

Université de Montréal

Capacité de deux accéléromètres (SenseWear Armband et l'Actical)
à estimer la dépense énergétique totale chez les adultes sains.

Par

Cheick Papa Oumar Sangaré

Département de Nutrition

Faculté de Médecine

**Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade
Maitre es science (M.Sc. avec mémoire) en nutrition**

Janvier 2011

© Cheick Papa Oumar Sangaré, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé:

Capacité de 2 accéléromètres (le SenseWear Armband et l'Actical) à
estimer la dépense énergétique totale chez les adultes sains

Présenté par :

Cheick Papa Oumar Sangaré

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Olivier Receveur, président-rapporteur

Rémi Rabasa-Lhoret, directeur de recherche

Mylène Aubertin-Leheudre, examinateur externe

Résumé

L'augmentation de la dépense énergétique (DE) par une augmentation de l'activité physique (AP) participe au maintien et à l'amélioration de la santé. La mesure à grande échelle de la DE totale (DET) en général et AP en particulier se heurte à des difficultés pratiques de recueil de données, de validité et aux coûts. Bien que dans la littérature de nombreux accéléromètres permettent d'estimer la DET, il y a encore des limites quant à la mesure de l'intensité de l'AP, élément qui influence l'état de la balance énergétique et le bénéfice pour la santé de l'AP. De plus, peu de comparaisons entre les différents accéléromètres sont disponibles. La présente étude avait pour but d'évaluer la capacité de deux accéléromètres (Actical et Sensewear Armband) pour estimer la DET en comparaison avec la technique de l'eau doublement marquée (EDM) ; d'évaluer la concordance entre les accéléromètres dans la mesure de la DE au repos (DER) en comparaison avec la technique de la calorimétrie indirecte (CI) et d'évaluer la DE liée à l'AP en comparaison avec la technique de la CI. Les résultats montrent qu'il y a une très bonne corrélation entre la CI et les accéléromètres dans la mesure de la DER ($r > 0.80$, $p < 0.001$) et une bonne corrélation entre les accéléromètres et l'EDM dans la mesure de la DET ($r > 0.75$, $p < 0.001$). Pour la mesure de l'intensité de l'AP, l'ACT est plus précis ($r = 0.80$, $p < 0.001$) que le SWA à la marche, le SWA est meilleur ($r = 0.80$, $p < 0.001$) au vélo. Cette étude permet d'affirmer que le SWA et l'ACT sont des alternatives valables pour mesurer la DE.

Mots-clés : Dépense énergétique, Calorimétrie indirecte, Eau doublement marquée, Accéléromètres, Adultes en santé

Abstract

The increase in energy expenditure by the increase of physical activity contributes to maintaining and improving health. The large-scale measurement of total energy expenditure in general and physical activity in particular, is faced with difficulties of data collection, validity and cost. Although literature suggests that many accelerometers are used to estimate total energy expenditure, there are still limits as to the measurement of the intensity of physical activity, which is one of the factors that influences the energy balance and health benefits of physical activity. In addition, few comparisons between the different accelerometers are available. This study aimed to evaluate the ability of two accelerometers (Actical and SensWear Armband) to estimate total energy expenditure compared with the technique of doubly labelled water; to assess the correlation between the two accelerometers in the measurement of resting energy expenditure, compared with the technique of indirect calorimetry and finally to assess energy expenditure linked to physical (walking and cycling) at different intensities, in comparison with the indirect calorimetry technique. The results show a very good correlation between indirect calorimetry and the two accelerometers ($r > 0.80$, $p < 0.001$) in the measurement of resting energy expenditure and a good correlation between accelerometers and the gold standard technique (doubly labeled water) in the measurement of total energy expenditure ($r > 0.75$, $p < 0.001$). To measure the intensity of physical activity, Actical is more accurate than SensWear Armband ($r = 0.80$, $p < 0.001$) at low intensity while the SensWear Armband is better at higher intensity ($r = 0.80$, $p < 0.001$). This study provides evidence that these two accelerometers are suitable alternatives for measuring energy expenditure.

Keywords: Energy expenditure, indirect calorimetry, doubly labelled water, accelerometers, Healthy Adults.

Table des matières	pages
RESUME.....	i
ABSTRACT.....	ii
TABLE DES MATIERES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES.....	vii
REMERCIEMENTS	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : LA REVUE DE LA LITTERATURE.....	5
1.1 La dépense énergétique totale (DET) : Trois composantes essentielles.....	5
1.1.1 La dépense énergétique de repos (DER).....	5
1.1.2 La thermogénèse alimentaire (TA) et la thermorégulation.....	6
1.1.3 La dépense énergétique liée à l'activité physique (DEAP).....	6
1.2 La mesure de la dépense énergétique	7
1.2.1 Les Méthodes de référence.....	7
1.2.2 Les méthodes alternatives.....	11
1.3 Vers des outils plus prometteurs de mesure de la dépense énergétique totale : le Sensewear Armband et l'Actical	18
1.3.1 Le Sensewear Armband.....	18
1.3.2 L'Actical.....	24
1.3.3 Le SWA et l'ACT : des éléments de validation additionnelle sont requis.....	28

CHAPITRE 2 : HYPOTHÈSE ET OBJECTIF.....	28
2.1 Hypothèse.....	28
2.2 Objectif général.....	28
2.3 Objectifs spécifiques.....	28
CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE.....	30
3.1 Sujets et recrutement.....	30
3.2 Description des rencontres	31
3.3 Détails des visites	33
3.4 La mesure des variables.....	35
3.4.1 Mesures anthropométriques	35
3.4.2 Mesure de la composition corporelle	35
3.4.3 Mesure de la dépense énergétique	37
3.4.4 Accéléromètres	42
3.5 Aspects éthiques.....	44
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS	
4.1 Analyses statistiques	45
4.2 Caractéristiques des participants.....	45
4.3 La mesure de la dépense énergétique de repos	46
4.4 La dépense énergétique mesurée sur le tapis (45 min à 50% du VO_{2pic})	49
4.5 La dépense énergétique mesurée sur ergo cycle (45 min à 50% du VO_{2pic})	51
4.6 La dépense énergétique totale mesurée par les deux accéléromètres	53
4.7 Mesure de la DET mesurée par les accéléromètres et l'eau doublement marquée..	55
CHAPITRE 5 : DISCUSSION.....	58
CONCLUSION.....	63
BIBLIOGRAPHIE.....	64
ANNEXE.....	xi

Liste des tableaux**pages**

Tableau 1 : Évaluation de la DET à partir d'un facteur d'activité physique.....	12
Tableau 2 : Caractéristiques de quelques questionnaires d'activité physique estimant la DEAP.....	14
Tableau 3 : Exemple de coût métabolique de certaines activités physiques.....	16
Tableau 4 : Détails des visites.....	33
Tableau 5 : Horaire des 3 journées au laboratoire.....	34
Tableau 6 : Caractéristiques de la population.....	46

Liste des figures	Pages
Figure 1 : Test de DEXA chez un participant	36
Figure 2 : Test de la calorimétrie indirecte au repos.....	38
Figure 3 : Mesure de la D.E sur ergo cycle.....	39
Figure 4 : Mesure de la D.E sur Tapis.....	40
Figure 5: SensWear Armband.....	43
Figure 6: l'Actical.....	44
Figure7 : ACT comparée à la C.I pour la mesure de la DER.....	47
Figure 8 : Graphique de Bland et Altman entre C.I et ACT.....	47
Figure 9 : SWA comparée à la C.I pour la mesure de la DER.....	48
Figure 10 : Le graphique de Bland et Altman entre C.I.et SWA	49
Figure 11 : ACT comparé C.I pour la mesure de la DE sur le tapis	50
Figure 12 : Le graphique de Bland et Altman entre l'ACT et CI sur le tapis	50
Figure 13 : SWA comparée à la C.I pour la mesure de la DE sur le tapis.....	51
Figure 14 : Comparaison ACT et C.I sur ergocycle.....	52
Figure 15 : Comparaison SWA et C.I sur ergocycle.....	53
Figure 16 : Le graphique de Bland et Altman entre SWA et I.C sur ergocycle.....	53
Figure 17 : Comparaison de la mesure de la DET entre l'ACT et le SWA.....	54
Figure 18 : Le graphique de Bland et Altman entre l'ACT et le SWA.....	55
Figure 19 : ACT comparé à l'EDM pour la mesure de la DET.....	56
Figure 20 : Le graphique de Bland Altman entre l'EDM et l'ACT.....	56
Figure 21 : SWA comparé à l'EDM pour la mesure de la DET.....	57
Figure 22 : Le graphique de Bland Altman entre l'EDM et le SWA.....	57

Liste des abréviations

ACT :	Actical
AP :	Activité Physique
CI :	Calorimétrie indirecte
CO ₂ :	Dioxyde de carbone
°C :	Degré Celsius
DE :	Dépense énergétique
DEAP :	Dépense énergétique liée à l'activité physique
DER :	Dépense énergétique au repos
DET :	Dépense énergétique total
DXA:	Dual energy X-ray Absorptiometry (ostéo-densiomètre)
EDM :	Eau doublement marquée
Etc :	Etcetera
H ₂ O :	Eau
ICC :	Intra-Class Correlation
IMC :	Indice de masse corporelle
IRCM :	Institut de Recherches Cliniques de Montréal
Kcal :	Kilocalorie
Kg :	Kilogramme
KJ :	Kilojoule
L :	Litre
LTPA :	Leisure time physical activity
MCV :	Maladie cardiovasculaire
MET :	Metabolic equivalent
Min :	Minute
ml :	Millilitre
MLTPA :	Minnesota Leisure time physical activity questionnaire
Mmol :	Milimole
NAP :	Niveau d'activité physique

O ₂ :	Oxygène
OMS :	Organisation mondiale de la santé
R ² :	Coefficient de régression partiel
SEE:	Standard Erreur of the Estimation
SWA :	SenseWear Armband
TA :	Thermogenèse alimentaire
VCO ₂ :	Volume dioxyde de carbone
VO ₂ :	Volume d'oxygène
VO ₂ max :	Volume d'oxygène maximal
VO ₂ peak :	Volume d'oxygène maximal atteint

*A mon épouse et à mes enfants chéris qui ont accepté de se passer de ma présence physique
durant 18 mois afin que ce mémoire soit.*

Remerciements

Je tiens à remercier avant tout le Directeur, Dr Rémi Rabasa-Lhoret pour m'avoir guidé malgré les obstacles. Votre assiduité, votre rigueur, vos qualités humaines de courtoisie et de sympathie font de vous un encadreur admiré par les étudiants. Avec vous, j'ai parfait mon sens de patience et d'esprit d'équipe. Recevez par ce travail l'expression de ma profonde gratitude.

Mes remerciements sincères à l'équipe du Dr Rabasa-Lhoret pour leurs conseils, leurs disponibilités. Ce travail est le fruit d'un effort collectif auquel vous avez contribué de loin ou de près. Recevez mes vifs sentiments de reconnaissance.

Je tiens à remercier aussi le Pr Ogobara Doumbo et le Dr Abdoulaye Djimdé pour vos conseils et la confiance que vous m'aviez accordée pour faire cette maîtrise.

Mes remerciements à l'Agence internationale d'énergie atomique qui m'a offert cette bourse de formation.

Introduction

L'augmentation de la dépense énergétique (DE) quotidienne via une augmentation de l'activité physique (AP) contribue au maintien et à l'amélioration de la santé. Des effets bénéfiques ont été démontrés lors de plusieurs études, à savoir une réduction des risques de maladies cardiovasculaires, d'obésité et de diabète de type 2, d'ostéoporose, d'hypertension artérielle, d'accident cérébro-vasculaire et de cancer du côlon (1). Par ailleurs, l'AP contribue aussi à mieux contrôler le stress et l'anxiété, à améliorer l'estime de soi et à assurer le maintien de la qualité de vie (2). Pour la santé publique, l'augmentation de l'AP d'une population peut constituer un outil de prévention, car l'inactivité physique est un facteur de risque modifiable (3). Les effets de l'AP sur la prévention de la prise poids sont particulièrement importants puisque l'excès de masse grasse pourrait contribuer de façon importante à l'augmentation du risque cardio-métabolique (risque de diabète et de maladies cardiovasculaires). (2)

La dépense énergétique est divisée en trois composantes :

- Le métabolisme basal ou dépense énergétique de repos (DER) qui représente environ 70% de la dépense énergétique totale (DET). Cette dépense correspond à l'énergie dépensée par un individu éveillé au repos en thermo neutralité, c'est-à-dire la consommation d'énergie pour assurer les fonctions vitales de l'organisme en dehors de conditions extrêmes de température. Elle est influencée par plusieurs facteurs dont l'âge, le sexe et la composition corporelle (la masse maigre).
- La thermogénèse alimentaire (TA) qui représente 10 à 15% de la DET. La TA correspond aux dépenses liées à l'absorption, au stockage et la transformation des aliments à l'occasion de la digestion. Elle est influencée principalement par la prise alimentaire mais le froid, le stress, les médicaments peuvent aussi jouer un rôle.
- La dépense énergétique liée à l'activité physique (DEAP) constitue la dernière composante de la DET. C'est la fraction la plus variable et la plus facilement modulable de la DE. Une activité physique insuffisante, une caractéristique du mode de vie occidental, est actuellement considérée comme un élément important

prédisposant à la prise de poids au cours du temps (4). Entre 1920 et 1990, on estime que la dépense énergétique liée à l'activité physique a diminué en moyenne de 600 kcal/jour dans la population adulte (5). Augmenter la DEAP est donc un élément important des stratégies de prévention de la prise de poids et des complications cardio-métaboliques associées à l'excès de masse grasse et à la sédentarité.

Alors que la mesure des apports alimentaires reste soumise à de nombreux biais (6), il existe des mesures fiables de mesure de la DE (7). La calorimétrie indirecte (CI) en se basant sur l'analyse de gaz inspirés et expirés (consommation d'oxygène et production de gaz carbonique) permet de mesurer la DER et la TA dans des conditions standardisées au laboratoire. La mesure de la DEAP se fait soit à l'aide de la CI, soit à l'aide des carnets et questionnaires d'activité, soit avec des compteurs de mouvements (podomètres et accéléromètres), soit avec des marqueurs physiologiques (fréquence cardiaque) (8). Dans des conditions de vie ambulatoire grâce à l'élimination d'isotopes stables avec le recueil d'échantillons biologiques (sang, salive ou urine) la technique de l'eau doublement marquée (EDM) permet une mesure objective et fiable de la DET (9). Si l'EDM est combinée à la mesure de la DER, on peut facilement estimer la DEAP grâce à l'équation $DEAP = DET - (DER + TA)$, dans laquelle la TA est soit mesurée soit estimée comme étant 10% de la DET. Mais le prix relativement élevé de l'EDM, la nécessité de la spectrométrie de masse et l'expertise technique requise ont limité son application à grande échelle dans les protocoles de recherche. Pour contourner ces inconvénients il existe deux principales techniques : les journaux et questionnaires qui sont exposés à plusieurs biais et peuvent sous ou surestimer la DEAP jusqu'à 60% (10) lorsqu'ils sont comparés à la mesure de la DEAP par la technique de l'EDM et enfin les accéléromètres qui à partir de la mesure des mouvements et dans certains cas d'autres paramètres (âge, sexe, corpulence, etc.) peuvent estimer de façon objective la DET. Plusieurs de ces accéléromètres ont été validés comparativement à la technique de l'EDM et ont démontré leur capacité à estimer de façon fiable la DET et la DEAP (11, 12).

Dans ce contexte, plusieurs auteurs ont souligné que pour estimer la DET et la DEAP d'une manière fiable, il est essentiel d'avoir recours à des données objectives qui n'interfèrent pas avec les activités usuelles et ce à moindre coût (13, 14). Dans ce cadre, les capteurs de mouvements (accéléromètres) sont prometteurs puisque les progrès technologiques incluant les nouveaux logiciels d'analyse permettent d'obtenir des données fiables sur un grand nombre de sujets.

Le SenseWear Armband (SWA) est un accéléromètre qui est porté sur la peau au niveau du triceps du bras droit. Le SWA évalue plusieurs paramètres physiques au moyen de senseurs non-invasifs (flux chaleur, réponse galvanique de la peau, température de la peau, température ambiante près de la peau et le mouvement au moyen d'un accéléromètre bidirectionnel) (15). L'estimation de la DER ainsi que la DET par le SWA a déjà été validé avec la CI (16, 17) avec une corrélation assez bonne et significative (r^2 variant entre 0.75 et 0.86) et de l'EDM (11, 18) avec une bonne corrélation significative (r^2 variant entre 0.80 et 0.85)

L'Actical (ACT) est un autre accéléromètre actuellement disponible sur le marché. Ce dernier se porte au niveau de la taille au moyen d'une bande élastique et mesure uniquement les accélérations. Les algorithmes qui ont été développés pour estimer la dépense énergétique prennent eux aussi en compte le sexe, l'âge, la grandeur et le poids. L'ACT a été moins validé que le SWA (19, 20) avec corrélation variant entre 0.14 et 0.85 de façon significative. En particulier, il n'existe pas de validation comparativement à la technique de référence de l'EDM.

Le niveau habituel d'activité ou d'inactivité physique est impliqué dans la survenue des pathologies chroniques les plus fréquentes dans les pays développés, en association avec les habitudes alimentaires, la prise excessive des boissons alcoolisées et le tabagisme. (21, 22). La prescription d'une activité physique régulière d'intensité modérée fait partie de la prise en charge d'un nombre croissant de conditions ou pathologies liées à la nutrition (obésité, diabète de type 2, vieillissement, ostéoporose etc.) (2). La prescription diététique passe par

une évaluation de l'alimentation et du niveau d'activité physique des sujets, de leur capacité à l'effort, pour diminuer le risque d'apparition des pathologies chroniques.

Nous avons identifié deux lacunes importantes dans la validation des accéléromètres pour estimer la DE :

1. Certains appareils n'ont pas été validés comparativement à la technique de référence et il n'existe pas de comparaison directe entre les différents appareils dans un contexte de mesure objective avec la technique de l'EDM.
2. Si une augmentation de 5% de la DEAP semble procurer des bénéfices significatifs pour la santé, il reste à établir que les accéléromètres disponibles ont la capacité de détecter une différence de cette importance. Il est donc important d'établir le seuil minimal de détection des appareils disponibles si on veut les utiliser pour des études épidémiologiques ou dans des programmes d'intervention de type promotion de l'activité physique.

Le but de cette étude est donc de permettre d'évaluer la capacité de ces deux accéléromètres (SWA et ACT) pour estimer:

1. La DET en comparaison avec la technique de l'EDM (étude de confirmation pour le SWA et première étude pour l'ACT) dans un premier temps et dans un second temps évaluer la concordance entre les deux accéléromètres (première étude).
2. La DER en comparaison avec la technique de la CI (étude de confirmation).
3. La DEAP ainsi que lors d'activités physiques variées (marche et vélo) en comparaison avec la technique de la CI (étude de confirmation et de validation selon le type d'exercice).

Ce mémoire de maîtrise portera sur la capacité de 2 accéléromètres (le SWA et l'ACT) à estimer la dépense énergétique totale chez les adultes sains. Le 4^e objectif est l'objet d'un travail séparé et ne sera pas abordé dans ce mémoire.

CHAPITRE 1 :

LA REVUE DE LA LITTERATURE

Dans ce chapitre, nous allons décrire les composantes de la DE, les différentes méthodes de mesure de la DE et commenter les études disponibles sur les accéléromètres comparativement aux méthodes de référence dans la littérature.

1.1 La dépense énergétique totale (DET) : trois composantes essentielles.

La DET est essentiellement dépendante des facteurs tels que le poids et plus particulièrement l'importance de la masse maigre, l'âge, le sexe et le niveau d'activité physique (7, 23). La DET est divisée en trois composantes :

1. La dépense énergétique de repos (DER),
2. La thermogénèse alimentaire (TA),
3. La dépense énergétique liée à l'activité physique (DEAP).

