'énergie provenant de protéines, 30% de lipides et de 55% de glucides. Les apports alimentaires n'ont pas été augmentés d'une journée à l'autre malgré l'augmentation de la dépense énergétique, étant donné que les sujets pouvaient manger ad libitum au souper.

4.3 DESCRIPTION DES MESURES

4.3.1 Mesures des accéléromètres

Les sujets ont porté les deux accéléromètres pendant toute la durée de l'étude.

a) Le Sensewear Pro Armband Pro 3 (HealthWear Bodymedia, Pittsburgh, PA ; logiciel d'analyse version 6,1) a été porté autour du triceps du bras droit afin d'évaluer au moyen de senseurs non invasifs les mouvements, le flux chaleur, la réponse galvanique, la température de la peau, et la température près de la peau. Le SWA a été enlevé lors de la douche ou d'activités nautiques.

b) L'ACT (Mini Mitter, Bend, OR, USA) a été porté au niveau de la taille et il a été enlevé lors d'activités aquatiques. Dans cette étude, le modèle à double régression a été utilisé pour estimer la dépense énergétique, avec un algorithme qui tient compte du sexe, de l'âge, de la taille et du poids du sujet. Le modèle de l'ACT utilise les mêmes paramètres pour l'algorithme que le SWA.

Ces appareils ont permis d'estimer : 1) la dépense énergétique pendant une activité physique (i.e., 45 minutes au vélo et au tapis), 2) la DET : pour ce projet, la DET a été calculée sur une période de 10 heures passées au laboratoire de l'IRCM afin de standardiser les dépense énergétiques selon le protocole.

4.3.2 Mesures anthropométriques

Les sujets ont été pesés à 20 grammes près en utilisant une balance électronique (balance industrielle Montréal Inc., Montréal, Canada), et la taille a été mesurée à 0,1 cm près avec un stadiomètre (Entreprises Perspective, Portage, MI). Ces mesures ont été effectuées selon des méthodes standardisées : les sujets étaient pieds nus, déchaussés et en tenue légère. Le tour de taille et le tour des hanches ont été mesurés pour évaluer la répartition de la masse grasse (androïde, abdominale vs gynoïde, glutéale).

4.3.3 Mesure de la composition corporelle

La masse grasse, la masse maigre et la densité osseuse ont été calculées par la technique d'imagerie, DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry, ou Absorption bi-photonique à rayon X) avec un système de Prodigy (logiciel version 6,10,019, General Electric Corporation Lunaire, Madison WI). Le sujet est en décubitus dorsal et porte des vêtements légers. Le test dure en moyenne 10 minutes. L'appareil a été calibré quotidiennement avant chaque test grâce à un fantôme correspondant à une quantité de masse grasse étalon et le coefficient de corrélation intra-classe de test-retest pour la masse grasse et la masse maigre était de 0,99 ($p < 0,01$) chez 18 sujets.

4.3.4 Mesure de la dépense énergétique

La DER a été évaluée par CI (Viasys Health Care Respiratory Technologie). La méthode consiste à mesurer le débit d'air sortant du boîtier et les concentrations (ou fractions) d' O_2 et de CO_2 à l'entrée et à la sortie du boîtier. Les sujets doivent être à jeun depuis 10 heures, ne pas consommer d'alcool et éviter les efforts physiques violents dans les 24 heures qui précèdent le test. Pendant l'examen, les sujets sont allongés au calme dans une pièce à une température comprise entre 22-24 °C, sans parler ni dormir. La durée du test est de 40 minutes. Les 10 premières minutes ont été considérées comme une période d'acclimatation et les données des 30 dernières minutes ont été utilisées pour les analyses. L'analyseur de gaz du calorimètre était calibré avant toutes les mesures en fonction de la pression, et des concentrations gazeuses. Pour établir la reproductibilité, un coefficient de corrélation intra classe pour le métabolisme de repos a été déterminé au moyen de 2 tests répétés chez 19 sujets et a été de 0,92 ($p < 0,001$).

La dépense énergétique à l'effort (45 minutes au tapis roulant et 45 minutes au vélo stationnaire) a été aussi évaluée par la CI. Le sujet portait un masque permettant de mesurer le volume de gaz expiré, sa teneur en oxygène et en gaz carbonique afin de déterminer la consommation d'oxygène (VO_2) et la production de gaz carbonique (VCO_2).

4.3.5 Mesure du VO₂ pic

La mesure du pic de consommation maximale d'oxygène (VO_{2pic}) nous a permis d'estimer la condition cardio-respiratoire (VO_{2max}). Ce test d'évaluation de l'aptitude aérobie ou test d'effort consistait à pédaler sur une bicyclette stationnaire conventionnelle à des puissances croissantes par paliers de 2 minutes, jusqu'à l'atteinte de l'effort maximal que le patient était capable d'atteindre. Lors de cette épreuve, le sujet portait une pièce buccale pour mesurer le volume de gaz expiré et sa teneur en oxygène (VO₂) et en gaz carbonique (VCO₂).

4.4 CALCUL DE LA TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

La taille de l'échantillon a été calculée pour répondre à l'objectif 1 de la grande étude (tel que décrit à la page 30). Assumant que la corrélation entre les mesures de la dépense énergétique par les accéléromètres et par l'EDM sera au moins de 0,60, 20 sujets nous permettent d'avoir une puissance statistique d'au moins 80% pour rejeter l'hypothèse nulle.

4.5 ANALYSES STATISTIQUES

Le programme SPSS (version 17,0 ; SPSS Inc., Chicago, IL USA) a été utilisé pour effectuer les analyses statistiques. Les résultats sont présentés ainsi : moyenne ± écart-type. La signification statistique a été définie avec un $\alpha \leq 0,05$. Les coefficients de corrélation intra-classe ont été calculés pour évaluer la reproductibilité du SWA et de l'ACT. L'analyse d'ANOVA à mesures répétées a été utilisée pour évaluer les différences entre les moyennes d'une journée à l'autre pour les 3 journées consécutives. Pour la détection d'une hausse de la dépense énergétique totale de 5% et de 10%, des tests de t et les analyses d'ANOVA ont été utilisés.

CHAPITRE 5 : RÉSULTATS

Ce chapitre décrit les résultats obtenus et il est divisé en trois parties : 1) les caractéristiques sociodémographiques et physiques des sujets à l'étude, 2) les résultats sur la reproductibilité de SWA et de l'ACT et 3) les résultats sur la capacité du SWA et de l'ACT à détecter des augmentations de 5% et de 10% de la DET.

5.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES ET PHYSIQUES DES SUJETS

Un total de 21 sujets a été recruté pour participer à l'étude et 20 d'entre eux, 9 hommes et 11 femmes, ont complété le protocole (raison de l'abandon : blessure au pied). L'âge moyen était de $25,6 \pm 3,4$ ans (étendue: 20 à 32 ans).