1.1.1 La dépense énergétique de repos (DER) (24) : La DER correspond à l'énergie dépensée par un individu à jeun, éveillé, au repos, en thermo neutralité, c'est-à-dire la consommation d'énergie pour assurer les fonctions vitales de l'organisme : renouvellement des constituants de l'organisme, travail cardiaque et respiratoire, travail des pompes membranaires nécessaires pour maintenir les gradients ioniques en l'absence de conditions de température extrêmes. Il existe une grande variabilité interindividuelle du métabolisme de base expliquée, en partie par l'âge, le sexe, et la composition corporelle dont la composante essentielle pour la DE est la masse maigre. La DER représente environ 60-75% de la DET (24). Certaines études ont montré qu'un faible métabolisme de repos était un facteur de risque de la prise pondérale ultérieure (25).

1.1.2 La thermogenèse alimentaire (TA) et la thermorégulation: La prise alimentaire augmente les dépenses énergétiques et représente le coût énergétique lié à l'absorption, le stockage et la transformation des aliments. Elle est en partie sous le contrôle du système nerveux sympathique (26) et est aussi influencée par des aspects qualitatifs et quantitatifs de l'alimentation (27).

Il existe aussi des dépenses énergétiques liées au maintien de la température corporelle autour de 37-37,5°C, un élément essentiel pour la survie. Cette composante s'appelle la thermorégulation. Les sujets exposés au froid maintiennent leur température centrale par la production de chaleur à partir d'une augmentation des oxydations cellulaires (thermorégulation). Inversement, les sujets exposés à la chaleur tendent à stabiliser leur température corporelle autour de 37°C par augmentation du travail cardiaque (vasodilatation périphérique et évaporation cutanée). En cas de fièvre, cette composante de régulation de la température peut devenir importante

Dans les conditions usuelles de vie, ces deux postes de dépenses (thermogenèse alimentaire et la thermorégulation) représentent 10 à 15% des dépenses quotidiennes de l'organisme. Si le sujet n'est pas exposé à des températures extrêmes ou ne présente pas de fièvre, la contribution de la thermorégulation est faible et souvent considérée comme négligeable.

1.1.3 La dépense énergétique liée à l'activité physique (DEAP) : L'activité physique est la troisième composante de la DE. La DEAP constitue la composante la plus variable et la plus facilement modulable de la DET. Au cours des dernières décennies, la révolution technologique dans le domaine agricole et industriel a fortement contribué à la réduction des dépenses liées aux travaux physiques (5). L'activité physique n'est pas limitée à la seule pratique sportive, mais correspond à l'ensemble des mouvements corporels produits par la contraction des muscles squelettiques qui entraîne une augmentation de la DE au dessus du niveau de la DER (8). La DEAP dépend alors des caractéristiques de l'activité physique pratiquée (intensité, durée et fréquence), mais aussi des caractéristiques du sujet

qui la pratique et en particulier de la composition corporelle, du niveau d'entraînement et de la capacité cardio-respiratoire. Le rôle de l'activité physique comme facteur déterminant de l'état de santé des individus et des populations est bien établi (21). La pratique régulière d'une activité physique améliorant les capacités cardiorespiratoires est associée à une réduction du risque de mortalité totale, de cause cardiovasculaire et en particulier de causes coronariennes (1, 28), de diabète de type 2 (29, 30), d'hypertension artérielle (31, 32), de dyslipidémie (33, 34) ainsi qu'à la diminution du risque de prise pondérale (2). En plus de ces effets bien démontrés sur la prévention des maladies cardio-métaboliques, une activité physique régulière est aussi une composante essentielle du traitement de ces maladies. Par exemple, chez les patients diabétiques de type 2, les activités aérobiques et l'entraînement en résistance ont des effets additifs pour l'amélioration de la glycémie mesurée par l'hémoglobine glyquée (35). L'activité physique (AP) aide aussi à mieux contrôler le stress et l'anxiété, à améliorer l'estime de soi et à assurer le maintien de la qualité de vie.

1.2 Mesure de la dépense énergétique :

Dans la littérature il existe plusieurs méthodes de mesure de la dépense énergétique. Nous avons classé ces méthodes en 2 catégories : les méthodes de référence et les méthodes alternatives.

1.2.1 Les Méthodes de référence

Deux méthodes de référence utilisées pour mesurer la DET sont la calorimétrie directe et l'eau doublement marquée (EDM).

La calorimétrie directe est la mesure directe de la chaleur dégagée au cours des oxydations des nutriments dans l'organisme. La chambre calorimétrique est un appareil qui mesure la perte de chaleur d'un individu (24). Elle mesure la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir constante la température intérieure d'une chambre munie d'isolation thermique et

à l'intérieur de laquelle un sujet se trouve. L'appareillage permet de mesurer la chaleur transmise par le corps et l'air brassé permet de déterminer la VO_2 (consommation d'oxygène) et la VCO_2 (production de gaz carbonique). En effet, pour chaque substrat (glucides, lipides ou protéines) utilisé pour la production de chaleur, une quantité fixe d'oxygène sera consommée et une quantité fixe de gaz carbonique sera produite. Ces 3 éléments (chaleur, VO_2 et VCO_2) permettant une détermination précise de la DET. Pour obtenir des résultats précis, le sujet doit séjourner dans cette chambre de taille réduite au moins 24 heures. La température interne du sujet ne doit pas non plus subir de variation trop importante. La calorimétrie directe est une méthode peu utilisée car un nombre réduit d'institution disposent de l'équipement nécessaire qui est extrêmement coûteux (> 150.000 \$CAD) et requiert du personnel hautement qualifié pour l'utilisation et la maintenance.

La méthode de l'eau doublement marquée (EDM) est l'autre méthode de référence (« gold-standard ») pour la DET. Cette méthode repose sur la mesure de la production de CO_2 qui est proportionnelle à la DE. La méthode de l'EDM est une méthode isotopique : la production de CO_2 est déterminée 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. : 2H_2O (eau deutérée) et $H_2^{18}O$ (eau enrichie en ^{18}O), d'où son nom. L'eau doublement marquée ingérée se dilue dans l'eau totale de l'organisme. 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. C'est donc la différence de vitesse d'élimination des deux isotopes qui permet de calculer la production de CO_2 . L'intégration des cinétiques isotopiques est réalisée environ sur 7 à 14 jours chez l'adulte. Pour ce faire, on recueille des échantillons biologiques (sang, salive ou le plus souvent urine) avant la prise d'eau afin d'établir l'enrichissement isotopique naturel ou bruit de fond; un volume d'eau doublement marquée proportionnel au poids du sujet est ensuite administré. Ensuite, un deuxième échantillon biologique est recueilli quelques heures après la prise de l'eau afin de mesurer l'enrichissement maximal une fois l'eau marqué diluée et répartie au sein de l'organisme,

enfin un dernier échantillon est pris plusieurs jours plus tard pour mesurer la disparition naturelle (deutérium) et la disparition proportionnelle à la production de CO₂ (O₁₈). La production de CO₂ calculée est donc une moyenne de cette période de mesure (36).

Le principal avantage de cette méthode est le caractère limité des contraintes pour des patients ou volontaires explorés. Il suffit de boire la dose de l'EDM, eau sans goût particulier et de fournir des échantillons biologiques. L'EDM constitue la technique de référence à cause de sa précision et son adaptation à toutes les populations. Elle peut être effectuée dans un contexte de vie habituelle. Si on la combine les valeurs obtenues pour la mesure de la DET grâce à l'EDM avec la mesure de la DER et une estimation de la TA, on peut estimer la DEAP sur la période de mesure selon la formule (37) : $DEAP = DET \times 0.9 - DER$. Dans cette formule, on assume que la TA représente 10% de la DET. Il est aussi possible de mesurer directement la TA en réalisant une calorimétrie indirecte postprandial. Le principal défaut de cette méthode est qu'elle n'est disponible que dans de rares centres spécialisés, en partie à cause du prix des isotopes (l'eau enrichie en ¹⁸O est chère, de l'ordre de 100 à 150\$CAD par mesure selon la corpulence), mais aussi de l'équipement de mesure (spectrométrie de masse isotopique ; plusieurs centaines de milliers de dollars) et de l'expertise technique requise. Comparativement à la calorimétrie directe, l'EDM permet de mesurer la DET en toute liberté sans interférence avec les activités quotidiennes. Par contre, elle ne permet pas de préciser la part de l'énergie dépensée (intensité, durée) lors d'une activité physique. Elle ne permet pas non plus de déterminer la répartition de la DE sur différentes journées puisqu'elle fournit un total sur la période étudiée.

La calorimétrie indirecte : C'est la méthode la plus utilisée. Elle permet d'estimer la production d'énergie et l'utilisation des substrats énergétiques (quotient respiratoire) à partir des échanges gazeux respiratoires : la consommation d'oxygène (VO₂) et la production de gaz carbonique (VCO₂) (7). Trois éléments clés sont nécessaires pour assurer une mesure précise : la mesure précise du débit des échanges gazeux, la mesure de la consommation d'oxygène et la mesure de la production du gaz carbonique.

Cette mesure non invasive peut être effectuée aisément au laboratoire chez un sujet allongé en décubitus dorsal et placé sous un large casque qui permet de recueillir les gaz inspirés et expirés. Le sujet est au repos, éveillé, légèrement vêtu dans une chambre à 22-24°C (24). Le sujet ne doit pas ingérer de caféine ni fumer au cours des 6 à 8 heures précédant la mesure et il est recommandé de standardiser les apports alimentaires et l'activité physique au cours des 2-3 jours précédents la mesure. La mesure proprement dite est réalisée pendant 30 minutes : on exclut les premières minutes afin de permettre au sujet de s'acclimater.

La dépense énergétique peut être obtenue de façon simple par l'équation de Weir : DE (kcal/min) = $3,941VO_2$ (l/min) + $1,106VCO_2$ (l/min). Le rapport du CO_2 produit sur l'oxygène consommé (VCO_2/VO_2) définit le quotient respiratoire (QR) (7). Chez un sujet dont le poids est stable, le QR le matin à jeun est proche de 0,84 ce qui représente une oxydation principalement des lipides. Cette valeur est égale à 1 pour l'oxydation exclusive des glucides et 0,7 pour les lipides (24).

La même mesure peut être réalisée en postprandial afin de mesurer la TA mais il existe de nombreux débats sur la façon de normaliser le repas (nombre de calories, aspects qualitatifs) et la durée de la mesure (27).

Une mesure de même nature peut se faire avec un masque ou un embout buccal au cours d'un exercice sur ergo cycle ou sur tapis roulant pour mesurer la DE reliée à une activité (11). On obtient ainsi une mesure objective de la DEAP.

Il existe des modèles portables de calorimètres indirects qui comportent une version miniaturisée du calorimètre et une analyse des gaz inspirés et expirés via un embout buccal (23). Leur usage reste néanmoins limité, leur taille et le besoin de porter un masque ou un embout buccal peuvent interférer avec de nombreuses activités.

La calorimétrie indirecte permet donc une évaluation précise de la DER, de la TA et de la DEAP pour certains exercices dans des conditions standardisées au laboratoire. Le coût d'acquisition (~ 50.000 \$CAD) et d'entretien (~ 4.000\$/an) limitent l'utilisation de ce type de matériel.

1.2.2 Les méthodes alternatives :

Ce sont des méthodes utilisées si on ne dispose pas des outils décrits précédemment, si leur utilisation est incompatible avec le protocole (ex : grand nombre de sujets) ou encore des ressources requises pour les techniques de référence. Certaines mesures sont objectives (ex : accéléromètres), d'autres sont rapportées (ex : questionnaire ou journal d'activité physique) ou encore calculées (ex : formules pour estimer la DET).

La DER et la DET peuvent être estimées à l'aide d'équations. Les variations interindividuelles de la DER dépendent principalement du poids (en kg), de la taille (en cm), de l'âge (années) et du sexe des sujets. Les formules les plus utilisées sont celles de Harris et Benedict:

Pour les femmes : $DER \text{ (Kcal/j)} = 655,1 + (9,6 * \text{poids}) + (1,8 * \text{taille}) - (4,7 * \text{âge})$

Pour les hommes : $DER \text{ (Kcal/j)} = 66,5 + (13,7 * \text{poids}) + (5,0 * \text{taille}) - (6,8 * \text{âge})$

D'autres formules sont utilisées pour estimer la DER tels que la formule de Mifflin-St Jeor (38) et la formule de Owen (39) :

Métabolisme de base selon Mifflin-St Jeor (kcal/j) :

Hommes : $(9,99 * \text{poids kg}) + (6,25 * \text{taille cm}) - (4,92 * \text{âge ans}) + 5$

Femmes : $(9,99 * \text{poids kg}) + (6,25 * \text{taille cm}) - (4,92 * \text{âge ans}) - 161$

Métabolisme de base selon Owen (kcal/j) :

Hommes : $879 + (10,2 * \text{poids kg})$

Femmes : $795 + (7,18 * \text{poids kg})$

Les valeurs obtenues à partir des formules de Harris-Benedict, de Mifflin et de Owen ont été comparées aux valeurs mesurées par la calorimétrie indirecte (40). Les résultats ont montré que la formule de Harris-Benedict était précise dans 45% à 80% des cas chez les sujets non obèses avec une tendance à la surestimation. La formule de Mifflin a montré une variation de la précision de $\pm 10\%$ dans 82% des cas avec elle aussi une tendance à la surestimation. On a noté une variation de la précision de $\pm 10\%$ dans 73% des cas pour la formule de Owen avec cette fois-ci une sous estimation toujours chez les non obèses. Les mêmes tendances ont été observées chez les sujets obèses avec une baisse de la précision de $\pm 10\%$ dans 70% des cas pour la formule de Mifflin et 51% pour celle d'Owen (40).

Pour estimer la DET à partir de ces formules, un facteur d'activité physique est utilisé selon le sexe du sujet (41).

Sexe	Activité légère	Activité modérée	Activité intense
Homme	1.55	1.78	2.10
Femme	1.56	1.64	1.82

Légère : < 4 METs, modérée : $4 - 5.9$ METs, intense: > 6 METs

La validation de ces formules reste incomplète chez les sujets âgés et chez certaines ethnies. De plus, plusieurs études indiquent que le risque de sous estimation est plus important chez les sujets obèses que chez les sujets de poids normal. Lorsque qu'elle n'est pas mesurée il est estimé que la TA représente 10% de la DET. Le principal avantage de

ces formules est donc leur simplicité, car elles ne nécessitent que quelques facteurs simples (âge, poids, taille et sexe). Par contre, elles souffrent de multiples imprécisions et d'une validation qui reste largement incomplète.

Les journaux et les questionnaires représentent la méthode d'évaluation de l'activité physique la plus répandue en raison de leur faible coût et de leur facilité d'utilisation. Il existe de très nombreux questionnaires, de journaux d'activité physique et aussi différentes compilations de coût énergétique pour chaque type d'activité physique (42). Ils permettent d'obtenir des informations non seulement sur le type et la durée de l'activité physique pratiquée mais aussi sur le contexte dans lequel ils s'inscrivent : l'activité physique de loisir, liée aux tâches professionnelles ou liée aux déplacements quotidiens. Les questionnaires peuvent être soit auto-administrés ou réalisés par un enquêteur (43) alors que les journaux sont remplis par les sujets. Le tableau ci-dessous présente des caractéristiques de quelques questionnaires permettant de calculer la DEAP.

Tableau 2 : Caractéristiques de quelques questionnaires d'activité physique estimant la DEAP (43, 44)

	Mode d'administration	Durée d'administration	Période d'étude	Activité étudiée	Expression des résultats
IPAQ long	Téléphone ou auto-administré	27 questions (15 mn)	Semaine précédente	Loisir	MET-min-sem. ⁻¹
				Professionnel	
				Domestique	
IPAQ court	Téléphone ou auto-administré	7 questions	Semaine précédente	Temps assis	MET-min-sem. ⁻¹
				Intensité modérée	
				Intensité vigoureuse	
MAQ	Face à face ou auto-administré	5-10mn (inactif) 1 h (très actif)	Année précédente	Marche	MET-h-sem. ⁻¹
				Temps assis	
				Loisir	
EPIC Physical Activity Questionnaire (EPAQ 2)	Auto administré	80 items environ	Année précédente	Professionnel	MET-h-sem. ⁻¹
				Domestique	
				Temps d'écran	
CHAMPS	Auto-administré	41 items (5 à 20 min)	1 mois	Loisir	Kcal.sem ⁻¹
				Travail (y compris déplacements	
				Dans et autour de la maison	
				Activités typiques des sujets âgés	

Pour traduire en dépense énergétique l'activité physique évaluée par les questionnaires, il existe dans la littérature différentes tables indiquant le coût énergétique approximatif de

nombreux types d'activités physiques, professionnels et de loisirs. Les dénominations utilisées sont le niveau d'activité physique (NAP) ou le « metabolic equivalent » (MET).

Le NAP correspond au rapport de la DET sur la DER. La table la plus utilisée est celle publiée en 1985 par l'OMS qui ne tient pas compte que l'activité physique professionnelle. (41) Par exemple, pour un sédentaire ne pratiquant que de courtes périodes (10 minutes) d'activité physique de loisir, la DE de 24 heures sera 1.5 fois la DER. Le NAP sera de 1.8 pour une activité physique intense. Les études utilisant la méthode à l'EDM suggèrent que la valeur du NAP est souvent sous estimée chez les sujets pratiquants une activité physique d'intensité élevée et peut atteindre 2.5 fois la DER.

Le MET est le rapport du coût énergétique d'une activité donnée sur la DER. Un MET représente la DE d'un individu au repos, assis sans bouger, et est estimé à 3.5 ml d'oxygène consommé par kilogramme de poids corporel et par minute soit 1 kcal/kg/h (45). C'est ainsi qu'une activité physique d'intensité basse est considérée inférieure à 4 MET, une activité physique d'intensité moyenne entre 4 et 5.9 MET et une activité physique d'intensité élevée est supérieure à 6 MET.

Tableau 3 : Exemple de coût métabolique de certaines activités physiques (45)

Domaine	Activités	MET
	Dormir	0.9
Sédentarité	Regarder la télévision	1
Loisir	Marche à vitesse modérée	3.3
	Marche rapide	3.8
	Ski alpin (descente)	6
	Nager la brasse	10
Travail	Taper à l'ordinateur (assis)	1.5
	Marcher dans un bureau	2
	Maçonnerie	7
Domestique	Repasser	2.3
	Passer l'aspirateur	3.5
	Passer la tondeuse à gazon	5.5

Les questionnaires sont exposés à de nombreux biais de sous-évaluation des apports alimentaires et de surévaluation de l'activité physique habituelle, comme documenté par les études utilisant l'EDM (46). Dans le cadre de l'obésité, la surestimation de l'activité physique est généralement plus importante que chez les sujets de poids normal. (46) Ces biais constituent un problème général lors de l'évaluation de l'activité physique habituelle par questionnaire (8). Les variables mesurées par ces questionnaires et/ou rappels sont exprimés de façons différentes et à différents niveaux selon la fréquence, la durée et l'intensité de l'activité physique (47). On peut exprimer ainsi la DEAP en METs-heure par semaine ou en kcal/kg/semaine (47). Ces valeurs peuvent être converties en kcal/semaine ou kcal/jour lorsque le poids de la personne est connu.

Même si son intérêt au niveau individuel reste limité, cette méthode permet en général de classer correctement une population donnée en fonction de leur activité physique habituelle.

La difficulté liée au phénomène de surestimation ne doit cependant pas conduire à minimiser la richesse de l'information que peut nous apporter l'utilisation des questionnaires d'activité physique, qu'il s'agisse d'études transversales, longitudinales ou d'intervention. Par exemple, dans une étude effectuée auprès de 9000 sujets français, il a été montré que la réalisation d'activités d'intensité modérée de la vie quotidienne, telles qu'aller au travail en marchant ou à vélo, étaient inversement associées au gain de poids après 5 ans de suivi (48). Dans une autre étude effectuée aux États-Unis, utilisant les questionnaires d'activité physique habituelle (MAQ) pour la prévention du diabète de type 2, il a été montré que l'augmentation de l'activité physique habituelle dans le cadre d'une intervention sur le mode de vie était associée à une diminution de près de 60% du risque du diabète de type 2, après trois ans de suivi en moyenne (49). En clinique, les réponses issues des différents questionnaires disponibles permettent une évaluation du niveau d'activité physique des sujets en fonction du contexte (loisirs, travail, transport...). Cette évaluation permet de contribuer à diminuer le risque d'accident cardiovasculaire par l'augmentation de l'activité physique ou la diminution du comportement sédentaire (50).