Les caractéristiques physiques des sujets sont présentées dans le Tableau 3. Le poids moyen était de $70,53 \pm 10,8$ kg et l'IMC moyen de $23,27 \pm 2,14$ kg/m². Un sujet avait un IMC inférieur à 30 kg/m² lors de la visite de sélection et juste au dessus de 30 kg/m² lors des tests, ce sujet a été conservé pour l'étude et les analyses. Le pourcentage du tissu adipeux était de $24,05 \pm 8,99$. En moyenne, le tour de taille obtenu était de $82,69 \pm 6,29$ cm et le tour de hanches de $100,28 \pm 6,21$ cm.

Tableau 3. Caractéristiques physiques des participants (n=20)

Variables	Moyenne \pm ET	Étendue (min-max)
Poids (kg)	$70,53 \pm 10,8$	54,5- 88,3
IMC (kg/m ²)	$23,27 \pm 2,14$	20,0 - 30,3
Tour de taille (cm)	$82,69 \pm 6,29$	71,0 - 93,2
Tour de hanches (cm)	$100,28 \pm 6,21$	87,4 - 112,5
Masse grasse (kg)	$16,73 \pm 6,64$	6,60 – 34,99
Masse maigre (kg)	$51,11 \pm 11,72$	35,86 – 69,84
% tissu adipeux	$24,05 \pm 8,99$	8,4 – 41,9
VO ₂ pic (ml/kg/min)	$40,92 \pm 11,61$	22,63 – 63,66

5.2 REPRODUCTIBILITÉ DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC LE SWA ET L'ACT POUR LA DER ET LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE AU VÉLO, AU COURS DE TROIS JOURNÉES CONSÉCUTIVES

Le Tableau 4 présente la mesure de la DER et de la dépense énergétique (DE) au vélo estimée par le SWA et l'ACT. L'estimation de la DER par le SWA était de 1710 kcal au jour 3, 1712,4 kcal au jour 4, et 1712,4 kcal au jour 5, avec un coefficient de corrélation intra classe de $r=0,99$, $p<0,001$. La DER estimée par l'ACT était respectivement de 1622 kcal, 1620,7 kcal et 1626,4 kcal, avec un coefficient de corrélation intra classe de $r=0,99$, $p<0,001$. Aucune différence significative n'a été notée d'une journée à l'autre avec les deux accéléromètres, indiquant une bonne reproductibilité des mesures de la DER.

N.B. Selon les résultats de la première partie de l'étude (147), il y a une très bonne corrélation entre les valeurs obtenues avec la CI et avec le SWA et l'ACT dans la mesure de la dépense énergétique au repos ($p<0,001$).

Tableau 4. Estimation de la DER (kcal) et de la DE (kcal) au vélo avec le SWA et l'ACT au cours de 3 journées consécutives

Variables	Jour 3	Jour 4	Jour 5
SWA			
- DER	1710,0 ± 251,1	1712,4 ± 257,8	1712,4 ± 256,9
- DE au vélo (45 min)	268,6 ± 88,6	260,5 ± 95,0	275,2 ± 96,2
ACT			
- DER	1622,0 ± 245,8	1620,7 ± 247,1	1626,4 ± 244,2
- DE au vélo (45 min)	91,6 ± 52,6	94,4 ± 45,2	104,8 ± 52,1

L'estimation de la DE au vélo par le SWA était de 268,6 kcal au jour 3, 260,5 kcal au jour 4, et 275,2 kcal au jour 5, avec un coefficient de corrélation intra classe de 0,94, $p<0,001$. Pour l'ACT, l'estimation de la DE au vélo était respectivement de 91,6 kcal, 94,4 kcal, et 104,8 kcal pendant les 3 jours, avec un coefficient de corrélation intra classe de $r=0,83$, $p<0,001$. L'ANOVA à mesures répétées a été effectuée pour comparer les estimations du SWA et de l'ACT d'une journée à l'autre. Pour le SWA, on remarque qu'il n'y a pas de différence dans l'estimation de la DE pendant les 3 journées ($F=0,76$,

$p=0,47$). Pour l'ACT, aucune différence dans l'estimation de la DE n'a été observée d'une journée à l'autre ($F=1,03$, $p=0,36$). Chaque accéléromètres fournit donc des valeurs reproductibles quoique différentes d'un appareil à l'autre dans l'estimation de la dépense énergétique au vélo. *N.B. Selon les résultats de la première partie de l'étude (147), il y a une corrélation significative entre les valeurs obtenues avec le SWA et la CI dans la mesure de la DE au vélo, mais une sous estimation de 73% pour les valeurs avec l'ACT par rapport à la CI.*

5.3 DÉTECTION D'UNE AUGMENTATION DE LA DET

La DET calculée sur une période de 10 heures et la DE au tapis roulant calculée sur une période de 45 minutes, estimée par le SWA et l'ACT, pendant 3 journées consécutives, sont présentées dans le Tableau 5.

Tableau 5. Mesure de la DET (kcal) et la DE (kcal) au tapis roulant durant 3 journées consécutives avec le SWA et ACT

Variables	Jour 3	Jour 4	Jour 5
SWA			
- DET (10 hres)	1286,3 ± 265,2 ^a	1304,8 ± 285,7	1382,1 ± 270,0 ^a
- DE au tapis (45 min)	193,8 ± 52,1 ^{ab}	233,2 ± 63,5 ^b	301,2 ± 69,4 ^a
ACT			
- DET (10 hres)	1000,2 ± 186,7 ^a	1027,5 ± 157,3	1127,0 ± 196,5 ^a
- DE au tapis (45 min)	215,4 ± 65,5 ^a	240,3 ± 47,2	315,2 ± 89,7 ^a

^a Significativement différent entre jour 3 et jour 5 ($p<0,05$)

^b Significativement différent entre jour 3 et jour 4 ($p<0,05$)

L'estimation de la DE au tapis par le SWA au cours de 3 journées consécutives était de 193,8 kcal (jour 3), 233,2 kcal (jour 4) et 301,2 kcal (jour 5). Une augmentation significative de la DE au tapis a été observée entre les jours 3 et 4 ainsi qu'entre les jours 3 et 5 ($p<0,05$), mais pas entre les jours 4 et 5. Pour l'ACT, les valeurs de la DE obtenues au tapis pendant les 3 journées consécutives étaient de 215,4 kcal, 240,3 kcal et 315,2 kcal, respectivement. Une augmentation significative de la DE au tapis a seulement été noté entre les jours 3 et 5 ($p < 0,05$). Pour la DET, les deux accéléromètres ont permis de détecter une augmentation significative entre le jour 3 et le jour 5.

Les pourcentages de l'augmentation de la dépense énergétique estimée par le SWA et l'ACT sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6. Augmentation, en pourcentage, de la DET et de la DE au tapis avec le SWA et l'ACT

Variables	Hausse entre J3-J4 (Hausse de 5% prévue)	Hausse entre J3-J5 (Hausse de 10% prévue)
SWA		
- DET (10 hres)	1,4 ± 6,9	7,8 ± 5,4
- DE au tapis (45 min)	27,8 ± 53,9	66,4 ± 73,1
ACT		
- DET (10 hres)	3,4 ± 5,8	13,1 ± 7,8
- DE au tapis (45 min)	19,1 ± 32,5	55,6 ± 49,6

DET sur une période de 10 heures: La hausse de la DET estimée par le SWA entre les journées 3 et 4 était de 1,4% (comparativement à une hausse de 5% prévue), tandis qu'une hausse de la DET de l'ordre de 7,8 % (comparativement à une hausse de 10% prévue) a été observée entre les journées 3 et 5. Avec l'ACT, la hausse de la DET entre les journées 3 et 4 était de 3,4% alors qu'entre les journées 3 et 5, une hausse de 13,1% a été notée.

DE lors de l'activité au tapis roulant : Pour le SWA, la hausse de la DE au tapis entre les journées 3 et 4 était de 27,8% et de 66,4% entre les jours 3 et 5. Avec l'ACT, la hausse de la DE au tapis était de 19,1% entre les jours 3 et 4 et de 55,6% entre les jours 3 et 5.

N.B. Selon les résultats de la première partie de l'étude (147), il y a une corrélation significative entre les valeurs obtenues avec l'ACT et la CI dans la mesure de la DE au tapis, mais pas de corrélation significative entre les valeurs obtenues avec le SWA et la CI.

Commentaire : Toutes les analyses ont été refaites en enlevant le sujet avec un surpoids, compte tenu de l'influence de l'IMC avec la DE selon Papazoglou et al (140). On a trouvé que tous les niveaux de signification (valeurs de p) pour les analyses avec 19 et 20 sujets sont semblables et ne changent pas l'interprétation des résultats.

CHAPITRE 6 : DISCUSSION ET CONCLUSION

De nos jours, le développement d'outils fiables et abordables pour mesurer la dépense énergétique quotidienne dans un environnement naturel est une priorité pour tous ceux qui s'adonnent à la recherche pour le contrôle du poids corporel. Dans cette étude, nous avons évalué chez 20 adultes sains, âgés de 20 à 32 ans et avec un IMC moyen de 23 kg/m², la reproductibilité des estimations du SWA (logiciel version 6,1) et de l'ACT (logiciel à double régression) de la DER et de la DE à l'effort au vélo, au cours de 3 journées consécutives. De plus, nous avons déterminé si le SWA et l'ACT pouvaient détecter des hausses de 5% et de 10% de la DET au moyen de la modification de l'intensité d'une activité physique au tapis roulant pendant 45 minutes.

Dans l'ensemble, le SWA et l'ACT donnent des résultats reproductibles pour estimer la DER et la DE au vélo. Par contre, le SWA sous-estime les hausses de 5% et de 10% de la DET et l'ACT sous-estime la hausse de 5% et surestime la hausse de 10% de la DET. Pour la DE au tapis durant 45 minutes, les deux appareils surestiment les hausses de 5% et de 10% de façon importante.

6.1 REPRODUCTIBILITÉ DES MESURES DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE AVEC LE SWA ET L'ACT

Les résultats de l'évaluation de la fiabilité du SWA dans l'estimation de la DER montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs moyennes obtenues pendant 3 journées consécutives et que la corrélation intra classe est très forte. Nos résultats sont en accord avec les conclusions des études de Fruin et al. (54) et Papazoglou et al. (143). Les résultats de l'évaluation de la fiabilité de l'ACT dans l'estimation de la DER sont semblables aux résultats obtenus avec le SWA.

Les résultats, concernant la reproductibilité des mesures du SWA et de l'ACT de la DE pendant les activités au vélo stationnaire pendant 45 minutes, montrent aussi des bonnes corrélations intra classe ($r=0,94$ et $r=0,84$ respectivement), cependant moins élevées que celles obtenues avec les valeurs de la DER ($r=0,99$ et $r=0,99$ respectivement). La fiabilité des mesures à l'effort sur le vélo stationnaire avec l'ACT est moindre que celle obtenue

avec le SWA, en accord avec les résultats de l'étude de Welks et al. (143) qui ont montré que l'ACT est peu fiable pour la mesure de la DE lors de 3 épreuves de marche sur tapis roulant. Plus de recherches sont nécessaires pour examiner la fiabilité de SWA et de l'ACT lors des différentes activités à l'effort et à différentes intensités.

En ce qui concerne la validité du SWA et de l'ACT pour la mesure de la DER, l'étude de Sangaré (147), effectuée avec le même échantillon de sujets que celui de notre étude, montre qu'il y a une très bonne corrélation entre les valeurs obtenues avec la CI et le SWA et l'ACT, confirmant les résultats de Fruin et al. (54) et de Malavolti et al. (56) pour le SWA, et de Dellava et al. (61) pour l'ACT.

Pour les mesure de la DE à l'effort sur le vélo stationnaire pendant 45 minutes, les résultats de Sangaré (147) montrent une corrélation significative entre les valeurs obtenues avec le SWA et la CI. Pour des activités semblables, nos résultats sont en accord avec ceux de Jakicic et al. (55), King et al. (139) et Drenowatz et al. (133). Le SWA est valide pour l'estimation de la dépense énergétique à l'effort au vélo stationnaire. Pour l'ACT, les résultats montrent une sous-estimation d'environ 70% par rapport aux valeurs de la CI sur le vélo, en accord avec les résultats de l'étude de Rothney et al. (136). Il se pourrait que l'ACT sous-estime les valeurs de la DE à l'effort parce qu'il mesure les accélérations provenant des mouvements du corps en station debout, et qu'au vélo stationnaire, il est possible qu'il y ait un enregistrement insuffisant. Une autre explication pourrait résider dans l'impact variable de facteurs comme le sexe, le poids et la taille, qui sont inclus dans l'algorithme de l'appareil.

Dans l'ensemble, nos résultats montrent que le SWA et l'ACT fournissent des estimations reproductibles pour la DER et la DE au vélo, chez des adultes en santé. Plus de recherches sont nécessaires pour estimer avec les accéléromètres la DE chez des populations différentes. De plus, il semble que le SWA soit plus valide que l'ACT pour les estimations de la DE à l'effort au vélo. À notre avis, des recherches supplémentaires sont nécessaires avant d'utiliser L'ACT pour monitorer cliniquement la dépense énergétique quotidienne et pour fournir des informations sur la DE lors de programmes de contrôle du poids pour réduire la prévalence de l'obésité.

6.2 DÉTECTION D'UNE AUGMENTATION DE 5% ET DE 10% DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE PAR LE SWA ET L'ACT

Nous avons évalué la capacité du SWA et de l'ACT à détecter une augmentation de 5% et de 10 % de la DET au moyen de la marche sur tapis roulant pendant 45 minutes au cours de 3 journées consécutives. A notre connaissance, cette étude est la première à montrer que les deux appareils peuvent détecter des hausses de la dépense énergétique chez des adultes sains.