Les podomètres permettent de quantifier le nombre de pas effectués par un sujet à partir de l'accélération verticale de la hanche lors de la marche sur une période donnée (8). Néanmoins, ils ne permettent pas d'évaluer l'intensité du mouvement. L'estimation précise du nombre de pas effectués et la distance parcourue est variable en fonction des modèles disponibles (51). À partir du nombre de pas, on peut estimer de façon grossière la DEAP. Le nombre de pas constitue néanmoins un indicateur important de la santé et il est recommandé de réaliser au moins 10.000 pas par jour afin de maximiser les bienfaits préventifs et thérapeutiques de l'activité physique (52).

Les accéléromètres sont de petits appareils portatifs peu encombrants constitués d'un système permettant d'enregistrer les mouvements corporels selon un axe antérolatéral, deux axes (vertical et medio-latéral) ou trois axes (vertical, medio-latéral, antéropostérieur)

produits par le corps en mouvement, et ce grâce à des capteurs piézo-électriques et une masse sismique. Lors de l'accélération, la masse sismique déforme l'élément piézo-électrique entraînant ainsi des différences de potentiel proportionnelles à l'accélération. Ces données brutes proportionnelles aux mouvements sont exprimées en coût par minute permettant la mesure de la DEAP. Ensuite, selon des paramètres démographiques (âge, sexe) et anthropométriques (corpulence) la DET est estimée. Afin d'améliorer l'estimation de la DET, certains de ces appareils sont aussi munis de multi capteurs qui permettent de déterminer la DE à partir du reflet du contenu cutané hydrique, de l'état de vasoconstriction ou de dilatation périphérique et du taux de dissipation de la chaleur corporelle. Les accéléromètres sont munis d'un microprocesseur permettant le stockage des données pendant une durée de quelques heures à plusieurs semaines (51).

Les principaux accéléromètres disponibles sur le marché actuel sont le Dynaport, le Tritract, l'Actical et le Sensewear Pro Armband.

1.3 Vers des outils plus prometteurs de mesure de la dépense énergétique totale : le SenseWear Armband et l'Actical

1.3.1 SenseWear Armband :

C'est un appareil de petite taille et poids (environ 200 grammes), afin de ne pas interférer avec la vie habituelle, porté sur la peau au niveau du bras droit ou du bras gauche selon que le sujet soit droitier ou gaucher. Le principe de mesure de cet appareil est fondé sur la mesure de la quantité de mouvement, le nombre de pas ou la distance parcourue, la température cutanée, l'humidité de la peau, sur une période d'enregistrement donnée, et nécessite une étape de téléchargement des données sur un ordinateur avant interprétation.

Le choix de ces deux accéléromètres est expliqué en partie par leur coût (logiciel) comparé à d'autres appareils sur le marché. En plus la plupart de ces appareils n'ont pas été

comparé à l'eau doublement marquée qui est la méthode de référence (gold standard) dans la mesure de la dépense énergétique.

Des équations de régression à partir des données anthropométriques du sujet donnent une estimation de la dépense énergétique liée à l'activité physique et de la DET. Les équations permettant la conversion des données recueillies en estimation de la DE ne sont pas fournies par le fabricant. Les batteries et mémoires associées permettent des enregistrements d'au moins une semaine en continu. Des études de validation ont été effectuées avec le SWA.

Fruin et al. (12) ont comparé la calorimétrie indirecte et le SWA pour estimer la DER et certaines activités d'ergométrie dans un premier protocole. La DER et l'ergométrie ont concerné 13 participants masculins (âge : $23,2 \pm 3,8$ ans ; IMC : $23,8 \pm 3,1$ kg/m²; pourcentage du tissu adipeux: $14,4 \pm 4,4\%$). Les résultats ont montré à ce niveau que le SWA sous-estimait de façon non significative la DER ($p > 0,65$). Il y avait une corrélation significative entre les deux mesures ($r = 0,76$, $p < 0,004$). Le graphique de Bland-Altman a montré un accord entre les 2 méthodes à 95% d'I.C.

Dans un second protocole ils ont comparé le SWA et la calorimétrie indirecte sur tapis roulant (3 types d'intensité : 80.5m/mn à 0% de grade; 107.3m/mn à 0% de grade et 107.3 m/mn à 5% de grade) pendant 30 minutes. Ce protocole a été effectué chez 10 hommes (âge : $25,2 \pm 3,2$ ans, Poids : $79,5 \pm 17,2$ kg, pourcentage tissu adipeux: $10,8 \pm 5,1\%$) et 20 femmes (âge : $25,3 \pm 3,2$ ans, Poids : $62,4 \pm 10,1$ kg, pourcentage tissu adipeux: $18,6 \pm 6,7\%$). Les résultats ont montré une surestimation significative de la DE à toutes les vitesses de marche ($p < 0,02$) du SWA et une sous-estimation de la DE lors de la marche sur un plan incliné ($p < 0,01$). Le coefficient de corrélation décroît avec l'augmentation d'intensité de l'activité de 5% ($r = 0,54$, $p < 0,01$ à $r = 0,47$, $p < 0,04$). Le graphique de Bland-Altman montre un accord entre les deux méthodes. L'étude de la DE lors de la phase

de récupération après l'exercice montre qu'il n'y a pas de différence entre les deux méthodes. Cette étude suggère donc que le SWA estime mieux la dépense énergétique de repos et sur le tapis la précision des mesures pourraient être influencée par la vitesse à laquelle l'exercice est réalisé.

Malavolti et al. (17) ont évalué le métabolisme basal avec le SWA et la calorimétrie indirecte chez des adultes non obèses ($IMC < 30 \text{ Kg/m}^2$), âgés de plus de 30 ans. Il n'y avait pas de différence entre les mesures de DER selon les deux méthodes. Ils ont trouvé une forte corrélation avec la mesure par calorimétrie indirecte, ($r = 0.86$, $p = 0.0001$). Il y avait une corrélation entre l'IMC et DER ($r = 0,4$, $p < 0,0001$ pour les 2 méthodes et une corrélation entre le pourcentage du tissu adipeux et la mesure de DER ($r = 0,4$, $p < 0,0001$ pour les 2 méthodes). Le graphique de Bland-Altman a montré qu'il y avait un très bon accord entre les deux méthodes puisqu'il ne détectait pas de biais à 95 % dans les limites de prédiction. Cette étude suggère donc que le SWA estime adéquatement la DER mais que la corpulence et l'adiposité pourraient influencer la validité des résultats. Il convient de noter qu'en l'absence de mouvement, les paramètres retenus par le SWA pour estimer la DER ne sont pas connus.

Jackicic et al (15) ont comparé la DE estimée à partir du SWA à la dépense d'énergie mesurée par la calorimétrie indirecte au cours d'exercices de courte durée (20-30 min) tels que la marche sur tapis roulant, montée/descente de marches, ergomètres à roue et à bras (différents vitesses, temps, niveaux) chez 40 participants constitués de 20 hommes et de 20 femmes (âge : $23,2 \pm 3,8$ ans; $IMC : 23,8 \pm 3,1 \text{ kg/m}^2$). Si on utilise un algorithme identique pour tous les exercices, le SWA surestime la DE pour un ergomètre à bras et sous-estime la DE pour les autres types d'exercice. Le graphique de Bland-Altman montre qu'il n'y a pas d'accord entre les deux méthodes. Pour un algorithme spécifique à chaque type activité il n'y a pas de différence entre la mesure de la DE des deux méthodes. Le graphique de Bland-Altman montre un accord entre les deux méthodes. Les auteurs ont

conclu que l'application des logiciels (équations) spécifiques est nécessaire au cours de l'exercice avec le SWA pour améliorer la précision de l'estimation de la dépense d'énergie pendant les périodes d'exercice. Il est important de noter que dans ce projet de recherche les exercices sont de courte durée et que le SWA ne peut pas différencier le type d'exercice.

Des données préliminaires non publiées mais soumises pour publication (Anne-Sophie Brazeau, Antony D. Karelis, Diane Mignault, Marie-Josée Lacroix, Denis Prud'homme and Rémi Rabasa-Lhoret, *Reliability of the SenseWear Armband to Assess Energy Expenditure in Adults*. accepté pour publication dans la revue *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*) obtenues au laboratoire de l'IRCM sur ergocycle démontrent que le SWA sous-estime la DE durant les 10-15 premières minutes d'exercice. Enfin, l'application d'équations spécifiques à chaque type d'exercice ne sera concevable que dans un cadre standardisé au laboratoire et non pas dans le cadre d'une activité spontanée sur plusieurs jours. Cette étude suggère une faible validité du SWA pour les exercices de courte durée.

King et al. (16) ont effectué des exercices de marche sur tapis roulant à différentes intensités pour évaluer la DE à partir du SWA et de la calorimétrie indirecte chez 10 hommes (âge : $25,2 \pm 4,5$ ans; poids : $69,5 \pm 6,2$ kg) et 11 femmes (âge : $24,7 \pm 5,4$ ans; poids: $59,5 \pm 6,1$ kg). Ces auteurs ont trouvé qu'il existe un effet de l'intensité de l'activité physique sur la capacité du SWA à estimer la DET ($p < 0,001$) comparativement à la calorimétrie indirecte. La mesure est influencée par l'augmentation de l'intensité de l'activité physique. Les résultats ont montré des interactions entre le sexe et l'endroit où le SWA est posé soit de façon longitudinale ($F = 4,84$, $p < 0,05$) ou transversale ($F = 4,49$, $p < 0,05$). Cette étude suggère que l'intensité de l'exercice pourrait influencer la validité des mesures de la DE par le SWA. Le nombre de sujets reste néanmoins faible.

St-Onge et al. (11) ont évalué sur une période de 10 jours à partir du SWA porté en continu, les différentes composantes de la DE (DET et DER) comparé à l'eau doublement marquée et à la calorimétrie indirecte chez 45 sujets (âge : $35,1 \pm 14$ ans, IMC : $23,9 \pm 4,0$ kg/m²). Les résultats ont montré une sous-estimation de la dépense énergétique totale journalière

par le SWA. La moyenne estimée de la dépense énergétique quotidienne mesurée avec le SWA était de 117 kcal/j de moins (2375 ± 366 kcal/j) que celle mesurée avec l'eau doublement marquée (2492 ± 444 kcal/j, $p < 0,01$). Malgré cette différence entre les groupes, les comparaisons individuelles entre le SWA et l'eau doublement marquée restaient acceptables, la corrélation intra classe étant de 0,81 ($p < 0,01$). Le graphique de Bland-Altman: 98% d'accord entre les deux méthodes à ± 2 écarts type.

La mesure du NAP était moins précise que celle de la DET journalière, la différence était significative entre les moyennes ($p < 0,01$) avec 46% de variance expliquée due aux individus et 54% aux méthodes. Le graphique de Bland-altman: 17% hors de la zone d'accord entre les deux méthodes à ± 2 écarts type, l'analyse de régression donne $R^2 = 0,49$, $SEE = \pm 179$ kcal/j et $p < 0,01$. Cette moindre validité pour estimer la dépense énergétique provient de la méthode de calcul qui nécessite des estimations de plusieurs paramètres pour obtenir la DE reliée à l'exercice selon la formule : $DEAP = DET - (DER - TA)$ dans laquelle la TA est estimée à 10% de la DET. Une sous analyse de cette étude pour les sujets diabétiques (53) indique une bonne validité pour ce sous-groupe ce qui est important puisque l'hyperglycémie peut influencer la DE. Cette étude est la plus importante pour valider l'estimation de la DET, la DER et la DEAP par le SWA et démontre une concordance acceptable entre le SWA et l'EDM.

Johanssen et al. (18) ont comparé le SWA à l'EDM. Les participants à l'étude (30 adultes en bonne santé âgés de 24-60 ans) ont porté le SWA pendant 14 jours consécutifs, y compris pendant le sommeil. L'estimation de la DET journalière est surestimée en moyenne de 112 kcal/jour par le SWA. L'analyse de régression intra-class a montré que le SWA mesure avec précision la dépense énergétique totale comparée à l'eau doublement marquée ($ICC = 0,80$, $IC\ 95\%: 0,70-0,89$). Ces résultats sont donc proches de ceux obtenus par St-Onge et al. et suggèrent que le SWA estime adéquatement la DET.

Papazoglou et al. (54) ont évalué la fiabilité et la validité du SWA pendant le repos et l'exercice par rapport à la calorimétrie indirecte. Cette évaluation a été faite chez 142 adultes obèses (37 hommes et 105 femmes, IMC = $42,3 \pm 7,0$) et 25 adultes avec surcharge pondérale (IMC = $25,3 \pm 3,2$) comme groupe de comparaison. Vingt-neuf des adultes obèses ont également participé à trois séances d'exercice, y compris l'ergocycle, la marche d'escalier, et la marche sur tapis roulant durant 20-25 minutes. Les résultats de leurs études montrent que la DER est sous-estimé de 8,8% chez les sujets obèses par le SWA, mais que la corrélation entre la DER mesurée par le SWA et celle par calorimétrie indirecte est forte ($r = 0,88$, $p < 0,001$). Le graphique de Bland-Altman montre un très bon accord entre les deux méthodes pour les sujets non obèses, moins bon pour les sujets obèses à 95% d'IC, le biais augmente lorsque la DER augmente. La DE pour le NAP est surestimée pour les 3 activités par le SWA, pas d'accord entre les deux méthodes selon le graphique de Bland-Altman. Dans cette étude avec un important effectif, le SWA comporte des limites significatives pour la mesure de la DE chez les personnes obèses : sous estimation de la DER et surestimation de la DEAP.

Bernsten et al. (55) ont comparé le SWA et la calorimétrie indirecte chez 14 hommes (âge : $31 \pm 9,6$ ans, IMC : $24 \pm 2,3$ kg/m²) et 6 femmes (âge : $39 \pm 7,6$ ans, IMC : $24 \pm 6,1$ kg/m²). Les activités physiques évaluées étaient de 20 participants pour activités sédentaires ; 11 participants pour la marche rapide, course, cyclisme et 5 participants pour un entraînement intensif. Le SWA a été porté pendant 120 minutes. Les résultats ont montré une surestimation de la dépense énergétique lors d'une activité physique modérée à intense de 2,9 % ($p < 0,001$); une sous-estimation de la DE des activités très intenses ($p < 0,001$) et une sous-estimation de la DET de 9%. Les résultats ont montré des variations dues aux différences entre les individus dans 53% et dues à l'accéléromètre dans 47% des cas. Cette étude suggère que le SWA surestime la DE lors d'exercices à faible intensité et la sous-estime pour des exercices à forte intensité.

Sommaire : Plusieurs chercheurs ont montré que le SWA est précis pour l'estimation du métabolisme de base (DER) comparativement à la calorimétrie indirecte et qu'il permet de faire une bonne estimation de la DET comparativement à la technique de l'EDM (11, 12, 18). Néanmoins, les composantes de la DE semblent sous-estimées dans 4 situations :

- Chez les sujets obèses (54)
- Pour la plupart des études qui ont évalué l'exercice de courte durée (12, 16)
- Pour les exercices intenses (54).
- Pour les exercices réalisés sur tapis roulant (15). Il se pourrait que le fait de tenir une rampe au cours de ce type d'exercice explique la sous-estimation. Néanmoins, de façon intéressante le SWA estime bien la DE lors d'un exercice sur ergocycle stationnaire (11).

Il convient néanmoins de préciser qu'il n'existe à ce jour aucune étude publiée sur l'exercice de longue durée, une étude est en cours dans notre laboratoire pour explorer cet aspect. Les résultats préliminaires démontrent que pour un exercice de 45 minutes sur ergocycle le SWA sous-estime la DEAP au cours des 10 premières minutes (A-S Brazeau soumis sept. 2010 et révision #1 déc. 2010). Ces données pourraient expliquer la moins bonne fiabilité du SWA dans les études explorant la DEAP puisque la majorité d'entre elles étaient de courte durée. Il manque aussi des études de reproductibilité pour différentes composantes de la DE. Notre laboratoire a aussi réalisé cette étude (A-S Brazeau soumis sept. 2010 et révision #1 Nov. 2010) qui démontre une excellente reproductibilité du SWA dans de multiples conditions. Enfin la compagnie a proposé plusieurs versions successives du logiciel et à ce jour, il n'existe pas de validation de la dernière version du logiciel (version 6.1).

1.3.2- L'Actical (ACT)

Généralement fixé à la ceinture au niveau d'une hanche, il pèse environ 20 grammes. À la différence du SWA qui intègre d'autres données, cet accéléromètre se base exclusivement

sur le mouvement dans 2 axes et les données démographiques et anthropométriques pour estimer les composantes de la DE. Santé Canada a choisi cet appareil pour les études épidémiologiques canadiennes(56). Le nouvel algorithme (traitement de données qui permet de produire un résultat à partir d'une formule développée par le fabricant) de l'ACT semble être précis pour la mesure de la DE contrairement à l'ancien algorithme qui ne tenait pas compte de certaines informations sur les différents types d'activités (taper à l'ordinateur, marche dans un bureau...). Peu d'études sont disponibles pour valider l'ACT comparativement aux techniques de référence. En particulier, l'ACT n'a pas été comparé avec la méthode de l'EDM. L'ACT n'a été validé que pour des périodes d'activité très courtes, soit 10 minutes environ. Il n'a pas été non plus utilisé dans un environnement naturel (57). Il existe deux équations de régression pour l'analyse des données avec l'ACT qui sont : premièrement une courbe de régression exponentielle ($r^2 = 0.912$) avec une erreur type de l'estimation à 0.149 pour les activités et un coefficient de variation $\leq 13\%$ et deuxièmement une ligne de régression cubique ($r^2 = 0.884$) avec une erreur type de l'estimation à 0.804 pour les activités et un coefficient de variation $> 13\%$. La première donne plus de précision (58).

Heil et Klippel (59) ont étudié l'ACT en comparaison avec la calorimétrie pour générer des algorithmes de prédiction en fonction de l'endroit où l'accéléromètre est fixé. L'étude a été menée chez 12 hommes (âge : 33.5 ± 7.8 ans, poids : 83.0 ± 8.7 kg) et 12 femmes (âge : 39.3 ± 10.2 ans, poids : 68.9 ± 5.3 kg). Les résultats ont montré que les algorithmes pour les moniteurs placés au niveau de la taille ($r = 0.94$, $SEE = \pm 0.8$ METs, $p < 0.001$) étaient meilleurs par rapport au poignet ($r = 0.90$, $SEE = \pm 1.0$ METs, $p < 0.001$) ou au niveau de la cheville ($r = 0.77$, $SEE = \pm 1.4$ METs, $p < 0.001$). L'ACT devrait donc être porté à la taille

Crouter et al. (60) ont fait une étude comparative entre l'ACT et la calorimétrie indirecte chez 48 sujets dont 24 hommes âgés de 36 ± 12.8 ans avec un IMC de 25.8 ± 5.2 kg/m² et

24 femmes âgées de 35 ± 10.3 ans avec un IMC de $22,7 \pm 4,0$ kg/m². Ils ont étudié les équations existantes et développé une nouvelle équation. Les activités évaluées portaient sur 3 routines. *Routine 1* : couché, debout, travail sur ordinateur, écriture, montée, descente escaliers, pédalage stationnaire sur ergocycle ; *Routine 2* : marche lente, marche rapide, basketball, racquetball, course lente, course rapide; *Routine 3* : passage aspirateur, balayage/vadrouille, nettoyage (fenêtres, vaisselle), tonte pelouse, râtelage herbes/feuilles. La durée de chaque activité était courte soit 10 minutes. Les équations de prédiction de l'accéléromètre existantes (Équations de Klippel et Heil, voir référence 58) a montré une bonne prédiction des activités sédentaires, marche rapide et course, une surestimation marche lente, une sous-estimation de la plupart des activités modérées à intenses. Le graphique de Bland-Alman montre un accord entre les deux méthodes (biais 0,8 MET, $R^2 = 0,02$). La nouvelle équation de prédiction a montré qu'il y a une distinction de marche/course des autres activités, une meilleure prédiction de la DE, activités modérée et intense ($p < 0,05$). Pas de différence entre estimation à partir de cette équation et la mesure par calorimétrie indirecte sauf pour les activités sur ergocycle ($p < 0,05$). La corrélation de cette nouvelle équation avec mesure de calorimétrie indirecte : $r = 0,89$, $p < 0,05$. Graphique de Bland-Alman: accord entre les deux méthodes (biais 0,1 MET, $R^2 = 0,004$). Le type d'équation pour estimer la DE semble donc très important pour l'ACT. Comme pour le SWA il semble y avoir des activités pour lesquelles l'ACT est moins fiable. Cette étude suggère que l'ergocycle occasionne une DE mal estimée par l'ACT.