Contrairement à notre hypothèse, l'augmentation de la DET, pour une période de 10 heures, observée avec le SWA entre les jours 3 et 4 n'était que de 1,4% et entre les jours 3 et 5, de 7,8%, plutôt que de 5% et de 10% respectivement escomptés. Parmi les facteurs pouvant expliquer cette sous-estimation, il pourrait y avoir des variations inter individuelles importantes, compte tenu des grands écarts-types trouvés dans l'estimation des pourcentages d'augmentation. Néanmoins, le SWA était capable de fournir des estimations dans la même direction concernant des augmentations dans la DET. Plus de recherches sont nécessaires afin de réduire la variabilité à l'effort pendant les expérimentations et d'étendre les études auprès des populations obèses, sédentaires et âgées.

Pour l'ACT, l'augmentation de la DET entre les jours 3 et 4 était de 3,4% et entre les jours 3 et 5, de 13,1%, plutôt que de 5% et de 10% respectivement escomptés. Compte tenu des résultats contradictoires dans la littérature d'une sur ou d'une sous-estimation de la DE à l'effort par l'ACT, il faudrait probablement améliorer les algorithmes d'estimation de la dépense énergétique à l'effort.

Il est important que les accéléromètres ne surestiment ou sous-estiment la dépense énergétique lors de programmes de perte de poids où l'apport calorique est ajusté à la dépense, pour ne pas aboutir à des modifications de poids inattendues.

6.3 FORCES ET LIMITES DE L'ÉTUDE

Dans cette étude, on peut considérer comme une force la démonstration que le SWA et l'ACT nous permettent de mesurer de manière reproductible la dépense énergétique et

d'en identifier d'éventuelle légères variations. A notre connaissance, aucune étude n'a évalué la dépense énergétique, en comparant les deux appareils actuellement disponibles, spécifiquement pour son augmentation au moyen de la modification d'une activité physique au tapis roulant pendant 45 minutes. Cette étude a montré une certaine concordance entre le SWA et l'ACT pour la mesure de la dépense énergétique au repos et à l'effort, bien que le SWA semble être plus précis que l'ACT.

Une limite importante de cette étude réside dans un échantillon de sujets en bonne santé et insuffisamment nombreux pour permettre de détecter des différences éventuelles entre différents types de sujets. Même si nos résultats reflètent bien la situation étudiée, sont constants et reproductibles, leur généralisation à des populations spécifiques avec un nombre plus varié d'activités physiques n'est pas assurée. D'autres recherches sont nécessaires chez les sujets plus jeunes, les personnes âgées et les obèses avec des activités physiques plus diversifiées et d'intensités différentes. Finalement, une limitation majeure à l'utilisation de ces appareils est le fait que les informations concernant les algorithmes sont à la discrétion du fabricant.

6.4 CONCLUSION

Si autrefois, la prise de poids et l'accumulation des réserves de graisse étaient considérées comme des signes de santé et de prospérité, aujourd'hui, elles sont une menace grandissante pour la santé au niveau mondial. Parmi les stratégies de prévention et de traitement de l'obésité, on a adopté le changement de mode de vie par la pratique de l'activité physique et par une alimentation saine.

Cette étude montre que le SWA et l'ACT donnent des estimations de la dépense énergétique qui sont reproductibles au repos et lors d'une activité physique au vélo pendant 3 journées consécutives. Lors d'une augmentation de la dépense énergétique quotidienne au moyen de la modification de l'intensité d'une activité physique au tapis roulant, le SWA et l'ACT sont aptes à la déceler, bien que les valeurs obtenues ne concordent qu'imparfaitement avec les résultats escomptés.

Notre étude confirme que le SWA et l'ACT sont des outils pouvant permettre de mesurer de manière simple, avec peu d'inconvénients et à faible coût, la dépense énergétique chez les adultes dans les conditions de vie habituelle. D'autres études sont encore nécessaires pour étendre de manière valide les champs de leur utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

1. Organisation mondiale de la Santé. La sédentarité, une cause majeure de maladies et d'incapacités. Centre des médias le 4 avril 2002. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/release23/fr/print.html>.
2. Centers for Disease Control, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. Physical activity and good nutrition: Essential elements to prevent chronic diseases and obesity 2003. *Nutr Clin Care* 2003; 6(3): 135-138.
3. Flegal KM. The obesity epidemic in children and adults: Current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(11 Suppl): S509-S514.
4. Tremblay MS, Katzmarzyk PT, Willms JD. Temporal trends in overweight and obesity in Canada, 1981-1996. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26(4): 538-543.
5. Rothman RL, Housam R, Weiss H, Davis D, Gregory R, Gebretsadik T, et al. Patient understanding of food labels: The role of literacy and numeracy. *Am J Prev Med* 2006; 31(5): 391-398.
6. The World Health Organization. Obesity and overweight. Fact Sheet No 311, 2006, Updated March 2011. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>
7. Flegal KM, Carroll MD, Ogden CL, Johnson CL. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2000. *JAMA* 2002; 288(14): 1723-1727.
8. Katzmarzyk PT. The Canadian obesity epidemic: An historical perspective. *Obes Res* 2002; 10(7): 666-674.
9. Lau DC, Douketis JD, Morrison KM, Hramiak IM, Sharma AM, Ur E. 2006 Canadian Clinical Practice Guidelines on the management and prevention of obesity in adults and children [summary]. *CMAJ* 2007; 176(8): S1-13.
10. Tjepkema M. Obésité mesurée. Obésité chez les adultes au Canada : Poids et grandeurs mesurés. Nutrition : Résultats de l'enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes. Statistique Canada, 2005, Catalogue No. 82-620-MWF2005001: 1-36. <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-620-m/2005001/article/adults-adultes/8060-fra.htm>
11. Burke LE, Steenkiste A, Music E, Styn MA. A descriptive study of past experiences with weight-loss treatment. *J Am Diet Assoc* 2008; 108(4): 640-647.
12. Nebeling L, Rogers CJ, Berrigan D, Hursting S, Ballard-Barbash R. Weight cycling and immunocompetence. *J Am Diet Assoc* 2004; 104(6): 892-894.