Dans une autre étude en 2006, Crouter et al. (60) avait comparé les deux méthodes dans les mêmes contextes, mais en faisant des estimations à partir de deux équations de prédiction (régression simple et régression double de Klippel et Heil) entre la DE de l'accéléromètre et de la calorimétrie indirecte. On notait une surestimation DE pour marche et une sous-estimation pour la plupart des autres activités ($p < 0,05$), bonne prédiction de course lente et activités sédentaires. La statistique Kappa montre un faible accord entre les mesures de la calorimétrie indirecte et les estimations à partir de l'équation de régression simple ($K_s =$

0,41, Erreur standard = 0,11) et double ($K_s = 0,39$, Erreur standard = 0,12, $p < 0,001$). Cette étude confirme l'importance du type d'équation utilisée et la fiabilité variable selon le type d'activité.

Dellava et Hoffman (20) ont effectué la comparaison des estimations de la DER et l'ACT chez 50 hommes et femmes âgés de 18 à 43 ans. Les résultats ont montré que l'ACT surestime la DER de 28,5 Kcal par jour. Il y avait une surestimation plus élevée lorsque le pourcentage du tissu adipeux $\geq 25,0\%$, $p < 0,05$. Une surestimation plus importante chez les hommes que les femmes (interaction entre le pourcentage du tissu adipeux et le genre), $p < 0,05$. L'ACT estime donc raisonnablement la DER, sa précision semble meilleure chez les femmes et les sujets minces.

Rothney et al. (57) ont comparé l'ACT et la calorimétrie indirecte chez 37 hommes âgés de $38,5 \pm 13,1$ ans avec un IMC de $26,1 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$, pourcentage de tissus adipeux de $23,5 \pm 8,0 \%$ et 48 femmes âgées de $39,9 \pm 12,9$ ans avec un IMC : $25,2 \pm 6,2 \text{ kg/m}^2$, pourcentage de tissu adipeux $35,0 \pm 11,1 \%$. Les activités physiques évaluées étaient la marche, jogging et activités sédentaires. La durée de chaque activité était courte soit 10 minutes. Deux équations de prédictions de l'accéléromètre testées ont montré une sous-estimation du NAP moyen, une surestimation du NAP: 1-1,15 METs, une sous-estimation du NAP : 1.5-3.0 METs et une surestimation du NAP : > 3 METs ($p < 0,001$). Cette étude suggère que comme pour le SWA, la validité de l'ACT est influencée par l'intensité de l'exercice.

Sommaire : Nous constatons que pour l'ACT, il y a peu d'études de validation (19, 20, 57, 60) soit beaucoup moins nombreuses et diversifiées que pour le SWA. En particulier, il n'y a pas de validation avec la méthode d'eau doublement marquée ni de mesure dans un environnement naturel de vie. Comme pour le SWA, il semble y avoir des facteurs tels que l'adiposité qui pourrait influencer la validité de la mesure, la validation pour l'exercice a été faite sur des périodes très courtes (10 mn) d'activité physique. À la différence du SWA,

les équations sont connues, mais il en existe plusieurs qui semblent influencer significativement l'estimation de la DE. À ce jour, l'analyse de la double régression avec l'ACT semble plus proche des méthodes de mesure de référence (calorimétrie indirecte), car utilisée dans les études récentes sur cet appareil et validée par Crouter et al. (57, 58).

1.3.3 Le SWA et l'ACT : des éléments de validation additionnelle sont requis

Une validation additionnelle de ces appareils s'avère nécessaire pour déterminer la précision de leur estimation de la dépense énergétique car :

- Il n'existe pas de validation de 2 appareils de façon concomitante et comparativement à la technique de référence ce qui limite notre capacité à comparer les publications faites avec un appareil ou un autre. Il n'y a pas eu de validation indépendante de l'ACT depuis les études de développement des algorithmes et il n'y a pas eu de validation de la version 6.1 du logiciel du SWA.
- Afin de pouvoir utiliser ces accéléromètres lors d'études d'interventions visant des augmentations de la dépense énergétique, il s'avère pertinent d'évaluer la capacité de ces appareils à déceler des variations de la dépense énergétique.

Le but de ce travail est donc de permettre une estimation concomitante de ces 2 appareils quant à leur mesure de la dépense énergétique totale, de la dépense énergétique au repos ainsi que lors d'activités physiques (marche et vélo) dans un contexte de vie courante.

CHAPITRE 2

HYPOTHÈSE ET OBJECTIFS

2.1 Hypothèse

Le SWA et l'ACT sont 2 accéléromètres qui estiment avec précision la dépense énergétique totale, lors d'activité de vie courante standardisée : repos, marche et exercice physique prolongée sur tapis et ergocycle chez les individus en santé.

2.2 Objectif général:

Établir la non-infériorité du SWA et de l'ACT pour l'estimation des différentes composantes de la dépense énergétique dans un contexte de vie courante standardisée chez des adultes en bonne santé en comparaison avec les techniques de référence (calorimétrie indirecte et EDM).

2.3 Objectifs spécifiques :

1. Évaluer la capacité du SWA et de l'ACT à estimer avec précision la dépense énergétique lors de l'activité physique prolongée sur ergocycle à intensité modérée (45 min à 40-60% VO_2 max).
2. Évaluer la capacité du SWA et de l'ACT à estimer avec précision la dépense énergétique lors de l'activité physique prolongée sur tapis roulant à intensité modérée (45 min à 40-60% VO_2 max).
3. Évaluer la capacité du SWA et de l'ACT à estimer avec précision la dépense énergétique de repos chez des sujets adultes en bonne santé physique.
4. Évaluer la capacité du SWA et de l'ACT à estimer avec précision la dépense énergétique totale en comparaison avec l'eau doublement marquée.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

3.1 Sujets et recrutement

L'étude a été conduite à la plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète (PRO MD) de l'Institut de Recherches Cliniques de Montréal (IRCM). Au total, 20 sujets ont été évalués en cinq visites réparties sur une période de onze (11) jours. Le groupe était composé d'hommes et femmes volontaires en bonne santé. Pour l'échantillonnage, deux calculs ont été effectués pour établir la taille de l'échantillon(61). Dans un premier temps, le calcul a été fait en fonction des résultats obtenus lors d'une étude précédente sur la reproductibilité du SenseWear Armband (Anne-Sophie Brazeau, Antony D. Karelis, Diane Mignault, Marie-Josée Lacroix, Denis Prud'homme and Rémi Rabasa-Lhoret, *Reliability of the SenseWear Armband to Assess Energy Expenditure in Adults*. accepté pour publication dans la revue Applied Physiology Nutrition and Metabolism (APNM)). En assumant que la corrélation entre l'estimation de la dépense énergétique par les accéléromètres et la mesure grâce à l'eau doublement marquée sera au moins de 0,60; 20 sujets permettaient d'avoir une puissance statistique d'au moins 80% pour établir la non-infériorité des accéléromètres, basée sur un test bilatéral avec une erreur α de 0,05.

- Critères d'inclusion :
 - Être apte à donner un consentement éclairé,
 - Être âgé entre 18 et 45 ans,
 - Avoir un indice de masse corporelle (IMC) compris entre 18 et 30 kg/m²
 - Pouvoir se conformer à l'horaire des visites

- Critères d'exclusion :
 - La présence de maladies chroniques qui peuvent affecter les capacités physiques ou modifier le métabolisme (ex. diabète, asthme traité aux stéroïdes, maladies rénales, maladies cardio-vasculaires, hyper ou hypothyroïdie non-contrôlée ou évidence clinique d'anémie),
 - La présence d'un problème physique pouvant empêcher la réalisation des activités physiques demandées,
 - Le tabagisme,
 - La consommation abusive d'alcool ou d'autres substances,
 - La grossesse ou l'allaitement,
 - La présence de conditions pathologiques non-contrôlées, selon le jugement de l'investigateur.

Dans cette étude nous n'avons pas évalué le niveau d'activité physique de nos sujets avant leur admission. La majorité des sujets inclus ne pratiquait pas d'exercice sur une base régulière.

3.2 Description des rencontres :

Les visites étaient structurées comme suit : une première visite (V1) qui avait pour but de déterminer l'éligibilité du sujet à participer à l'étude. Cette visite comporte :

- Une courte visite médicale : principaux antécédents, examen standard et évaluation du risque cardiovasculaire selon 2 échelles.

- L'analyse de la composition corporelle à partir du DEXA (Dual X-Ray absorptiometry = absorptiomètre bi photonique) (62) après s'être assuré que les femmes participantes n'étaient pas enceintes par un test urinaire de détection de l'hormone β HCG.
- La mesure du pic de condition cardio-respiratoire maximale (VO_2 _{peak}) sur ergocycle.

À la suite de la réalisation de ces tests d'inclusion, les participants ont reçu des explications pour le port des 2 accéléromètres soit le SWA et l'Actical. Le SWA est porté sur le bras dominant alors que l'Actical est porté à la ceinture, les 2 accéléromètres doivent être portés en permanence saufs lors des activités nautiques ou lors de la douche. À la fin de cette visite, une collecte urinaire sur miction a été effectuée avant l'administration de l'eau doublement marquée à 9,524% de ^{18}O et 4,552% de deutérium. L'objectif de la collecte urinaire est de déterminer l'enrichissement de base. Le sujet reçoit ensuite un verre d'eau proportionnel à son poids (0,3 ml/poids corporel) visant à obtenir un enrichissement de 5% pour le deutérium et 10% pour le ^{18}O .

Les sujets sont revenus le lendemain de la première visite pour une deuxième visite (V2) afin de réaliser une deuxième collecte urinaire dont l'objectif est d'établir l'enrichissement maximal en eau doublement marquée. À la suite de cette visite, les sujets réalisent leurs activités usuelles en portant les 2 accéléromètres. Les visites V2 et V3 sont espacées de 6 jours.

Les trois dernières visites (V3, V4 et V5) ont eu lieu 6 jours après la V2 et les sujets se sont présentés à jeun depuis la veille au soir (8h minimum). Ils ont été informés qu'ils ne doivent pas consommer d'alcool ou accomplir d'activités physiques inhabituelles durant la journée précédente et pendant les 3 journées de tests. Pour l'étude actuelle, nous ne présentons pas les données des visites V4 et V5 qui sont l'objet d'un travail séparé visant à établir la capacité à déceler une hausse de la dépense énergétique.

Les trois visites successives (V1 – V3) d’une durée d’une journée chacune ont permis d’évaluer la non-infériorité des accéléromètres versus l’eau doublement marquée et à l’occasion de la V3, la concordance entre les deux accéléromètres et leur capacité à déceler une hausse de la dépense énergétique dans un contexte simulant la vie courante.

3.3 Détails des visites :

Le tableau ci-dessous permet de faire le résumé des différentes rencontres effectuées à l’IRCM.

	Visite 1	Visite 2	Visite 3	Visite 4	Visite 5
Explication étude	X				
Signature du formulaire consentement	X				
Visite médicale	X				
Mesure anthropométrique	X				
DEXA	X				
VO2 peak	X				
Prise de l’eau	X				
Collecte urinaire	X	X	X		
Installation des accéléromètres	X				
Dépense énergétique repos			X	X	X
Récupération des accéléromètres					X
Charte des activités			X	X	X
Vélo stationnaire 45 min			X	X	X
Tapis roulant 45 min			X	X	X
Durée de la rencontre	120 min	15 min	10 heures	10 heures	10 heures

--- : visites additionnelles réalisées pour identifier la capacité des accéléromètres à identifier une augmentation de la dépense énergétique

Tableau 5 : Horaire des 3 journées au laboratoire	
Temps	Activités
7.00 – 7.30	Arrivée à l'IRCM, vérification des accéléromètres, éligibilité, examen d'inclusion aux visites 1 et 2
7.30 – 8.30	Mesure du métabolisme de repos au moyen de la calorimétrie indirecte à la visite 3
8.30 – 9.00	Déjeuner Visite 3
10.00 – 11.00	Tapis roulant sous supervision visite 3
12.30 – 13.00	Diner visite 3
14.00 – 15.00	Vélo stationnaire sous supervision visite 3
16.30	Collation visite 3
17.30	Départ

3.4 La mesure des variables :

3.4.1- Mesures anthropométriques :

Les sujets ont été évalués en vêtements légers sans souliers selon un mode opératoire normalisé disponible au laboratoire.

Le **poids** (en kilogrammes) a été mesuré à l'aide d'un pèse personne électronique régulièrement calibré avec un sujet en jaquette d'hôpital.

La **taille** (en centimètre) a été mesurée à l'aide d'un salinomètre. Le participant déchaussé se tenait droit sur un plancher, le bras le long du corps, les pieds joints, les talons et le dos en contact du mur. À l'aide d'une équerre sur la tête, on lisait la distance entre le plancher et l'équerre. La moyenne de trois mesures étaient retenue.

La mesure de la taille et du poids nous a permis d'obtenir **l'indice de masse corporelle (IMC)** en kilogramme par mètre au carré ($IMC = (\text{poids en kg}) / (\text{taille en m})^2$).

Afin d'évaluer la répartition de la masse grasse, le **tour de taille** (en centimètre) a été mesuré entre la côte la plus basse et la crête iliaque chez le participant debout, les pieds à la largeur des épaules et les bras croisés sans tension dans la poitrine et l'abdomen dégagé de tout vêtement.

3.4.2- Mesure de la composition corporelle :

L'absorptiomètre biphotonique à rayon X (DEXA : Dual Energy X-ray Absorptiometry) avec un système de Prodigy (logiciel version 6.10.019. General electric coorpration Lunaire Madisson WI) initialement développé dans les années 1980 pour la mesure du contenu minéral osseux (63), s'est imposé comme la méthode de référence pour l'étude de la composition corporelle en recherche clinique.



Figure 1 : Test de DEXA chez un participant (photo laboratoire de l'IRCM)

Le test d'une durée de 10 minutes environ est réalisé sur un sujet alité en décubitus dorsal, et légèrement vêtu. Cette technique consiste en un balayage du corps par deux faisceaux de rayons X à deux niveau d'énergie de faible puissance pour mesurer la composition corporelle, c'est-à-dire la masse maigre (somme de la masse musculaire et des organes), la masse adipeuse et la masse osseuse (64). Le DEXA permet d'identifier deux compartiments qui sont mesurés par l'atténuation du faisceau : le contenu en graisse et le contenu minéral osseux, par déduction de la masse totale on obtient le 3^e compartiment : la masse maigre. Le traitement de l'image permet une approche régionale (bras, tronc, jambes) des trois compartiments mesurés à partir de repères anatomiques osseux (65). La version utilisée pour cette mesure est le « Lunar Prodigy System » (software version 6.10.019 ; General Electric Lunar Corporation, Madison, WI) (11).

Avant d'effectuer cet examen, des tests de grossesse urinaires ont été réalisés chez toutes les femmes en âge de procréer à cause de l'exposition aux radiations. Le test de DEXA pour établir la composition corporelle expose le sujet à une faible radiation (8,3 mRem) qui correspond à l'exposition naturelle usuelle d'une journée dans la région de Montréal. L'appareil est calibré quotidiennement grâce à un fantôme correspondant à une quantité de masse grasse étalon. La reproductibilité de notre appareil a été établie grâce à des mesures répétées sur 18 sujets et a été établie à 0,99 (11).

3.4.3- Mesure de la dépense énergétique :

Calorimétrie indirecte :

La calorimétrie indirecte nous a permis de mesurer la dépense d'énergie et l'utilisation des substrats énergétiques à partir des échanges gazeux respiratoires : la consommation d'O₂ (VO₂) et la production de gaz carbonique (VCO₂) (7).

Au repos : La dépense énergétique de repos a été mesurée le matin à jeun grâce à un calorimètre indirect (Viasys Health care respiratory Technologie). Les sujets ont reçu les instructions suivantes : ne pas consommer d'aliments ou boire de liquide autre que de l'eau durant les 10 heures précédents le test, ne pas consommer d'alcool, éviter les efforts physiques violents dans les 24 heures précédent le test et réaliser peu d'activité physique le matin du test. La mesure des échanges gazeux a été effectuée en collectant l'air expiré à l'aide d'un casque (canopi) placé sur la tête du sujet. Le casque est doté d'une jupe et a une forme qui permet de collecter l'ensemble des gaz; un système qui assure une ventilation 5 fois supérieure aux besoins du sujet permet de recueillir les gaz inspirés et expirés et d'en mesurer avec précision le volume. Le calorimètre permet une mesure précise de la quantité d'oxygène (VO₂) consommé et de gaz carbonique (VCO₂) produit.



Figure 2 : Test de la calorimétrie indirecte au repos (photo laboratoire de l'IRCM)

La dépense énergétique de repos (DER) ainsi que le quotient respiratoire ont été par la suite déterminés en utilisant l'équation de Van Weir (66) : $DER \text{ (kcal/min)} = 3,941VO_2 \text{ (l/min)} + 1,106VCO_2 \text{ (l/min)}$. Durant toute la durée de l'examen, les sujets sont restés allongés au calme dans une pièce convenablement chauffée (22°C), sans parler ni dormir. Le test était d'une durée de 40 minutes. Les 10 premières minutes ont été considérées comme une période d'acclimatation et nous avons conservé les résultats des 30 dernières minutes pour l'analyse. La valeur obtenue sur 30 minutes est ensuite transformée en une valeur sur 24 h. L'analyseur de gaz du calorimètre était calibré avant toutes les mesures en fonction de la pression, des concentrations gazeuses et avec une calibration pour la mesure des volumes gazeux échangés. Le rapport du gaz carbonique produit sur l'oxygène consommé (VCO_2/VO_2) définit le quotient respiratoire (7). Pour établir la reproductibilité, le

coefficient de corrélation intra-class pour le métabolisme de repos a été déterminé au moyen de 2 tests répétés chez 19 sujets, il est de 0,92 ($p < 0,001$).

A l'effort : La mesure du pic de consommation maximale d'oxygène (VO_2 peak) nous a permis d'estimer la condition cardio-respiratoire (67). Le test 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 est capable d'atteindre. Lors de cette épreuve, le sujet porte une pièce buccale pour mesurer le volume de gaz expiré et sa teneur en oxygène (VO_2) et en gaz carbonique (VCO_2).



Figure 3 : Mesure de la DE sur ergocycle (photo laboratoire de l'IRCM)

Pour palier tous les risques associés à ce test, la plateforme dispose d'un personnel de recherche certifié en réanimation cardiorespiratoire et l'équipement médical d'urgence est

disponible. De plus, le niveau de risque des sujets est préalablement établi grâce à un questionnaire tenant compte des antécédents familiaux et personnels. Lors des journées de test les sujets ont réalisé 2 types d'exercices pour lesquels la puissance était adaptée en fonction de leur condition cardio-respiratoire (VO_{2pic}). Dans les 2 cas, les sujets ont réalisé un exercice de 45 minutes à 50% de leur Vo_{2pic} tout en ayant d'une pièce buccale pour mesurer le volume de gaz expiré et sa teneur en oxygène (VO_2) et en gaz carbonique (VCO_2) ce qui permet une mesure objective de la DE lors de ces exercices (calorimétrie indirecte). Un de ces exercices est réalisé sur le même ergocycle que celui employé pour la mesure du VO_2 et l'autre sur un tapis roulant d'exercice.



Figure 4 : Mesure de la DE sur tapis (photo laboratoire de l'IRCM)

Eau doublement marquée :

La dépense d'énergie totale a été mesurée chez nos sujets grâce à la technique de l'eau doublement marquée (EDM) qui est la méthode de référence pour la mesure de la dépense énergétique totale dans des conditions de vie usuelle. Cette technique consistait à faire boire aux sujets de l'eau enrichie en isotopes stables : deutérium et O^{18} . Ces isotopes se distribuent dans l'eau totale. Le niveau de dilution isotopique est mesuré en spectrométrie de masse sur des échantillons pendant la période de l'étude. Le deutérium marque l'eau totale, alors que l' O^{18} marque à la fois l'eau totale et le pool des bicarbonates. La différence de vitesse de décroissance des deux isotopes permet de calculer la production de gaz carbonique qui est proportionnelle à la dépense énergétique totale. En combinant cette technique à la mesure de la DER par calorimétrie indirecte, on peut estimer les différentes composantes de la DE grâce à l'équation $DET = DER + TE + DEAP$ dans laquelle la TA est estimée à 10% de la DET ou encore estimer le NAP grâce au ratio DET/DER. Les sujets ont fourni 5 échantillons d'urine :

- 1 échantillon avant la prise de l'eau afin de mesurer l'enrichissement de base (bruit de fonds)
- 2 échantillons 16 à 24 heures après la prise de l'eau afin de mesurer l'enrichissement maximal après dilution des isotopes et 2 autres échantillons 10 jours plus tard afin de mesurer la décroissance des 2 isotopes.

Le laboratoire dispose d'un spectromètre de masse pour établir le ratio Iso prime sur Isotope stable connecté à un module Multiflow-Bio pour l'Iso prime et à un échantillonneur Gilson 222XL pour la mesure de la dépense énergétique quotidienne. Les données sont analysées au moyen du logiciel MassLynx 3.6. Des tests de stabilité sont effectués tous les jours avant de faire des analyses, ce qui permet d'établir une déviation standard de 0,026% pour le 2H et de 0,004% pour le ^{18}O . Le matériel de référence, Vienna-Standard Mean Ocean Water (V-SMOW), Greenland Ice Sheet Program (GISP), Standard Light Antarctic Precipitation (SLAP), et International Atomic Energy Agency standards (IAEA-304A and IAEA-304B), est utilisé pour la calibration et la normalisation des données. Le résultat de

l'analyse des ratios d'isotopes est rapporté en fonction des gaz de référence. Le résultat obtenu correspond à la dépense énergétique totale en kcal/jour qui correspond à la somme de la dépense énergétique de repos, la thermogénèse alimentaire (énergie requise pour la digestion) et enfin la dépense d'énergie reliée à l'activité physique.

L'eau doublement marquée constitue la méthode de référence pour la mesure de la dépense énergétique totale. Cette mesure est non invasive pour les sujets puisque le recueil de sang n'est pas requis et que les sujets mènent leur vie normalement entre les différentes collectes. Par contre, cette méthode a l'inconvénient de nécessiter un traceur et des méthodes d'analyse en spectrométrie de masse qui sont très onéreuses, ce qui limite donc son utilisation pour des activités de recherches sur la dépense énergétique. De plus, l'eau doublement marquée permet d'obtenir le total de la dépense d'énergie sur 10 jours mais ne donne pas accès au détail de cette dépense (valeur quotidienne, niveau d'intensité, etc.).

3.4.4- Accéléromètres :

Le SenseWear Armband et l'Actical ont été utilisés pour quantifier et enregistrer les mouvements, leur intensité et ensuite évaluer la dépense énergétique totale en kilocalories par 24 heures (Kcal/j). Ces 2 accéléromètres sont fréquemment utilisés pour estimer la dépense énergétique et mesurer l'activité physique. En effet, ils permettent une mesure objective de la dépense énergétique qui est souvent sur ou sous-estimée par la méthode des questionnaires ou des journaux (10). Santé Canada a choisi l'Actical pour des études épidémiologiques, alors que le SWA est utilisé dans de nombreuses études de recherche. Pour ces 2 appareils, des validations de leur capacité à estimer avec précisions la dépense énergétique sont disponibles. Par exemple, la moyenne de la dépense énergétique quotidienne mesurée le SWA était de 117 kcal/j de moins (2375 ± 366 kcal /j) que celle mesurée avec l'eau doublement marquée (2492 ± 444 kcal/j, $p < 0,01$) (11). Par contre, il n'existe pas de validation comparativement à l'eau doublement marquée pour l'Actical, de

comparaison de ces 2 outils face à face, de validation pour des activités physiques de longues durées ou encore de validation pour les nouvelles versions des logiciels d'analyse.

Leur utilisation permet d'évaluer les différentes composantes de la dépense énergétique et de l'activité physique : la dépense énergétique de repos, la thermogénèse alimentaire, la dépense énergétique totale, le nombre de pas, l'intensité de l'activité physique en multiples de la valeur de repos (MET) et le temps de sommeil.

Le SenseWear Armband (SWA) est un accéléromètre qui évalue plusieurs paramètres physiques au moyen de senseurs non-invasifs (flux de chaleur, réponse galvanique de la peau, température de la peau, température ambiante près de la peau et le mouvement au moyen d'un accéléromètre bidirectionnel). Le SWA a été retiré lorsque la personne prenait une douche/bain ou pratiquait des sports nautiques, car il n'est pas étanche. Les algorithmes qui ont été développés pour estimer la dépense énergétique prennent en compte le sexe, l'âge, la grandeur, le statut tabagique et le poids. L'estimation de la dépense énergétique au repos ainsi que de la dépense énergétique totale par le SWA a déjà été validé (16) au moyen de la calorimétrie indirecte version 1.0 à 4.0 du logiciel et de l'eau doublement marquée version 4.2 du logiciel (11). Toutefois, aucune de ces études n'a évalué la version 6.1 du logiciel d'analyse qui est actuellement disponible.



Figure 5: SenseWear Armband

L'Actical (ACT) est un autre accéléromètre actuellement disponible sur le marché. Les algorithmes qui ont été développés pour estimer la dépense énergétique prennent eux aussi en compte le sexe, l'âge, la grandeur et le poids. L'ACT a été peu validé (19, 20) quoiqu'actuellement utilisé pour de larges études épidémiologiques sur la santé des populations au Canada (56). Comparativement au SWA, l'ACT est porté seulement lorsque la personne est éveillée et il est résistant à l'eau.



Figure 6: Actical

Il n'y a pas de risques associés au port des accéléromètres. Les sujets peuvent éprouver un léger inconfort durant le sommeil et de légères irritations de la peau à la fin de la période de 10 jours avec le SWA. Aucun risque ou inconfort n'est associé à l'ACT.

3.5 Aspects éthiques :

Le comité d'éthique de l'IRCM a approuvé le protocole et le consentement éclairé (voir en annexe). Les informations complètes sur l'étude étaient données lors de la première rencontre avec le sujet qui signe le formulaire de consentement avant de débiter les procédures de l'étude. La participation était volontaire et les sujets étaient totalement libres de participer au projet de recherche et de se retirer du projet en tout temps sans pénalité. Une indemnité était versée aux sujets afin de couvrir le temps consacré à l'ensemble de l'étude (150\$ pour l'ensemble des tests V1 à V5).

CHAPITRE4

RÉSULTATS

4.1 Analyses statistiques :

Les analyses statistiques ont été faites à partir du logiciel SPSS17 pour Windows. Des statistiques descriptives (moyenne, déviation standard, minimum et maximum) ont été utilisées afin de présenter les données des sujets. Afin d'évaluer la correspondance entre les différentes mesures effectuées par les deux accéléromètres et la calorimétrie indirecte (DER, DE sur tapis, DE sur ergocycle et DET), les corrélations de Pearson, ainsi que les corrélations intra class ont été calculées. Le graphique de Bland-Altman nous a permis d'évaluer la validité des accords entre les différentes méthodes. Un seuil de signification de $p < 0.05$ a été employé.

4.2 Caractéristiques des participants :

Les caractéristiques des participants sont présentées dans le Tableau 6 pour l'échantillon total de la présente étude. Les femmes étaient au nombre de 11 (55%) contre 9 (45%) pour les hommes. L'âge moyen de l'échantillon est de 25.64 ± 3.48 ans. L'IMC moyen est de 23.27 ± 2.14 kg/m² représentant une valeur « normale » selon les lignes directrices du Canada pour la classification du poids. Le pourcentage de la masse grasse moyen est de 24.05 ± 8.99 % pour l'ensemble des sujets. La masse maigre moyenne est de 51.11 ± 11.72 kg. Le VO₂peak moyen est de 2.92 ± 1.02 L/min alors que le VO₂peak relatif moyen est de 40.92 ± 11.61 mL/min/Kg. Les participants ont porté le SWA en moyenne 5.95 jours. L'ACT a été porté en moyenne 5.95 jours durant la période de l'étude.

Variabes	Moyenne \pm écart-type	Minimum	Maximum
Age (an)	25.64 \pm 3.48	20	32
Sexe (n ; %)	H (9 ; 45%) F (11 ; 55%)	-	-
Poids (Kg)	70.53 \pm 10.80	54.50	88.30
Taille (m)	1.73 \pm 0.10	1.58	1.93
IMC (Kg/m ²)	23.27 \pm 2.14	20	30.3
Tour de taille (cm)	82.69 \pm 6.29	71	93.2
Tour de hanche (cm)	100.28 \pm 6.21	87.4	112.5
Masse maigre (Kg)	51.11 \pm 11.72	35.86	69.84
Masse grasse (Kg)	16.73 \pm 6.64	6.60	34.99
Tissus adipeux total (%)	24.05 \pm 8.99	8.4	41.9
VO2 peak absolu (L/min)	2.92 \pm 1.02	1.24	5.18
VO2 spécifique (ml/kg/min)	40.92 \pm 11.61	22.63	65.66
Nombre de jour ACT porté	5.95 \pm 0.22	5	6
Nombre de jour SWA porté	5.95 \pm 0.22	5	6

4.3 La mesure de la dépense énergétique de repos :

Les résultats de la DER obtenus par la calorimétrie indirecte ont été comparés à ceux obtenus par les accéléromètres pour l'ensemble de nos participants. La moyenne obtenue par la calorimétrie indirecte est 1476.50 \pm 261,237 Kcal/jour comparativement à la moyenne obtenue par l'ACT 1615.15 \pm 246.52 Kcal/jour (Figure 7) ce qui indique une surestimation de + 139 Kcal/jour (soit 9%). La corrélation de Pearson a montré que ces deux méthodes sont fortement concordantes ($r = 0.80$; $p < 0.005$). Les coefficients de corrélations intra-classe ont montré une bonne fiabilité entre cet accéléromètre et la

calorimétrie indirecte (I.C.C = 0.893 ; IC = 0.730 – 0.958 avec $p < 0.0001$). Le graphique de Bland-Altman (Figure 8) montre qu'il y a un accord acceptable entre les deux méthodes (Biais = 139.168 ± 158 avec un I.C = 65.198 ; 213.138).

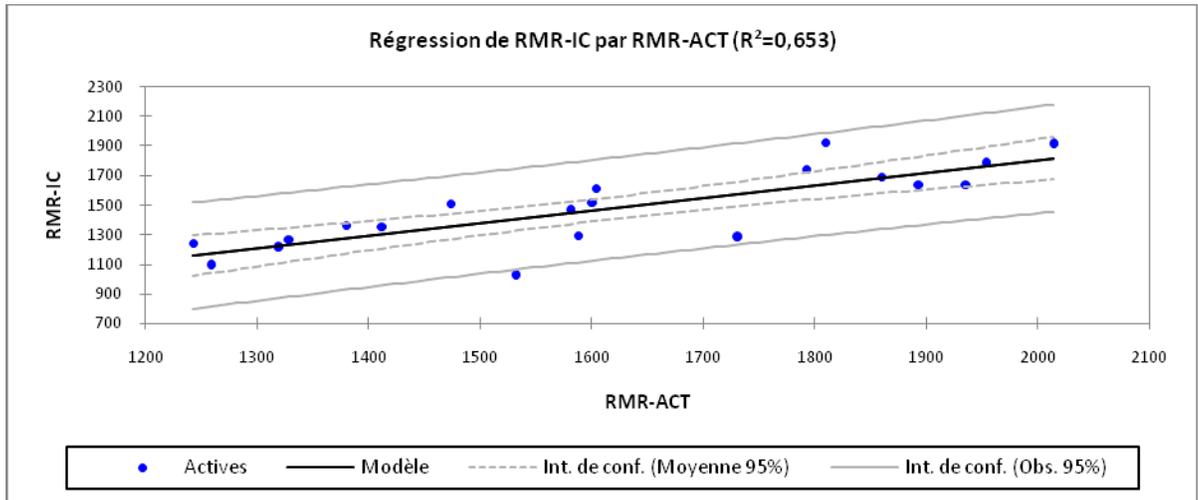


Figure 7 : ACT comparé à la CI pour la mesure de la DER

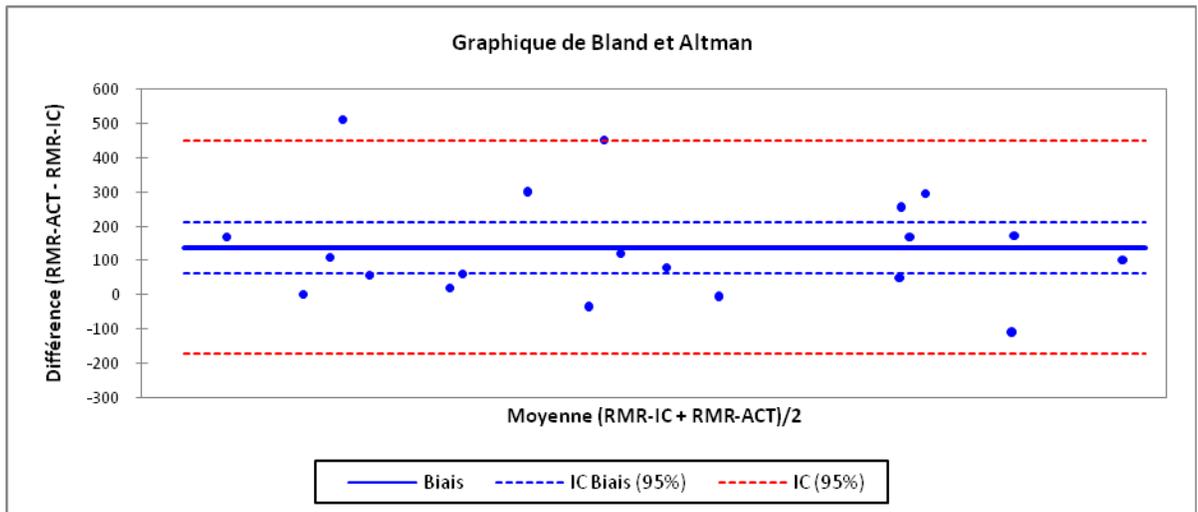


Figure 8 : Le graphique de Bland et Altman entre CI et ACT

Quant à la comparaison du SWA avec la calorimétrie indirecte (Figure 9), nous obtenons une moyenne de 1714.80 ± 248.74 Kcal/jour. Le SWA a surestimé la DER de + 230 Kcal/jour (soit 15%) de plus que la calorimétrie indirecte. La corrélation de Pearson a montré que le SWA est fortement corrélé à la CI ($r = 0.87$; $p < 0.001$) et le coefficient de corrélation intra-classe montre une bonne fiabilité entre les deux méthodes (I.C.C = 0.931 ; IC = 0.825 – 0.973). Le graphique de Bland-Altman (Figure 10) montre qu'il y a un accord entre les deux méthodes (Biais = 238.3 ± 129.7 avec un IC = 177.577, 299.023).

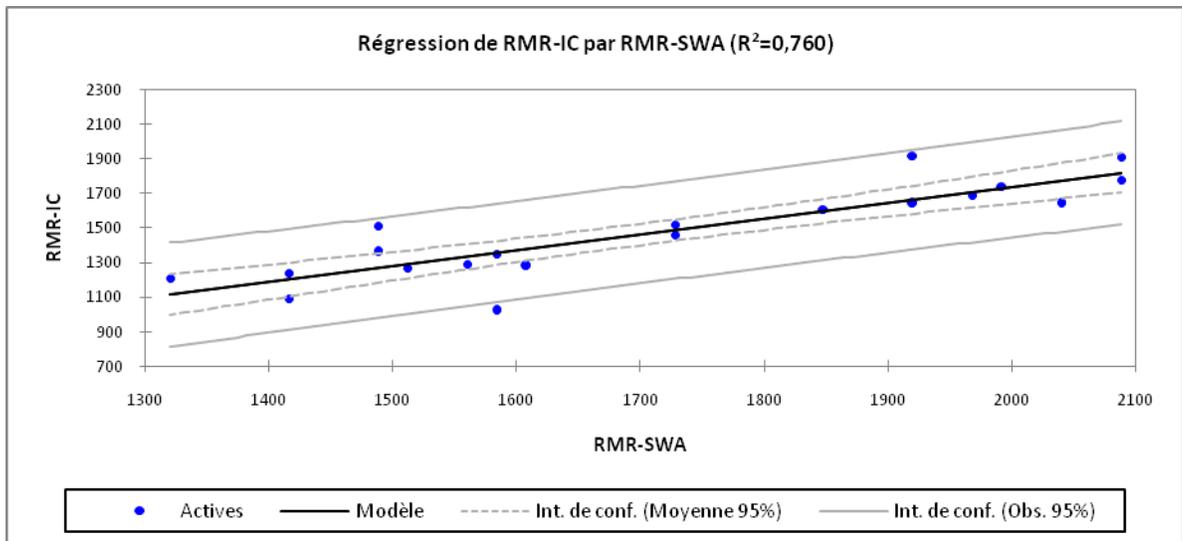


Figure 9 : SWA comparé à la CI pour la mesure de la DER

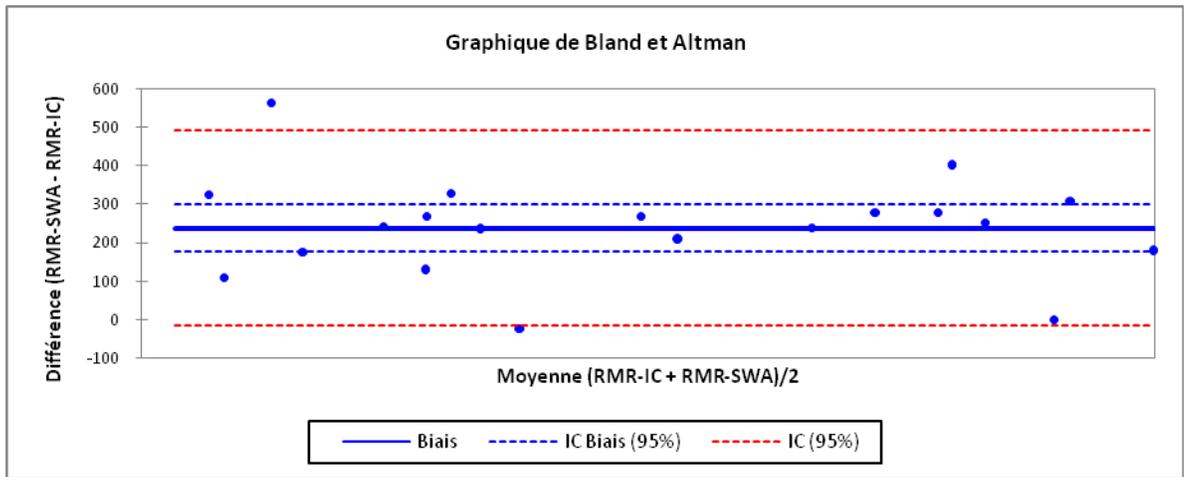


Figure 10 : Le graphique de Bland et Altman entre C.I. et SWA

4.4 La dépense énergétique mesurée sur le tapis (45 min à 50% du VO_{2pic}) :

La moyenne de la DE mesurée par calorimétrie indirecte est de 133.47 ± 40.02 Kcal pour les 45 minutes d'exercice. Comparée à l'ACT (Figure 11), cette moyenne est de 214.89 ± 65.60 Kcal soit une surestimation de 81 kcal. Néanmoins, la corrélation de Pearson montre une corrélation fortement positive entre les deux méthodes ($r = 0.80$, $p < 0.002$). Le graphique de Bland-Altman (Figure 12) montre un accord acceptable entre les mesures (Biais = 77.30 ± 43.49 ; IC = 56,94 ; 97.65).