13. Gorstein J, Grosse RN. The indirect costs of obesity to society. *Pharmacoeconomics* 1994; 5(Suppl 1): 58-61.
14. Pi-Sunyer FX. Medical hazards of obesity. *Ann Intern Med* 1993; 119(7 Pt 2): 655-660.
15. Manson JE, Willett WC, Stampfer MJ, Colditz GA, Hunter DJ, Hankinson SE, et al. Body weight and mortality among women. *N Engl J Med* 1995; 333(11): 677-685.
16. Rorive M, Letiexhe MR, Scheen AJ, Ziegler O. Obesity and type 2 diabetes. *Rev Med Liege* 2005; 60(5-6): 374-382.
17. Scheen AJ, Van Gaal LF. Type 2 diabetes, in the heart of the metabolic syndrome: Plea for a global approach. *Rev Med Liege* 2005; 60(5-6): 566-571.
18. Boland LL, Folsom AR, Rosamond WD. Hyperinsulinemia, dyslipidemia, and obesity as risk factors for hospitalized gallbladder disease. A prospective study. *Ann Epidemiol* 2002; 2(2): 131-140.
19. Sahi T, Paffenbarger RS, Jr., Hsieh CC, Lee IM. Body mass index, cigarette smoking, and other characteristics as predictors of self-reported, physician-diagnosed gallbladder disease in male college alumni. *Am J Epidemiol* 1998; 147(7): 644-651.
20. Kirk-Gardner R, Crossman J. Cardiac risk factors of smoking, hypertension, obesity and family history: A review of the literature. *Can J Cardiovasc Nurs* 1991; 2(1): 9-14.
21. Nevitt MC, Lane N. Body weight and osteoarthritis. *Am J Med* 1999; 107(6): 632-633.
22. Jain MG, Rohan TE, Howe GR, Miller AB. A cohort study of nutritional factors and endometrial cancer. *Eur J Epidemiol* 2000; 16(10): 899-905.
23. Pujol P, Galtier-Dereure F, Bringer J. Obesity and breast cancer risk. *Hum Reprod* 1997; 12(Suppl 1): 116-125.
24. Bianchini F, Kaaks R, Vainio H. Overweight, obesity, and cancer risk. *Lancet Oncol* 2002; 3(9): 565-574.
25. Van den Brandt PA, Spiegelman D, Yaun SS, Adami HO, Beeson L, Folsom AR, et al. Pooled analysis of prospective cohort studies on height, weight, and breast cancer risk. *Am J Epidemiol* 2000; 152(6): 514-527.
26. World Health Organization. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report on a WHO Consultation, Technical Report Series, No. 894, 2000: 1-894.

27. Alberti KG, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 1998; 15(7): 539-553.
28. Stein CJ, Colditz GA. The epidemic of obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 2004; 89(6): 2522-2525.
29. Levy E, Levy P, Le Pen C, Basdevant A. The economic cost of obesity: The French situation. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995; 19(11): 788-792.
30. Flegal KM, Graubard BI, Williamson DF, Gail MH. Cause-specific excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *JAMA* 2007; 298(17): 2028-2037.
31. Orpana HM, Berthelot JM, Kaplan MS, Feeny DH, McFarland B, Ross NA. BMI and mortality: Results from a national longitudinal study of Canadian adults. *Obesity (Silver Spring)* 2010; 18(1): 214-218.
32. Katzmarzyk PT, Janssen I. The economic costs associated with physical inactivity and obesity in Canada: An update. *Can J Appl Physiol* 2004; 29(1): 90-115.
33. Leenders NY, Sherman WM, Nagaraja HN, Kien CL. Evaluation of methods to assess physical activity in free-living conditions. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(7): 1233-1240.
34. Laville M BA. Composantes de la dépense énergétique. Paris : Flammarion médecine sciences, 2008: 1-85.
35. Jequier E, Acheson K, Schutz Y. Assessment of energy expenditure and fuel utilization in man. *Annu Rev Nutr* 1987; 7: 187-208.
36. Laville M, Andreelli F, Normand S, Pachiardi C, Riou JP. Measurement of body composition and energy expenditure. Realization and importance in clinical practice. *Journ Annu Diabetol Hotel Dieu* 1998, 205-214.
37. Morio B, Ritz P, Verdier E, Montaurier C, Beaufre B, Vermorel M. Critical evaluation of the factorial and heart-rate recording methods for the determination of energy expenditure of free-living elderly people. *Br J Nutr* 1997; 78(5): 709-722.
38. Basdevant A, Laville M, Lerebours E. *Traité de nutrition clinique de l'adulte*. Paris: Flammarion Médecine-Sciences, 2001: 19-24.
39. Murgatroyd PR, Shetty PS, Prentice AM. Techniques for the measurement of human energy expenditure: A practical guide. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993; 17(10): 549-568.

40. Montoye HJ, Washburn R, Servais S, Ertl A, Webster JG, Nagle FJ. Estimation of energy expenditure by a portable accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 1983; 15(5): 403-407.
41. US Department of Health and Human Services. Physical activity and health: A report of the Surgeon General, Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services. Center Diseases Control and Prevention National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
42. Lamonte MJ, Ainsworth BE. Quantifying energy expenditure and physical activity in the context of dose response. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(6 Suppl): S370-S378 and S419-420.
43. Schutz Y, Weinsier RL, Hunter GR. Assessment of free-living physical activity in humans: An overview of currently available and proposed new measures. *Obes Res* 2001; 9(6): 368-379.
44. Comité scientifique de Kino-Québec (CSKQ, 1999). Quantité d'activité physique requise pour en tirer des bénéfices pour la santé: Avis du comité. Gouvernement du Québec: Ministère de l'Éducation, 1999: 1-27.
45. Popkin BM, Gordon-Larsen P. The nutrition transition: Worldwide obesity dynamics and their determinants. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004; 28(Suppl 3): S2-9.
46. Prentice AM. The emerging epidemic of obesity in developing countries. *Int J Epidemiol* 2006; 35(1): 93-99.
47. Dugas LR, Harders R, Merrill S, Ebersole K, Shoham DA, Rush EC, et al. Energy expenditure in adults living in developing compared with industrialized countries: A meta-analysis of doubly labeled water studies. *Am J Clin Nutr* 2011; 93(2): 427-441.
48. Crawford D, Jeffery RW, French SA. Can anyone successfully control their weight? Findings of a three year community-based study of men and women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24(9): 1107-1110.
49. Saris WH. Fit, fat and fat free: The metabolic aspects of weight control. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22(Suppl 2): S15-S21.
50. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002; 346(6): 393-403.
51. Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, Valle TT, Hamalainen H, Ilanne-Parikka P, et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001; 344(18): 1343-1350.

52. Oppert JM. *Mesure des dépenses énergétiques et de l'activité physique*. Paris: Flammarion Médecine-Sciences, 2001: 337-343.
53. Mahabir S, Baer DJ, Giffen C, Clevidence BA, Campbell WS, Taylor PR, et al. Comparison of energy expenditure estimates from 4 physical activity questionnaires with doubly labeled water estimates in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2006; 84(1): 230-236.
54. Fruin ML, Rankin JW. Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(6): 1063-1069.
55. Jakicic JM, Marcus M, Gallagher KI, Randall C, Thomas E, Goss FL, et al. Evaluation of the SenseWear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(5): 897-904.
56. Malavolti M, Pietrobelli A, Dugoni M, Poli M, Romagnoli E, De Cristofaro P, et al. A new device for measuring resting energy expenditure (REE) in healthy subjects. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2007; 17(5): 338-343.
57. Crouter SE, Dellavalle DM, Horton M, Haas JD, Frongillo EA, Bassett DR, Jr. Validity of the Actical for estimating free-living physical activity. *Eur J Appl Physiol* 2010; Dec 12: DOI-10.1007/s00421-010-1758-2.
58. Johannsen DL, Calabro MA, Stewart J, Franke W, Rood JC, Welk GJ. Accuracy of armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42(11): 2134-2140.
59. Koehler K, Braun H, de Mares M, Fusch G, Fusch C, Schaenzer W. Assessing energy expenditure in male endurance athletes: Validity of the Sensewear Armband. *Med Sci Sports Exerc* 2010; Dec 1: PMID: 21131865
60. St-Onge M, Mignault D, Allison DB, Rabasa-Lhoret R. Evaluation of a portable device to measure daily energy expenditure in free-living adults. *Am J Clin Nutr* 2007; 85(3): 742-749.
61. Dellava JE, Hoffman DJ. Validity of resting energy expenditure estimated by an activity monitor compared to indirect calorimetry. *Br J Nutr* 2009; 102(1): 155-159.
62. Bassett DR, Jr., Ainsworth BE, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, King GA. Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(9 Suppl): S471-S480.
63. Broussolle E, Borson F, Gonzalez de Suso JM, Chayvialle JA, Beylot M, Chazot G. Increase of energy expenditure in Parkinson's disease. *Rev Neurol (Paris)* 1991; 147(1): 46-51.

64. Rigaud D, Cerf M, Angel Alberto L, Sobhani I, Carduner MJ, Mignon M. Increase of resting energy expenditure during flare-ups in Crohn disease. *Gastroenterol Clin Biol* 1993; 17(12): 932-937.
65. Rigaud.A. Le metabolisme energetique chez l'homme, methodes de mesure applications pratiques. Paris : Lavoisier-tec & Doc, 1992: 1-143.
66. Wong WW, Butte NF, Hergenroeder AC, Hill RB, Stuff JE, Smith EO. Are basal metabolic rate prediction equations appropriate for female children and adolescents? *J Appl Physiol* 1996; 81(6): 2407-2414.
67. Jequier E. Metabolisme energetique. *Chir. paris : Encycl Med*, 1980.
68. Reeves MM, Capra S. Predicting energy requirements in the clinical setting: Are current methods evidence based? *Nutr Rev* 2003; 61(4): 143-151.
69. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katzef H, et al. Human energy requirements: Overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1985; 42(6): 1170-1174.
70. Harris JA. A biometric study of basal metabolism (1919). Washington : Carnegie Institution of Washington, 1919: 1-279.
71. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: A synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1991; 54(6): 963-969.
72. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39(Suppl 1): 5-41.
73. Flatt JP. The biochemistry of energy expenditure. London: Newman Publishing. 1978 (II): 211-228.
74. Acheson KJ, Ravussin E, Wahren J, Jequier E. Thermic effect of glucose in man. Obligatory and facultative thermogenesis. *J Clin Invest* 1984; 74(5): 1572-1580.
75. Thiebaud D, Acheson K, Schutz Y, Felber JP, Golay A, DeFronzo RA, et al. Stimulation of thermogenesis in men after combined glucose-long-chain triglyceride infusion. *Am J Clin Nutr* 1983; 37(4): 603-611.
76. Saris WH. Physical inactivity and metabolic factors as predictors of weight gain. *Nutr Rev* 1996; 54(4 Pt 2): S110-S115.
77. Ainsworth BE, Jacobs DR, Jr., Leon AS, Richardson MT, Montoye HJ. Assessment of the accuracy of physical activity questionnaire occupational data. *J Occup Med* 1993; 35(10): 1017-1027.

78. Jequier E. Measurement of energy expenditure in clinical nutritional assessment. *J Parenter Enteral Nutr* 1987; 11(5 Suppl): 86S-89S.
79. Laville M. Obesity in 2000. *Ann Endocrinol (Paris)* 2001; 62(4 Pt 2): S19-22.
80. Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, Jeandel C. A review of evaluation questionnaires for physical activity. *Rev Épidemiol Santé Publique* 1998; 46(1): 49-55.
81. Church TS, Kampert JB, Wilkinson WJ, Dunn AL, Blair SN. Evaluating the reproducibility and validity of the Aerobic Adaptation Test. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(10): 1770-1773.
82. Paffenbarger RS, Jr., Lee IM, Kampert JB. Physical activity in the prevention of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *World Rev Nutr Diet* 1997; 82: 210-218.
83. Pescatello LS, Fargo AE, Leach CN, Jr., Scherzer HH. Short-term effect of dynamic exercise on arterial blood pressure. *Circulation* 1991; 83(5): 1557-1561.
84. Durstine JL, Grandjean PW, Cox CA, Thompson PD. Lipids, lipoproteins, and exercise. *J Cardiopulm Rehabil* 2002; 22(6): 385-398.
85. Savage PD, Brochu M, Poehlman ET, Ades PA. Reduction in obesity and coronary risk factors after high caloric exercise training in overweight coronary patients. *Am Heart J* 2003; 146(2): 317-323.
86. Bouchard C, Roy JS, Stephens T (eds). *Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement*. England : Human Kinetics Publishers, 1994: 1-102.
87. OMS. *Rapport sur la santé dans le monde - 2002 : Réduire les risques et promouvoir une vie saine*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la santé, 2002.
88. Montoye. *Measuring physical activity and energy expenditure*. England : Human Kinetics Publishers, 2006: 1-196.
89. Montoye HJ. Introduction: Evaluation of some measurements of physical activity and energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(9 Suppl): S439-S441.
90. Fogelholm M, Mannisto S, Vartiainen E, Pietinen P. Determinants of energy balance and overweight in Finland 1982 and 1992. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1996; 20(12): 1097-1104.
91. Prentice AM, Jebb SA. Obesity in Britain: Gluttony or sloth? *BMJ* 1995; 311(7002): 437-439.

92. Schoeller DA, Racette SB. A review of field techniques for the assessment of energy expenditure. *J Nutr* 1990; 120(Suppl 11): 1492-1495.
93. Jequier E, Felber JP. Indirect calorimetry. *Baillieres Clin Endocrinol Metab* 1987; 1(4): 911-935.
94. Schoeller DA. Making indirect calorimetry a gold standard for predicting energy requirements for institutionalized patients. *J Am Diet Assoc* 2007; 107(3): 390-392.
95. Schoeller DA. Recent advances from application of doubly labeled water to measurement of human energy expenditure. *J Nutr* 1999; 129(10): 1765-1768.
96. Murgatroyd PR, Sonko BJ, Wittekind A, Goldberg GR, Ceesay SM, Prentice AM. Non-invasive techniques for assessing carbohydrate flux: I. Measurement of depletion by indirect calorimetry. *Acta Physiol Scand* 1993; 147(1): 91-98.
97. Schoeller DA, van Santen E. Measurement of energy expenditure in humans by doubly labeled water method. *J Appl Physiol* 1982; 53(4): 955-959.
98. Klein PD, James WP, Wong WW, Irving CS, Murgatroyd PR, Cabrera M, et al. Calorimetric validation of the doubly-labelled water method for determination of energy expenditure in man. *Hum Nutr Clin Nutr* 1984; 38(2): 95-106.
99. Schoeller DA, Ravussin E, Schutz Y, Acheson KJ, Baertschi P, Jequier E. Energy expenditure by doubly labeled water: Validation in humans and proposed calculation. *Am J Physiol* 1986; 250(5 Pt 2): R823-R830.
100. Schoeller DA, Kushner RF, Jones PJ. Validation of doubly labeled water for measuring energy expenditure during parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr* 1986; 44(2): 291-298.
101. Westerterp KR. Body composition, water turnover and energy turnover assessment with labelled water. *Proc Nutr Soc* 1999; 58(4): 945-951.
102. Coward WA, Cole TJ, Sawyer MB, Prentice AM. Breast-milk intake measurement in mixed-fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. *Hum Nutr Clin Nutr* 1982; 36(2): 141-148.
103. Sirard JR, Pate RR. Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Med* 2001; 31(6): 439-454.
104. Strath SJ, Swartz AM, Bassett DR, Jr., O'Brien WL, King GA, Ainsworth BE. Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(9 Suppl): S465-S470.

105. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(9 Suppl): S498-S504.
106. Conway JM, Seale JL, Jacobs DR, Jr., Irwin ML, Ainsworth BE. Comparison of energy expenditure estimates from doubly labeled water, a physical activity questionnaire, and physical activity records. *Am J Clin Nutr* 2002; 75(3): 519-525.
107. Ainslie P, Reilly T, Westerterp K. Estimating human energy expenditure: A review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Med* 2003; 33(9): 683-698.
108. Freedson PS, Miller K. Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. *Res Q Exerc Sport* 2000; 71(2 Suppl): S21-S29.
109. Ainsworth BE, Jacobs DR, Jr., Leon AS. Validity and reliability of self-reported physical activity status: The Lipid Research Clinics questionnaire. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25(1): 92-98.
110. Spurr GB, Dufour DL, Reina JC. Increased muscular efficiency during lactation in Colombian women. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52(1): 17-21.
111. Treuth MS, Adolph AL, Butte NF. Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *Am J Physiol* 1998; 275(1 Pt 1): E12-E18.
112. Eston RG, Rowlands AV, Ingledeew DK. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol* 1998; 84(1): 362-371.
113. Oppert JM, Balarac N. Physical activity and management of obese patients. *Ann Endocrinol (Paris)*. 2001; 62(4 Pt 2): S37-S42.
114. Craig CL, Marshall AL, Sjostrom M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(8): 1381-1395.
115. Lichtman SW, Pisarska K, Berman ER, Pestone M, Dowling H, Offenbacher E, et al. Discrepancy between self-reported and actual caloric intake and exercise in obese subjects. *N Engl J Med* 1992; 327(27): 1893-1898.
116. Richardson SA, Koller H, Katz M. Leisure activities of young adults not receiving mental handicap services who were in a special school for mental handicap as children. *J Intellect Disabil Res* 1994; 38(Pt 2): 163-175.

117. Irwin ML, Ainsworth BE, Conway JM. Estimation of energy expenditure from physical activity measures: Determinants of accuracy. *Obes Res* 2001; 9(9): 517-525.
118. Pols MA, Peeters PH, Bueno-De-Mesquita HB, Ocke MC, Wentink CA, Kemper HC, et al. Validity and repeatability of a modified Baecke questionnaire on physical activity. *Int J Epidemiol* 1995; 24(2): 381-388.
119. Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr* 1982; 36(5): 936-942.
120. Hlatky MA, Boineau RE, Higginbotham MB, Lee KL, Mark DB, Califf RM, et al. A brief self-administered questionnaire to determine functional capacity (The Duke Activity Status Index). *Am J Cardiol* 1989; 64(10): 651-654.
121. Washburn RA, McAuley E, Katula J, Mihalko SL, Boileau RA. The physical activity scale for the elderly (PASE): Evidence for validity. *J Clin Epidemiol* 1999; 52(7): 643-651.
122. Schuit AJ, Schouten EG, Westerterp KR, Saris WH. Validity of the Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): According to energy expenditure assessed by the doubly labeled water method. *J Clin Epidemiol* 1997; 50(5): 541-546.
123. Conway JM, Irwin ML, Ainsworth BE. Estimating energy expenditure from the Minnesota Leisure Time Physical Activity and Tecumseh Occupational Activity questionnaires - a doubly labeled water validation. *J Clin Epidemiol* 2002; 55(4): 392-399.
124. Starling RD, Matthews DE, Ades PA, Poehlman ET. Assessment of physical activity in older individuals: A doubly labeled water study. *J Appl Physiol* 1999; 86(6): 2090-2096.
125. Le Masurier GC, Tudor-Locke C. Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(5): 867-871.
126. Cooper AR, Page A, Fox KR, Misson J. Physical activity patterns in normal, overweight and obese individuals using minute-by-minute accelerometry. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54(12): 887-894.
127. Hendelman D, Miller K, Baggett C, Debold E, Freedson P. Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(9 Suppl): S442-S449.
128. Pate RR. Physical activity assessment in children and adolescents. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1993; 33(4-5): 321-326.

129. Welk GJ, Blair SN, Wood K, Jones S, Thompson RW. A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(9 Suppl): S489-S497.
130. Bassett DR, Jr., Cureton AL, Ainsworth BE. Measurement of daily walking distance-questionnaire versus pedometer. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(5): 1018-1023.
131. Chen KY, Bassett DR, Jr. The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(11 Suppl): S490-S500.
132. Bassett DR, Jr., Ainsworth BE, Leggett SR, Mathien CA, Main JA, Hunter DC, et al. Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28(8): 1071-1077.
133. Drenowatz C, Eisenmann JC. Validation of the SenseWear Armband at high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111(5): 883-887.
134. Heil DP. Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor. *Res Q Exerc Sport* 2006; 77(1): 64-80.
135. Crouter SE, Churilla JR, Bassett DR, Jr. Estimating energy expenditure using accelerometers. *Eur J Appl Physiol* 2006; 98(6): 601-612.
136. Rothney MP, Schaefer EV, Neumann MM, Choi L, Chen KY. Validity of physical activity intensity predictions by ActiGraph, Actical, and RT3 accelerometers. *Obesity (Silver Spring)* 2008; 16(8): 1946-1952.
137. Crouter SE, Bassett DR, Jr. A new 2-regression model for the Actical accelerometer. *Br J Sports Med* 2008; 42(3): 217-224.
138. Berntsen S, Hageberg R, Aandstad A, Mowinckel P, Anderssen SA, Carlsen KH, et al. Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. *Br J Sports Med* 2010; 44(9): 657-664.
139. King GA, Torres N, Potter C, Brooks TJ, Coleman KJ. Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(7): 1244-1251.
140. Papazoglou D, Augello G, Tagliaferri M, Savia G, Marzullo P, Maltezos E, et al. Evaluation of a multisensor armband in estimating energy expenditure in obese individuals. *Obesity (Silver Spring)* 2006; 14(12): 2217-2223.
141. Spierer DK, Hagins M, Rundle A, Pappas E. A comparison of energy expenditure estimates from the Actiheart and Actical physical activity monitors during low intensity activities, walking, and jogging. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111(4): 659-667.