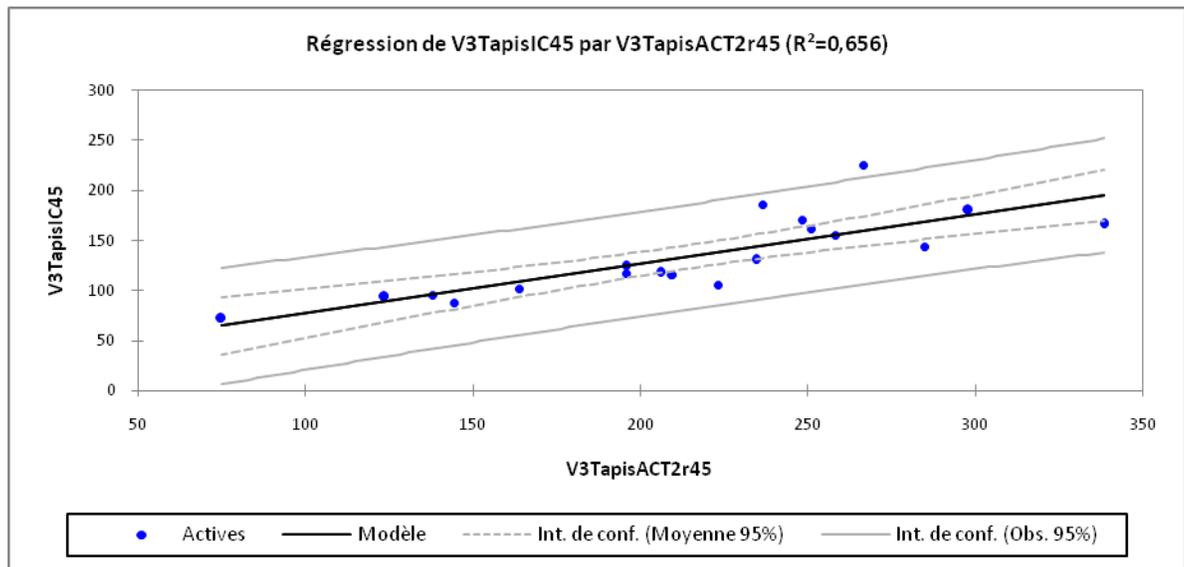


Figure 11 : ACT comparé CI pour la mesure de la DE sur le tapis

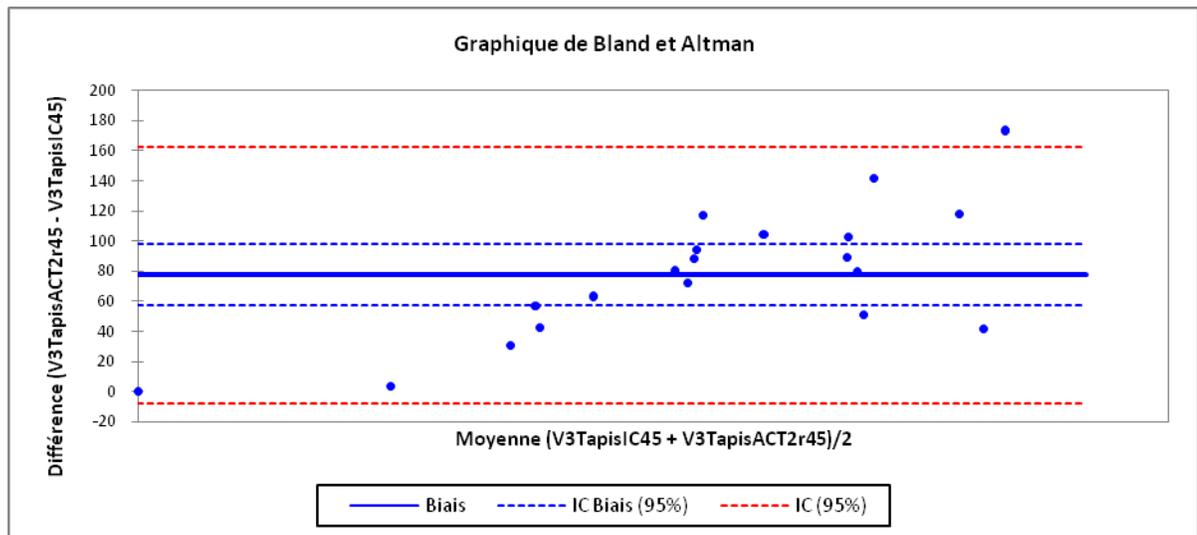


Figure 12 : Le graphique de Bland-Altman entre l'ACT et CI sur le tapis

Par contre, la moyenne des valeurs obtenues par le SWA ($193.79 \pm 52,13$ Kcal) et la calorimétrie indirecte montre une corrélation très faible et non significative ($r = 0.37$; $p = 0.11$) malgré une surestimation de 60 Kcal (Figure 13).

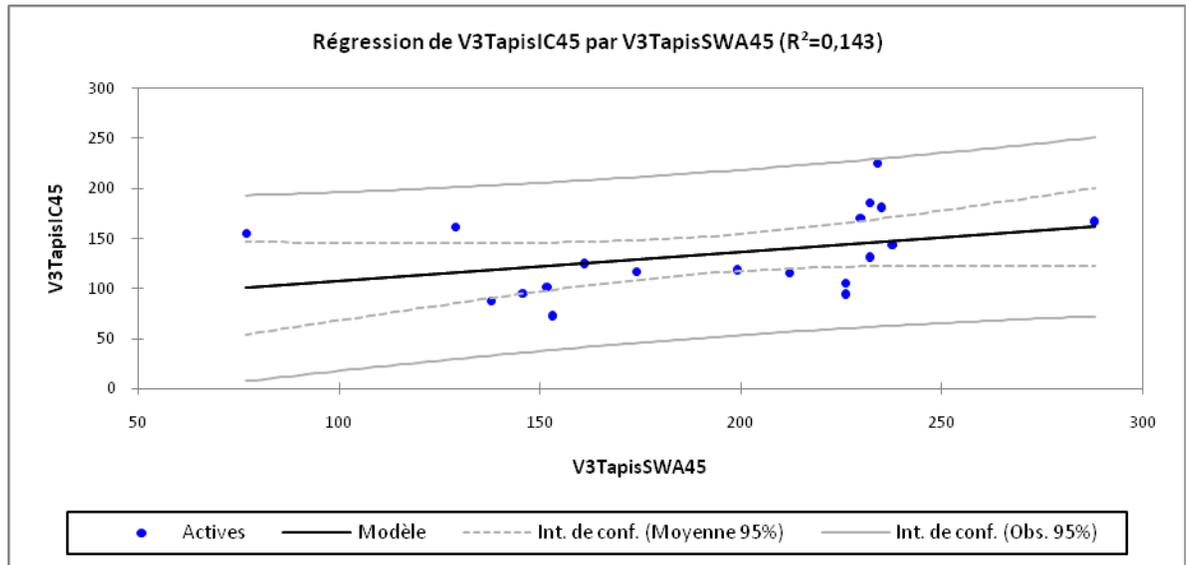


Figure 13 : SWA comparée à la CI pour la mesure de la DE sur le tapis

4.5 La dépense énergétique mesurée sur ergo cycle (45 min à 50% du VO_{2pic}) :

La moyenne de la DE mesurée par la calorimétrie indirecte est de 347.35 ± 121.64 Kcal, comparée à l'ACT (Figure 14) en 45 minutes de vélo dont la moyenne est de 91.00 ± 52.59 Kcal ce qui correspond à une sous-estimation par l'ACT de -256 (soit 73%) pour les 45 minutes. De façon concordante avec cette très importante différence, nous retrouvons une très faible concordance non significative entre les deux méthodes ($r = 0.21$, $p = 0.3$).

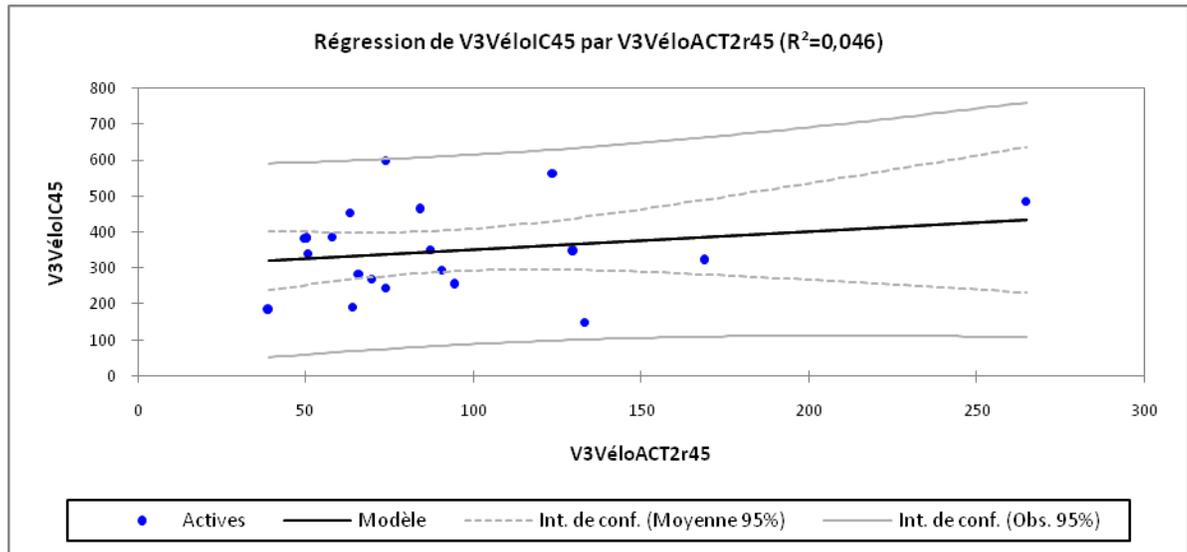


Figure 14 : Comparaison ACT et CI sur ergocycle

Inversement, les valeurs obtenues par le SWA : 268.60 ± 88.61 Kcal sont beaucoup plus proches de celles de la calorimétrie indirecte (Figure 15) avec une différence de -79 Kcal pour les 45 minutes (soit 23%). Conséquemment, les 2 mesures sont fortement concordantes ($r = 0.81$, $p < 0.001$). Le graphique de Bland-Altman (Figure 16) montre un accord acceptable entre les deux méthodes (Biais = -79.28 ± 71.38 avec un I.C = -112.68 ; -45.87).

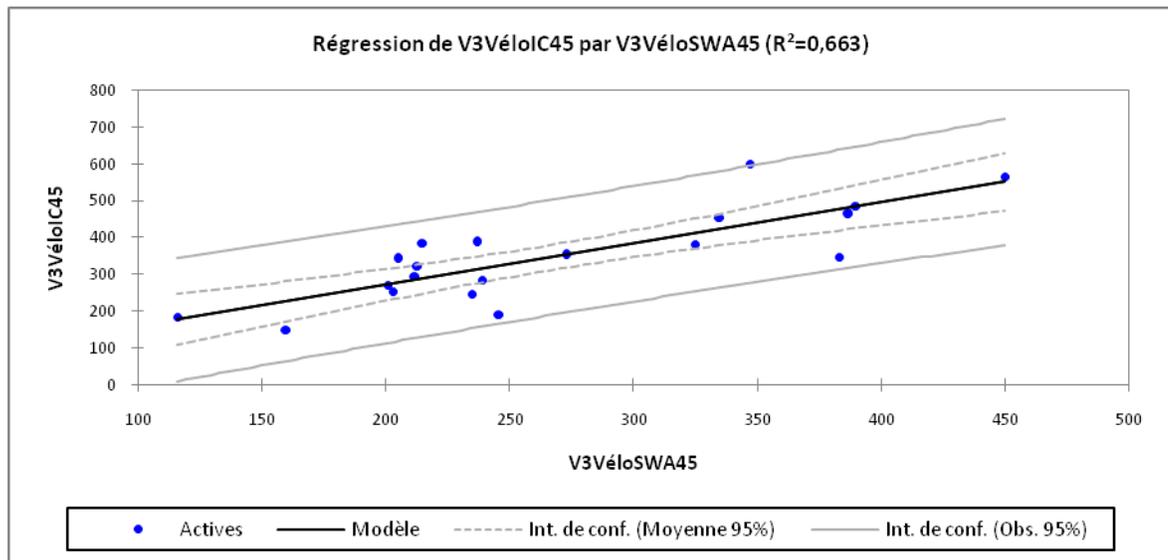


Figure 15 : Comparaison SWA et CI sur ergocycle

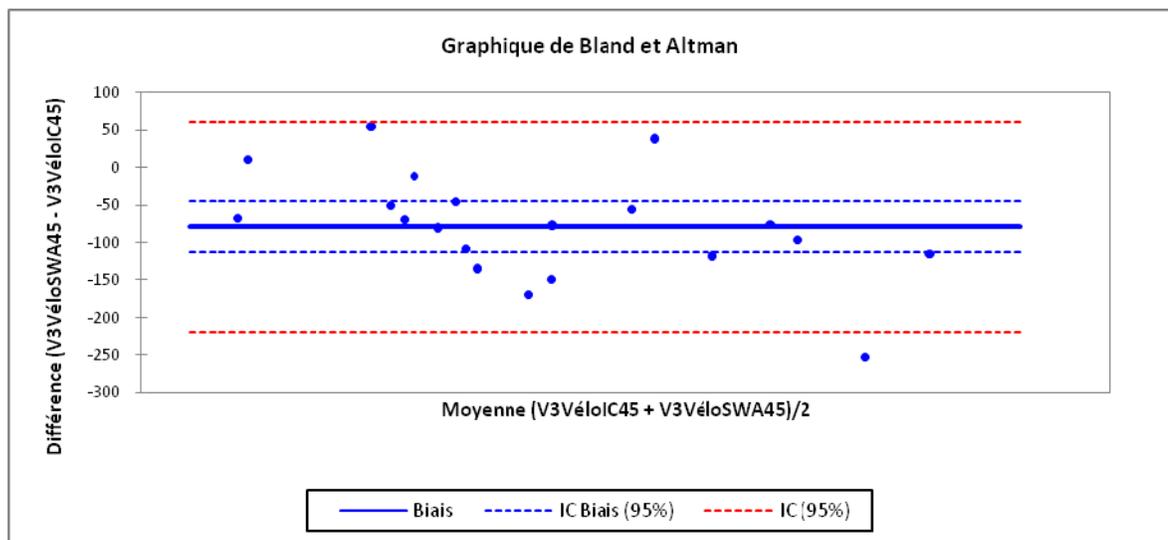


Figure 16 : Le graphique de Bland-Altman entre SWA et CI sur ergocycle

4.6 La dépense énergétique totale mesurée par les deux accéléromètres :

Bien qu'il existe des différences substantielles pour la capacité à mesurer des exercices différents (voir ci-dessus), il existe une bonne concordance pour la mesure de la DET sur

24 heures dans des conditions de vie usuelle (avant V3) sans intervention standardisée ($r = 0.863$ avec un I.C = 0.653 ; 0.946, $p < 0.0001$).

Pour la DET incluant la V3, l'ACT a donné les valeurs moyennes de 2426 ± 366.09 kcal/jour comparée au SWA dont on a obtenu 2777 ± 519.455 Kcal/jour soit une différence de 351 kcal par 24h. Les deux méthodes ont donc une excellente concordance (Figure 17) quant à la mesure de la DET ($r = 0.94$, $p < 0.001$). La corrélation intra classe montre une fiabilité entre les deux accéléromètres (I.C.C = 0,947, IC = 0,866-0,979, $p < 0.001$). Le graphique de Bland-Altman (Figure18) montre un accord acceptable entre les deux méthodes de mesure (Biais = 351 ± 232.55 avec un I.C = 237.413 ; 455.08).

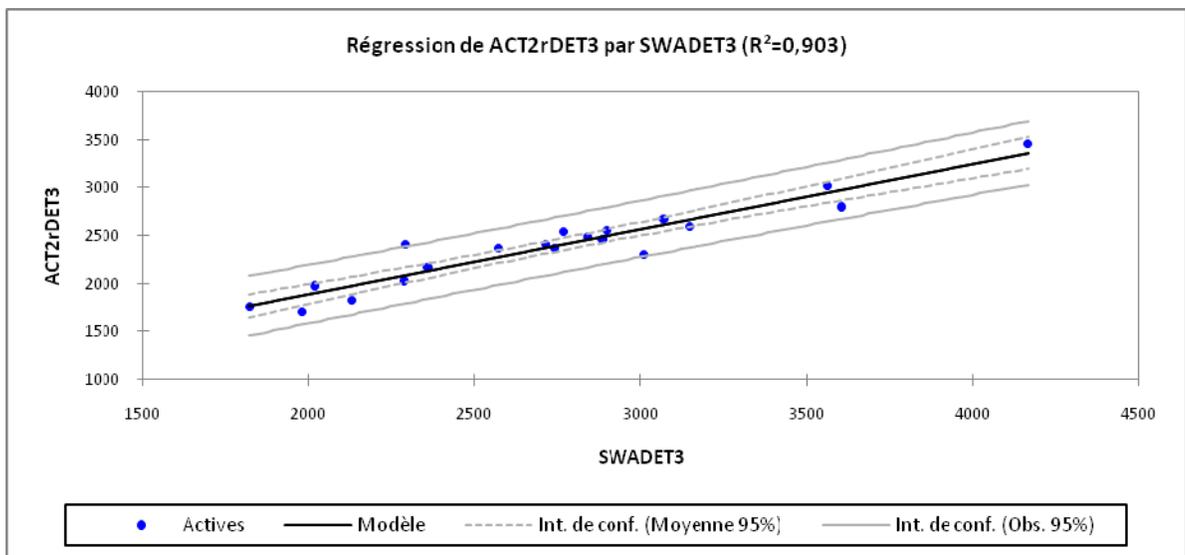


Figure 17 : Comparaison de la mesure de la DET entre l'ACT et le SWA

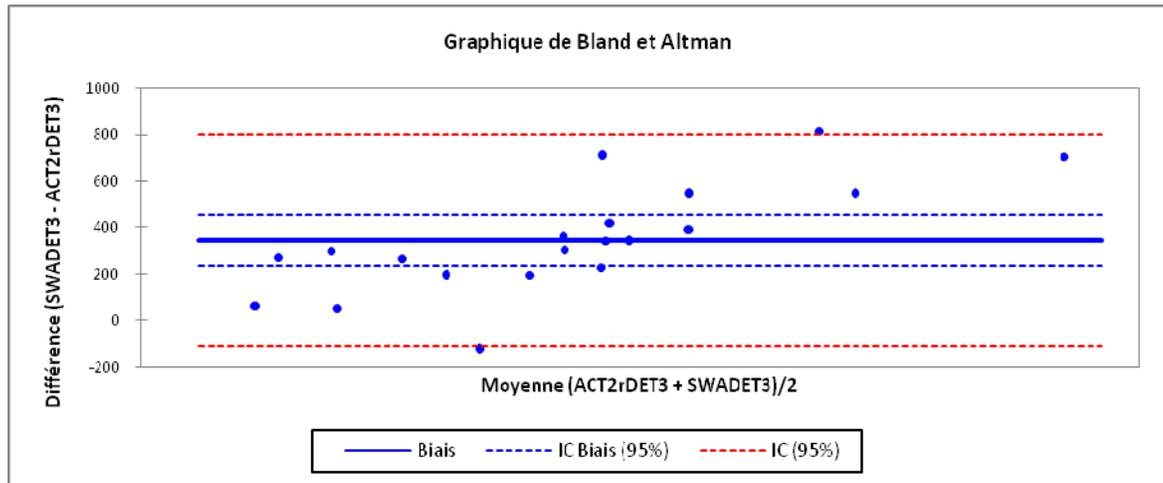


Figure 18 : Le graphique de Bland et Altman entre l'ACT et le SWA

4.7 Mesure de la DET mesurée par les accéléromètres et l'EDM

L'EDM a donné les valeurs moyennes pour la mesure de la DET 2699 ± 500 kcal/jour. Si on compare ces valeurs à celles mesurées par l'ACT (2426 ± 366 kcal/jour) (Figure19), on obtient une forte corrélation entre ces deux accéléromètres ($r = 0.759$, $p < 0.001$). La corrélation intra classe montre une bonne fiabilité entre les deux méthodes (I.C.C = 0.840, IC = 0.595 ; 0.937, $p < 0.001$). Le graphique de Bland-Altman (Figure 20) montre un accord acceptable entre les deux méthodes. (Biais à -273 ± 325.65 , avec un I.C = -425.46 ; -120.63).