142. Crouter SE, Clowers KG, Bassett DR, Jr. A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. *J Appl Physiol* 2006; 100(4): 1324-1331.
143. Welk GJ, Schaben JA, Morrow JR, Jr. Reliability of accelerometry-based activity monitors: A generalizability study. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(9): 1637-1645.
144. Crouter SE, Churilla JR, Bassett DR, Jr. Accuracy of the Actiheart for the assessment of energy expenditure in adults. *Eur J Clin Nutr* 2008; 62(6): 704-711.
145. Zinman B, Ruderman N, Campagne BN, Devlin JT, Schneider SH. Physical activity/exercise and diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27(Suppl 1): S58-S62.
146. Manini TM, Everhart JE, Patel KV, Schoeller DA, Colbert LH, Visser M, et al. Daily activity energy expenditure and mortality among older adults. *JAMA* 2006; 296(2): 171-179.
147. Sangaré CPO. Capacité de deux accéléromètres (le Sensewear Armband et l'Actical) à estimer la dépense énergétique chez les adultes sains. [Mémoire]. Montréal: Université de Montréal; 2011.

ANNEXES

Annexe 1 : Formulaire de décharge

Photographie : Formulaire de décharge

Autorisation d'utilisation de photos

J'autorise la Plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète de l'Institut de recherches cliniques de Montréal le droit d'utiliser des photos de moi pour fin de publications ou de présentations scientifiques.

J'autorise la Plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète de l'Institut de recherches cliniques de Montréal d'utiliser et de publier ces mêmes photos en version imprimée et/ou électronique.

J'ai lu et compris ce qui précède :

Signature : _____

Nom en lettres moulées : SIMON - PIERRE DEMERS

Date : 27 / 11 / 10



Photographie : Formulaire de décharge

Autorisation d'utilisation de photos

J'autorise la Plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète de l'Institut de recherches cliniques de Montréal le droit d'utiliser des photos de moi pour fin de publications ou de présentations scientifiques.

J'autorise la Plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète de l'Institut de recherches cliniques de Montréal d'utiliser et de publier ces mêmes photos en version imprimée et/ou électronique.

J'ai lu et compris ce qui précède :

Signature : _____

Nom en lettres moulées : Philippe Briand

Date : 9/05/11



Photographie : Formulaire de décharge

Autorisation d'utilisation de photos

J'autorise la Plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète de l'Institut de recherches cliniques de Montréal le droit d'utiliser des photos de moi pour fin de publications ou de présentations scientifiques.

J'autorise la Plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète de l'Institut de recherches cliniques de Montréal d'utiliser et de publier ces mêmes photos en version imprimée et/ou électronique.


J'ai lu et compris ce qui précède :

Signature : _____

Nom en lettres moulées : VERONIQUE PERRAULT

Date : 10 novembre 2010

Annexe 2 : Approbation éthique

 Institut de recherches cliniques de Montréal

La formation et la recherche *pour la vie*

Le 16 juin 2009

Comité d'éthique de la recherche

Cher Docteur Rabasa-Lhoret,

Le comité d'éthique de l'IRCM a approuvé votre projet intitulé "**Validation du SenseWear Armband et de l'Actical pour la mesure de la dépense énergétique chez des adultes volontaires sains**", daté du **12 mai 2009** et le formulaire de consentement, daté du **11 juin 2009**. Vous trouverez ci-joint le document attestant de cette approbation

Numéro d'approbation : **2009-18**. Vous devez identifier toute correspondance ou document pertinent à ce projet par ce numéro.

Date d'approbation : **16 juin 2009**

Date d'expiration de l'approbation : **16 juin 2010**

Rapport au comité d'éthique dû : **mai 2010** ou à la fin du projet, si le projet se termine avant.

Le comité d'éthique désire vous rappeler que l'investigateur doit s'acquitter des responsabilités suivantes :

- Informer promptement le comité d'éthique de tout changement au protocole *et/ou* au formulaire de consentement en cours d'exécution du protocole, de tout événement intercurrent sérieux survenu au cours du protocole et de toute information ou résultat susceptible de modifier l'évaluation des risques et des bénéfices pour les sujets qui participent à la recherche et leur consentement à y participer
- Demander au comité d'éthique la réapprobation du projet un mois avant la date d'échéance de la présente approbation s'il y a lieu, en fournissant au comité d'éthique un rapport intérimaire sur le travail effectué dans le cadre de ce projet. À défaut de recevoir une telle demande de votre part, la présente approbation deviendra automatiquement caduque à la date d'expiration indiquée ci-haut.

N'hésitez pas à contacter le secrétariat du comité d'éthique au 987-5742 ou au 987-5636 si vous désirez de plus amples informations à ce sujet.

Veillez agréer, cher Docteur, l'expression de mes salutations distinguées.

Madeleine Roy M.D., M.Sc.
Secrétaire
Comité d'éthique

/ib

110, avenue des Pins Ouest, Montréal (Québec) Canada H2W 1R7

Téléphone : (514) 987-5636

Le 16 juin 2009

Comité d'éthique de la recherche

Le protocole intitulé « **Validation du SenseWear Armband et de l'Actical pour la mesure de la dépense énergétique chez des adultes volontaires sains** » (daté du 12/05/2009), soumis par docteur Rémi Rabasa-Lhoret, a été étudié par le Comité d'éthique de l'Institut de recherches cliniques de Montréal le 3 juin 2009. Le comité était formé de :

Jacques Chamberland j.c.a.
Président, Comité d'éthique, Institut de recherches cliniques de Montréal;

Madeleine Roy M.D., M.Sc., médecin, Institut de recherches cliniques de Montréal
Secrétaire, Comité d'éthique, Institut de recherches cliniques de Montréal;

Hugues Beauregard M.D., F.R.C.P.C., C.S.P.Q., endocrinologue, Centre Hospitalier Universitaire de Montréal, professeur titulaire de clinique, Université de Montréal;

Pierre Biron M.D., M.Sc., Professeur honoraire, Département de pharmacologie, Faculté de médecine, Université de Montréal;

Isabelle Boutin-Ganache Ph.D., consultante en bioéthique;

Rachel Deslauriers M.A.P., représentante civile;

Céline Durand B.Sc.
Étudiante à la maîtrise en bioéthique, Université de Montréal;

Frédéric Feudi B.Sc.
Étudiant à la maîtrise en bioéthique, Université de Montréal;

Martine Gauthier, inf., infirmière-chef, Cliniques externes, Institut de recherches cliniques de Montréal;

Thierry Hurlimann LL.M., spécialisation en bioéthique, coordonnateur de recherche et chargé de cours, Programmes de bioéthique, Faculté de médecine, Université de Montréal;

Odette Jobin-Laberge LL.L.
Avocate et associée, Lavery, de Billy s.e.n.c.;

Émile Marcotte, M.D., F.R.C.P.C., cardiologue et interniste
Consultant, MDS

Le comité d'éthique, après examen du protocole (daté du 12/05/2009) et du formulaire de consentement (version 2 datée du 11/06/2009), modifié selon ses exigences, les a trouvés acceptables en regard des normes éthiques généralement admises en matière de recherche sur les sujets humains.

Madeleine Roy M.D., M.Sc.
Secrétaire du Comité d'éthique
Institut de recherches cliniques de Montréal