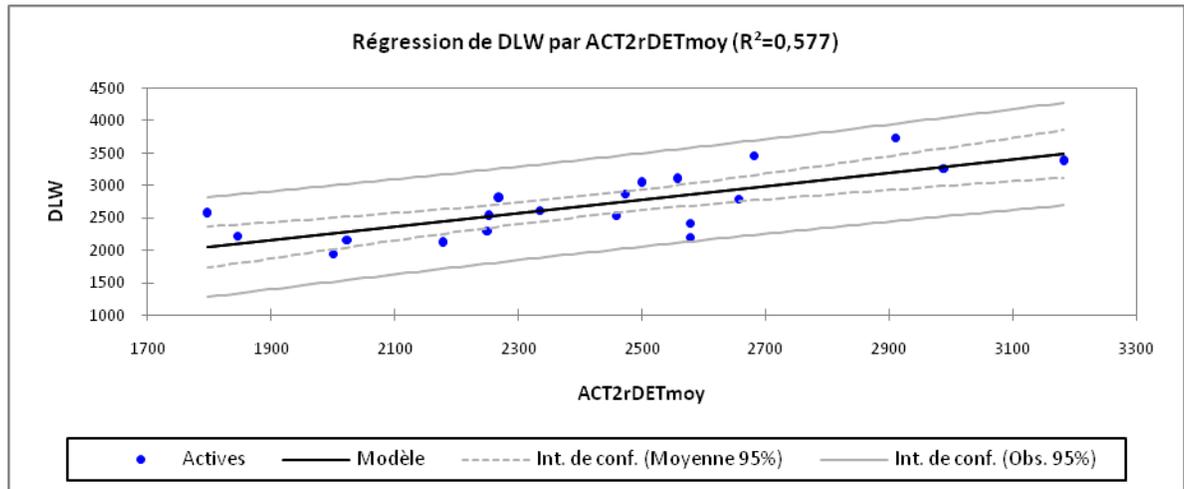


Figure 19 : ACT comparé à l'EDM pour la mesure de la DET

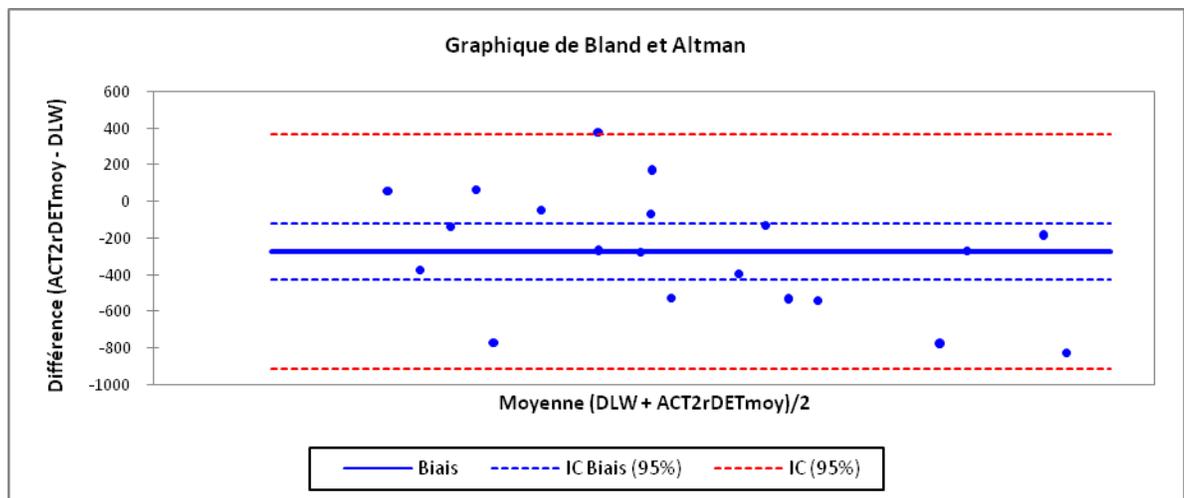


Figure 20 : Le graphique de Bland-Altman entre l'EDM et l'ACT

Les valeurs moyennes obtenues par le SWA sont 2777 kcal/jour. En comparant ces valeurs avec l'EDM (Figure 21), on obtient une très forte corrélation entre ces deux méthodes ($r = 0.885$, $p < 0.001$). Tout comme l'ACT, la corrélation intra classe entre le SWA et l'EDM montre une bonne fiabilité entre les deux méthodes ($r = 0.939$ avec un $IC=0.845 ; 0.976$, $p < 0.001$). Le graphique de Bland-Altman (Figure 22) montre un accord parfait entre les deux méthodes (Biais à 78 ± 245.05 avec un $IC = -36.59 ; 192.79$).

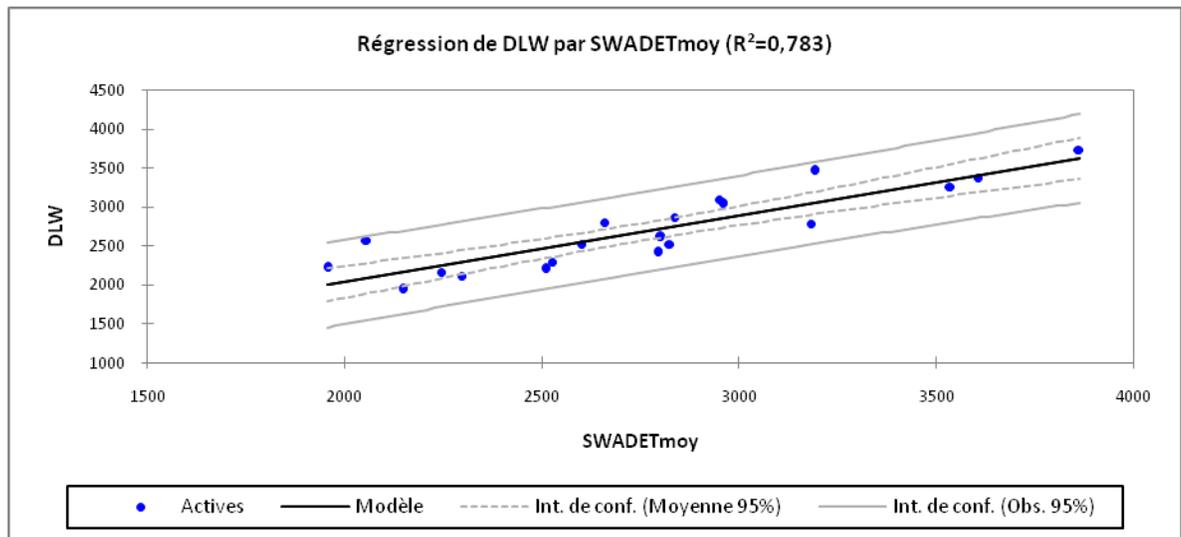


Figure 21 : SWA comparé à l'EDM pour la mesure de la DET

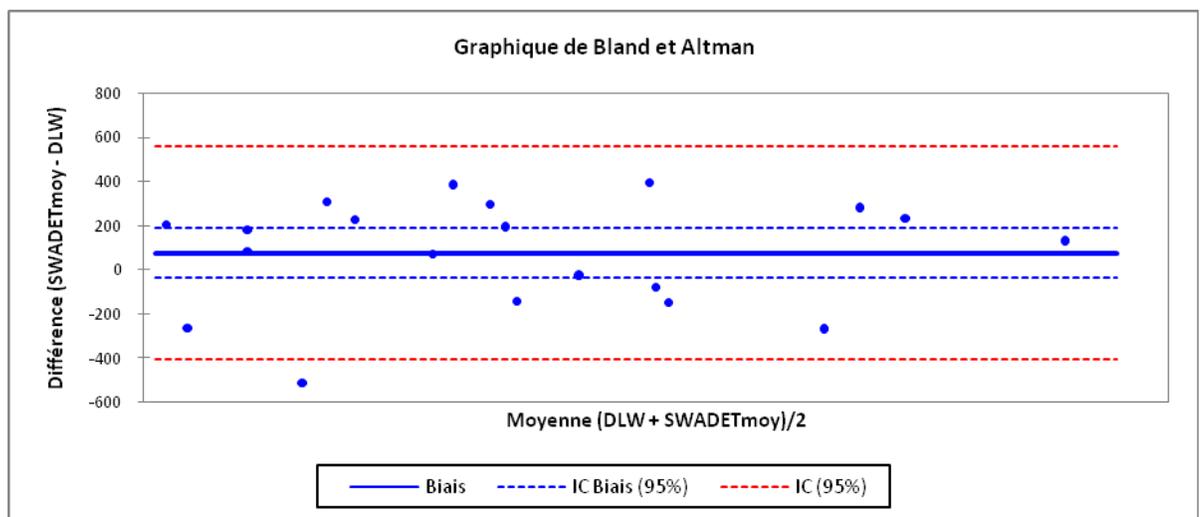


Figure 22 : Le graphique de Bland-Altman entre l'EDM et le SWA

Ces résultats montrent que l'ACT sous estime la DET comparée à l'EDM (-273 kcal/24h) soit 10,11%, alors que le SWA surestime la DET si l'on compare à l'EDM (+78 Kcal/24h) soit 2,8%.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

La présente étude a été faite dans le but de déterminer la capacité de deux accéléromètres (Actical et SenseWear armband) à évaluer la dépense énergétique de repos, la dépense énergétique liée à l'activité physique (vélo, tapis roulant) ainsi que la dépense énergétique totale dans une population d'adultes jeunes en santé. Les valeurs obtenues pour ces 2 accéléromètres ont été comparées entre elles et aussi vis-à-vis des techniques de référence : EDM et calorimétrie indirecte. Ces appareils sont des outils très utiles en recherche mais dont la validation reste encore incomplète. Une partie de nos résultats sont des études de confirmation (exemple SWA vs calorimétrie) et d'autres sont des études nouvelles (exemple ACT vs EDM).

La dépense énergétique de repos mesurée par les accéléromètres corrèle avec la mesure effectuée par la calorimétrie indirecte. Ces résultats vont dans le même sens que les études effectuées par St-Onge et al. (11) ainsi que Malatovi et al. (17) pour le SWA. En effet, ces études avaient également observées une surestimation de la DER par le SWA. Le degré de surestimation de l'ordre de 16% soit environ 238 kcal par 24h est comparable dans ces 2 études avec nos résultats. Cette surestimation n'affecte pas le coefficient de corrélation ($r = 0.87$, $p < 0.005$) ni le graphique de Bland-Altman. Malgré une légère surestimation, le SWA estime donc de façon correcte la DER.

La valeur obtenue par l'ACT a été corrélée positivement avec la valeur obtenue par la calorimétrie indirecte malgré la surestimation de l'ACT ($r = 0.80$; $p < 0.001$). Enfin, le graphique de Bland-Altman démontre une bonne validité des résultats. Ces résultats confirment aussi les résultats obtenus par Dellava et al. (20), une des rares études sur la mesure de la DER avec l'ACT, qui avaient trouvé une surestimation de 139 Kcal. Malgré une légère surestimation l'ACT estime donc de façon acceptable la DER.

Au total nos résultats montrent que l'ACT ou le SWA estiment de façon correcte la DER même s'ils ont tendance à légèrement surestimer la DER. Il semble que le SWA, possiblement grâce à la mesure de paramètres additionnels (température cutanée, etc.) soit plus précis. Ces résultats sont en accord avec les études antérieures effectuées avec les deux accéléromètres.

Nous avons évalué la dépense énergétique pendant l'exercice avec 2 façons de réaliser un exercice (tapis roulant et ergocycle) de même intensité (50% du Vo_{2pic}) et de même durée (45 min). Pour l'exercice sur tapis, la mesure effectuée par le SWA est non significative ($r = 0.37$, $p = 0.11$). Jackicic et al. (15) ont montré que le SWA sous-estimait la dépense énergétique lors de la marche, une activité qui correspond à la faible vitesse de nos expériences. Ils avaient proposé une amélioration de cette version du SWA. Probablement, le fabricant a tenu compte de ces recommandations. En moyenne, pour un exercice de 45 minutes, le SWA a surestimé de 45% (60 Kcal/Jour) la DE. La corrélation de Pearson montre une faible concordance entre ces deux méthodes puisque celle-ci est non significative ($r = 0.37$, $p = 0.11$). Cette différence pourrait affecter la validité du SWA à estimer la DE ou une augmentation de la DE dans un programme visant à optimiser des activités de faible intensité. Il est donc probable que le SWA estime moins bien les activités de faible intensité.

L'ACT permet une évaluation qui semble fiable à 45 minutes de marche sur tapis malgré une surestimation de 60% et plus élevée que pour le SWA. La corrélation de Pearson a montré que ces deux méthodes sont fortement comparables ($r = 0.8$, $p < 0.0001$). Le graphique de Bland-Altman montre aussi un bon accord de validité entre ces deux méthodes. Des résultats similaires sont observés aussi dans la littérature pour les études avec cet accéléromètre (57, 58).

En comparaison avec le SWA pour un même exercice de ce type à faible vitesse les deux accéléromètres surestiment la DE même si cette surestimation avec l'ACT (+81kcal) est

plus élevée que celle du SWA (+60 kcal), la mesure avec l'ACT est fortement corrélée ($r = 0.8$, $p < 0.0001$) avec la mesure faite par la calorimétrie indirecte. Des biais de variabilités intra-sujet (le sexe, le pourcentage du tissu adipeux) peuvent expliquer cette différence.

Pour l'exercice sur vélo, des résultats inverses sont observés puisque le SWA estime de façon significative la DE à toutes les intensités alors que pour l'ACT les résultats ne sont pas significatifs. Cependant, comme l'ACT est porté à la taille, celui-ci mesure donc l'accélération qui provient d'un mouvement de tout le corps ou d'un mouvement de la taille. Ainsi, si des mouvements sont faits seulement par les jambes et/ou les bras, les déplacements ne seront pas captés par l'appareil et la dépense énergétique résultante ne sera pas comptabilisée d'où une probable sous-estimation de la dépense énergétique sur ergocycle.

Au total, le SWA mesure avec précision la dépense énergétique avec une sous estimation de 22% (-79 kcal) contre 73% (-256 kcal) pour l'ACT lors de différents exercices sur ergocycle. L'ACT présente des limites pour ce type d'exercice. Il est donc probable que le l'ACT estime moins bien les activités d'intensité élevée.

Pour la mesure de la DEAP, ces deux accéléromètres se différencient quant à leur capacité de mesurer cette composante de la DET. Pour les activités de faible vitesse comme la marche, les deux appareils surestiment la mesure mais l'ACT semble meilleur que le SWA. Par contre, pour les activités plus intenses comme le vélo, les deux accéléromètres sous estiment la mesure de la DE mais le SWA semble supérieur à l'ACT. Ces différences entre les deux accéléromètres lors de la marche (15%) et sur le vélo (51%) pourraient être problématiques pour évaluer la DEAP dans des populations avec d'importantes limitations fonctionnelles (obèses morbides, arthrose importante des membres inférieurs, etc.) pour lesquelles il s'agit des activités les plus accessibles. En perspective, les fabricants doivent tenir compte de cette différence pour mieux optimiser les deux appareils.

La particularité de cette étude est le fait qu'on a comparé les deux accéléromètres pour mesurer la DE entre eux. Dans la littérature, aucune étude n'a comparé le SWA face à l'ACT pour mesurer la DET. Cette étude a montré que ces deux accéléromètres mesurent la DET avec une bonne concordance et un bon accord de validité même si le SWA semble légèrement meilleur que l'ACT pour la mesure de la DER, une composante majeure de la DET.

Pour la mesure de la DET, notre étude a montré que l'ACT sous-estime la DET comparativement à la méthode de référence (-273 Kcal/jour) soit 10%. Ceci est un point fort de notre étude, car aucune étude n'avait comparé l'ACT à l'EDM. Quant au SWA, notre étude a montré une légère surestimation (+78 Kcal/jour) soit 2.8% contrairement à l'étude de St-Onge (11) qui avait trouvé une sous estimation (- 117 Kcal/jour). Cependant, dans une étude récente faite par Johanssen et al. (18), le SWA surestime la DET comparée à l'EDM de 112 kcal/jour. Ceci peut être expliqué d'une part par la taille de notre échantillon et d'autre part le fait que dans notre étude, les femmes étaient majoritaires donc un pourcentage de tissus adipeux plus élevé. La plupart des études ont démontré que le SWA surestime la DET en cas de pourcentage élevé de tissu adipeux. Ces différences sont néanmoins proches de ce qui correspondrait à une différence cliniquement significative de 5% de la DET (~100 kcal pour une DET de 2.000 kcal par jour), il est donc possible que ces outils ne puissent mesurer que des différences plus importantes. Les biais rapportés par les 2 accéléromètres ont une magnitude similaire que celui qui pourrait s'appliquer aux équations prédictives par rapport à EDM pour les sujets de poids normaux.

Cette étude possède également des limitations : le nombre de participants ne nous permet pas d'avoir assez de puissance pour réaliser des études de sous-groupes (exemple : hommes vs femmes). Notre cohorte est composée de jeunes adultes sains, donc nos résultats sont limités à cette population, il est possible que les résultats soient différents dans une autre population : sujets âgés ou obèses. Les accéléromètres ont aussi des limites quand à leur incapacité à détecter la composante statique de l'accélération. En conséquence, ils ne sont

pas adaptés à la mesure des angles (par rapport à la gravité). En d'autres termes, ils ne peuvent pas détecter les postures (debout *vs* assis) ou les changements de dépense énergétique liés à une pente (marche sur terrain plat *vs* marche en côte). Enfin, plusieurs autres domaines restent à valider, par exemple notre laboratoire explore actuellement le problème de la sous-estimation à l'occasion du début de l'exercice, la reproductibilité ou encore la validation dans des sous-groupes de sujets de race différente.

Même si les accéléromètres ont surestimé ou sous-estimé la DET dans notre étude, les corrélations entre ces appareils et l'EDM qui reste le « gold-standard » sont acceptables pour la majorité des applications de recherche et possiblement pour certaines utilisations en clinique. De plus, l'analyse de la fiabilité a montré qu'il y a une bonne concordance entre les différentes méthodes de mesure pour la DET ce qui suggère que les données issues des mesures avec ces deux accéléromètres pourront être comparées. Ces outils pourraient permettre, grâce à des mesures objectives obtenues à un coût raisonnable, de mieux préciser le rôle de la dépense énergétique dans la prévention et le traitement des maladies.

Conclusion

Dans la présente étude, les résultats obtenus sont quelques peu limités par la population. Il apparaît tout de même quelques faits intéressants. Cette étude a comparé pour la première fois deux accéléromètres face à face et comparé aussi l'ACT et l'EDM. L'ACT et le SWA semblent mesurer les différentes composantes de la DET de façon parfaite comparativement à la méthode de référence. Même si des améliorations doivent être effectuées au niveau de la mesure de la DEAP, ces appareils peuvent estimer plus ou moins l'intensité des activités physiques sur le tapis ou sur le vélo.

Avec l'apparition des problèmes de santé de façon fréquente due à la sédentarité, il devient primordial d'agir au niveau préventif. Le contrôle de la dépense énergétique via la mesure de l'activité physique est un élément essentiel dans la prévention des maladies cardiovasculaires. De nombreuses études sont nécessaires avec une plus grande population pour confirmer nos résultats obtenus avec l'ACT et appuyer ceux déjà obtenus à partir du SWA.

Globalement, l'ACT et le SWA ont une parfaite ressemblance dans les mesures de la DER, de la DEAP et de la DET. Même si le premier semble être plus efficace pour mesurer les activités de faible intensité, le deuxième semble être meilleur pour mesurer les activités modérées à intenses. Les deux appareils ont montré qu'en absence de l'EDM, ils peuvent être des alternatives valables.

BIBLIOGRAPHIE

1. Church TS, Kampert JB, Gibbons LW, Barlow CE, Blair SN. *Usefulness of cardiorespiratory fitness as a predictor of all-cause and cardiovascular disease mortality in men with systemic hypertension*. Am J Cardiol. 2001 Sep 15;88(6):651-6.
2. Centers for diseases control, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. *Physical activity and good Nutrition; essentials elements to prevent chronic diseases and obesity* 2003. NutrClin Care 2003.
3. Mayer-Davis EJ, Costacou T. *Obesity and sedentary lifestyle: modifiable risk factors for prevention of type 2 diabetes*. Curr Diab Rep. 2001 Oct;1(2):170-6.
4. WorldHealthOrganization. *Obesity: preventing and managing the globalepidemic*. Geneva: World Health Organization2000.
5. Laville M BA, Rioux J P. *Traité de nutrition clinique*. Paris, Medcine-Science Flammarion: Paris; 2001. p. pages19-24.
6. Schoeller DA. *Limitations in the assessment of dietary energy intake by self-report*. Metabolism. 1995 Feb;44(2 Suppl 2):18-22.
7. Jequier E, Acheson K, Schutz Y. *Assessment of energy expenditure and fuel utilization in man*. Annu Rev Nutr. 1987;7:187-208.
8. Mentoye. *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign Human Kinetics; 2006. p. 196 pages.
9. Schoeller DA, van Santen E. *Measurement of energy expenditure in humans by doubly labeled water method*. J Appl Physiol. 1982 Oct;53(4):955-9.
10. 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 Jul;84(1):230-6.
11. 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 Mar;85(3):742-9.
12. Fruin ML, Rankin JW. *Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure*. Med Sci Sports Exerc. 2004 Jun;36(6):1063-9.

13. Wareham NJ, Rennie KL. *The assessment of physical activity in individuals and populations: why try to be more precise about how physical activity is assessed?* Int J Obes Relat Metab Disord. 1998 Aug;22 Suppl 2:S30-8.
14. Shephard RJ. *Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires.* Br J Sports Med. 2003 Jun;37(3):197-206; discussion
15. 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 May;36(5):897-904.
16. 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 Jul;36(7):1244-51.
17. 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 Jun;17(5):338-43.
18. 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 Apr 8.
19. Heil DP. *Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor.* Res Q Exerc Sport. 2006 Mar;77(1):64-80.
20. Dellava JE, Hoffman DJ. *Validity of resting energy expenditure estimated by an activity monitor compared to indirect calorimetry.* Br J Nutr. 2009 Jul;102(1):155-9.
21. Bouchard. *Physical activity, fitness, and health: proceedings and consensus statement.* Champaign: Human Kinetics; 1994. p. 102 pages.
22. Dietz WH. *The role of lifestyle in health: the epidemiology and consequences of inactivity.* Proc Nutr Soc. 1996 Nov;55(3):829-40.
23. Murgatroyd PR, Shetty PS, Prentice AM. *Techniques for the measurement of human energy expenditure: a practical guide.* Int J Obes Relat Metab Disord. 1993 Oct;17(10):549-68.

24. Rigaud. *Le métabolisme énergétique chez l'homme: méthodes de mesure et applications pratiques*. Lavoisier-Tec & Doc: Paris,; 1992. p. 143 pages.
25. Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC, Christin L, Freymond D, Abbott WG, et al. *Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body-weight gain*. N Engl J Med. 1988 Feb 25;318(8):467-72.
26. Acheson KJ. *Influence of autonomic nervous system on nutrient-induced thermogenesis in humans*. Nutrition. 1993 Jul-Aug;9(4):373-80.
27. Granata GP, Brandon LJ. *The thermic effect of food and obesity: discrepant results and methodological variations*. Nutr Rev. 2002 Aug;60(8):223-33.
28. Oguma Y, Sesso HD, Paffenbarger RS, Jr., Lee IM. *Physical activity and all cause mortality in women: a review of the evidence*. Br J Sports Med. 2002 Jun;36(3):162-72.
29. Zinman B, Ruderman N, Campaigne BN, Devlin JT, Schneider SH. *Physical activity/exercise and diabetes mellitus*. Diabetes Care. 2003 Jan;26 Suppl 1:S73-7.
30. Paffenbarger RS, Jr., Lee IM, Kampert JB. *Physical activity in the prevention of non-insulin-dependent diabetes mellitus*. World Rev Nutr Diet. 1997;82:210-8.
31. Pescatello LS, Fargo AE, Leach CN, Jr., Scherzer HH. *Short-term effect of dynamic exercise on arterial blood pressure*. Circulation. 1991 May;83(5):1557-61.
32. Turner MJ, Spina RJ, Kohrt WM, Ehsani AA. *Effect of endurance exercise training on left ventricular size and remodeling in older adults with hypertension*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2000 Apr;55(4):M245-51.
33. Durstine JL, Grandjean PW, Cox CA, Thompson PD. *Lipids, lipoproteins, and exercise*. J Cardiopulm Rehabil. 2002 Nov-Dec;22(6):385-98.
34. Sdringola S, Nakagawa K, Nakagawa Y, Yusuf SW, Boccalandro F, Mullani N, et al. *Combined intense lifestyle and pharmacologic lipid treatment further reduce coronary events and myocardial perfusion abnormalities compared with usual-care cholesterol-lowering drugs in coronary artery disease*. J Am Coll Cardiol. 2003 Jan 15;41(2):263-72.
35. Sigal RJ, Kenny GP, Boule NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M, et al. *Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial*. Ann Intern Med. 2007 Sep 18;147(6):357-69.

36. Ritz P, Coward WA. *Doubly labelled water measurement of total energy expenditure*. *Diabete Metab*. 1995 Oct;21(4):241-51.
37. Jacobi D, Perrin AE, Grosman N, Dore MF, Normand S, Oppert JM, et al. *Physical activity-related energy expenditure with the RT3 and TriTrac accelerometers in overweight adults*. *Obesity (Silver Spring)*. 2007 Apr;15(4):950-6.
38. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. *A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals*. *Am J Clin Nutr*. 1990 Feb;51(2):241-7.
39. Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. *A reappraisal of caloric requirements in healthy women*. *Am J Clin Nutr*. 1986 Jul;44(1):1-19.
40. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. *Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review*. *J Am Diet Assoc*. 2005 May;105(5):775-89.
41. Shetty PS, Henry CJ, Black AE, Prentice AM. *Energy requirements of adults: an update on basal metabolic rates (BMRs) and physical activity levels (PALs)*. *Eur J Clin Nutr*. 1996 Feb;50 Suppl 1:S11-23.
42. Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Essermeant L, Fontvieille AM, Galan P, et al. *Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity*. *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Jun;32(6):1119-24.
43. Craig CL, Marshall AL, Sjoström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. *International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity*. *Med Sci Sports Exerc*. 2003 Aug;35(8):1381-95.
44. Stewart AL, Mills KM, King AC, Haskell WL, Gillis D, Ritter PL. *CHAMPS physical activity questionnaire for older adults: outcomes for interventions*. *Med Sci Sports Exerc*. 2001 Jul;33(7):1126-41.
45. 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 Sep;32(9 Suppl):S498-504.

46. 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 Dec 31;327(27):1893-8.
47. Pereira MA, FitzerGerald SJ, Gregg EW, Joswiak ML, Ryan WJ, Suminski RR, et al. *A collection of Physical Activity Questionnaires for health-related research*. Med Sci Sports Exerc. 1997 Jun;29(6 Suppl):S1-205.
48. Wagner A, Simon C, Ducimetiere P, Montaye M, Bongard V, Yarnell J, et al. *Leisure-time physical activity and regular walking or cycling to work are associated with adiposity and 5 y weight gain in middle-aged men: the PRIME Study*. Int J Obes Relat Metab Disord. 2001 Jul;25(7):940-8.
49. 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 Feb 7;346(6):393-403.
50. Oppert JM. *Mesure des dépenses énergétiques et de l'activité physique*. Traité de nutrition clinique: Paris, Flammarion-Medecine-Sciences; 2001. p. p.337-43.
51. Chen KY, Bassett DR, Jr. *The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future*. Med Sci Sports Exerc. 2005 Nov;37(11 Suppl):S490-500.
52. Tudor-Locke C, Bassett DR, Jr. *How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health*. Sports Med. 2004;34(1):1-8.
53. Mignault D, St-Onge M, Karelis AD, Allison DB, Rabasa-Lhoret R. *Evaluation of the Portable HealthWear Armband: a device to measure total daily energy expenditure in free-living type 2 diabetic individuals*. Diabetes Care. 2005 Jan;28(1):225-7.
54. 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 Dec;14(12):2217-23.
55. 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 Jul;44(9):657-64.

56. Colley R, Gorber SC, Tremblay MS. *Quality control and data reduction procedures for accelerometry-derived measures of physical activity*. Health Rep. 2010 Mar;21(1):63-9.
57. 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 Aug;16(8):1946-52.
58. Crouter SE, Bassett DR, Jr. *A new 2-regression model for the Actical accelerometer*. Br J Sports Med. 2008 Mar;42(3):217-24.
59. Heil DP. *Validation of Energy Expenditure Prediction Algorithms in Adolescents and Teens Using the Actical Activity Monitor*. F-12Q Free Communication/Poster Pedometer/Accelerometer: Validity and Reliability; May 2003: Medicine & Science in Sports & Exercise: p. S285.
60. Crouter SE, Churilla JR, Bassett DR, Jr. *Estimating energy expenditure using accelerometers*. Eur J Appl Physiol. 2006 Dec;98(6):601-12.
61. Falissard B. *Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie*. Masson, editor. Paris1998.
62. Brochu M, Malita MF, Messier V, Doucet E, Strychar I, Lavoie JM, et al. *Resistance training does not contribute to improving the metabolic profile after a 6-month weight loss program in overweight and obese postmenopausal women*. J Clin Endocrinol Metab. 2009 Sep;94(9):3226-33.
63. Heymsfield SB, Wang J, Heshka S, Kehayias JJ, Pierson RN. *Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods*. Am J Clin Nutr. 1989 Jun;49(6):1283-9.
64. Haarbo J, Gotfredsen A, Hassager C, Christiansen C. *Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA)*. Clin Physiol. 1991 Jul;11(4):331-41.
65. Svendsen OL, Hassager C, Bergmann I, Christiansen C. *Measurement of abdominal and intra-abdominal fat in postmenopausal women by dual energy X-ray absorptiometry and anthropometry: comparison with computerized tomography*. Int J Obes Relat Metab Disord. 1993 Jan;17(1):45-51.

66. Weir. *New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism*. JPhysiol. 1949;109:1-9.
67. Day JR, Rossiter HB, Coats EM, Skasick A, Whipp BJ. *The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue*. J Appl Physiol. 2003 Nov;95(5):1901-7.

Formulaire de consentement

Titre: Validation du SenseWear Armband et de l'Actical pour la mesure de la dépense énergétique chez des adultes volontaires sains

Investigateur principal : Rémi Rabasa-Lhoret M.D., Ph.D.

Collaborateurs :

Assistante de recherche :

Virginie Messier BSc.

Étudiante :

Anne-Sophie Brazeau Dtp. Candidate au Ph.D

Stagiaires :

Virginie Belisle

Caroline Bergeron

Vous êtes invités à prendre part volontairement à une étude de recherche. Avant de participer à ce projet, veuillez prendre le temps de lire et de comprendre les renseignements qui suivent. Le présent document peut contenir des termes que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugez utiles aux chercheurs et à leurs assistants.

Introduction et objectifs de l'étude

Vous êtes invité à participer à un projet de recherche qui a pour but d'établir la validité de deux outils destinés à mesurer le degré d'activité physique, le SenseWear™ Arm band (SWA) et l'Actical (ACT), ainsi que leur capacité à détecter une augmentation de la dépense énergétique reliée à l'activité physique permettant d'obtenir un bénéfice mesurable pour la santé humaine.

Le SWA et ACT sont des dispositifs conçus pour mesurer la dépense énergétique totale, soit votre dépense énergétique de repos (pour maintenir les fonctions de votre organisme), votre dépense énergétique liée à l'activité physique et enfin celle liée à la digestion des aliments.

La mesure de cette dépense est un élément important pour les études mesurant les relations entre l'activité physique et la santé. Pour les deux appareils, peu de validation de leur capacité à estimer avec précisions des activités physiques de longues durées n'a été effectuée. De plus, à notre connaissance, aucun de ces deux appareils n'a été validé quant à sa capacité d'évaluer des augmentations de dépenses spécifiques à un changement de mode de vie. Il s'avère donc pertinent d'évaluer la capacité de ces appareils à déceler des variations de la dépense énergétique.

Critères d'exclusion

Vous ne pouvez participer à cette étude si vous présentez une des conditions suivantes :

- Présence de maladies chroniques qui peuvent affecter les capacités physiques ou modifier le métabolisme (ex. diabète, asthme traité aux stéroïdes, maladies rénales, maladies cardio-vasculaires, hyper ou hypothyroïdie non-contrôlée ou évidence clinique d'anémie)
- Tout problème physique pouvant empêcher la complétion des activités physiques demandées
- Tabagisme
- Consommation abusive d'alcool ou d'autres substances
- Grossesse ou allaitement
- Toutes conditions pathologiques non-contrôlées selon le jugement de l'investigateur

Lors de l'évaluation (visite 1), si des valeurs obtenues nécessitent une prise en charge médicale à court terme et qu'elles ne sont pas compatibles avec la réalisation de l'étude, nous organiserons un suivi adéquat (ex. avec votre médecin traitant, référence à un spécialiste).

Nature du protocole

Cette étude se déroulera à la Plateforme de recherche en obésité, métabolisme et diabète de l'Institut de recherches cliniques de Montréal. Nous prévoyons y recruter 22 participants. Votre participation à cette étude consiste en 5 visites qui devraient s'étendre sur une période de moins de 2 semaines. Il s'agit d'une étude observationnelle, c'est-à-dire que vous et le personnel médical impliqués dans cette étude êtes au courant de votre traitement.

Si vous acceptez de participer à cette étude, la première visite permettra de déterminer votre éligibilité à y participer. Tout d'abord, vous aurez un questionnaire médical, une mesure de votre pression artérielle, de votre grandeur, de votre tour de taille et de votre poids. Vous passerez un **DEXA-scan**, un examen radiologique d'une durée de 10 minutes où vous serez allité durant la procédure qui ne nécessite aucune préparation. L'exposition aux radiations est minime. Cet examen sert à évaluer votre composition corporelle c'est à dire la densité de vos os, votre quantité de muscle et de gras.

Ensuite, vous passerez un **VO₂max** d'une durée d'environ 15 à 20 minutes. Vous serez installé sur un vélo stationnaire où vous devrez maintenir une vitesse constante. Régulièrement, le niveau de difficulté sera augmenté jusqu'à ce que vous soyez fatigué. Durant le test, vous respirez dans un appareil buccal en caoutchouc afin de mesurer votre consommation d'oxygène. Votre tension artérielle et votre fréquence cardiaque seront surveillées durant le test. Vous devrez également fournir un échantillon d'urine et nous vous demanderons de boire un verre d'eau marquée par deux substances naturelles, le deutérium (2 hydrogènes) et le 18 oxygène. Ces substances ne sont pas radioactives. Vous devrez revenir le lendemain (visite 2) pour une collecte urinaire. Si vous rencontrez tous les critères d'éligibilités, le personnel de l'étude vous enseignera comment porter et utiliser le SWA et l'ACT. Vous porterez le SWA et l'ACT en continu pendant 11 jours soit de la visite 1 à la visite 5.

Les visites 3, 4 et 5 servent à évaluer le SWA et l'ACT, elles ont lieu **trois journées consécutives** dans les deux semaines suivant votre visite d'inclusion. Durant chacune de

ces trois journées, vous serez à l'Institut de recherches cliniques de Montréal pour une **période de 10h00 heures** où vous ferez, durant les trois jours consécutifs, le même programme d'activités (période de repos et d'activité physique) et où vous aurez les mêmes apports nutritionnels. Vous devez être à jeun (eau permise) depuis 21h00 avant la visite 3 et avant les visites 4 et 5. Durant cette période vous porterez le SWA et l'ACT continuellement. Voici le déroulement des trois journées (visite 3, 4 et 5) :

Heure	Activité
7:00 – 7:30	Arrivée à l'IRCM, vérification des accéléromètres
7:30 – 8:30	Mesure du métabolisme de repos au moyen de la calorimétrie indirecte (V3) ou simulation (V4-V5)
8:30 – 9:00	Déjeuner standardisé
9:00 – 12:30	Activités sédentaires assises, incluant une collation
10:00 – 11:00	
Ou	Tapis roulant
11:00 – 12:00	
12:30 – 13:00	Dîner standardisé
13:00 – 17:30	Activités sédentaires assises
14:00 – 15:00	
Ou	Vélo stationnaire
15:00 – 16:00	
16:30	Collation
17:30	Départ

Résumé des visites au cours de l'étude

	Visite 1	Visite 2	Visite 3	Visite 4	Visite 5
Explication étude	X				
Signature formulaire consentement	X				
Visite médicale	X				
Mesure anthropométrique	X				
DEXA	X				
VO2 max	X				
Prise de l'eau	X				
Collecte urinaire	X	X	X		
Installation des accéléromètres	X				
Dépense énergétique repos ¹			X	X	X
Récupération des accéléromètres					X
Charte des activités			X	X	X
Vélo stationnaire 45 min			X	X	X
Tapis roulant 45 min			X	X	X
Durée de la rencontre	120 min	15 min	10 hres	10 hres	10 hres

Risques et inconvénients

Votre participation à l'étude comporte quelques risques et inconvénients. Vous aurez à être présent à l'Institut de recherches cliniques de Montréal pour une période d'au moins 10h00 heures et ce, trois journées consécutives. La présence du médecin de l'étude n'est pas requise étant donné le faible niveau de risque que comporte l'étude. Toutefois, il demeure joignable en tout temps lors des visites.

VO₂max: Les risques associés à ce test sont l'essoufflement, le souffle court, la fatigue, un inconfort musculaire local et un inconfort lié au port du masque. Un rythme cardiaque irrégulier ou même des complications cardiaques peuvent survenir lors d'efforts intenses. Le personnel de recherche est certifié en réanimation cardiorespiratoire et l'équipement médical d'urgence est disponible. Malgré l'intensité associée à ce test, les risques de troubles cardiaques sont improbables. Les arrêts cardiaques sont extrêmement rare (moins de 1 en 10 000 tests) chez les individus sans antécédents de maladies cardiaques. Un défibrillateur est disponible au laboratoire où s'effectue le test. Selon le niveau de risque établi lors de votre visite médicale, un médecin est sur place ou joignable sur appel en cas d'urgence.

Radioactivité: Le DEXA-scan soumet le sujet à une exposition d'une très faible quantité de radiation. La moyenne de quantité de radiation qu'une personne recevra de ces procédures (8.3 mrem) est moins que 3% du total de radiation que vous recevez, sur une période d'un an, dans un environnement naturel d'une grande ville comme Montréal (300 mrem). Pour les sujets de sexe féminin, un test de grossesse sera réalisé avant le DEXA-scan afin de s'assurer qu'il n'y a aucun risque d'exposition du fœtus aux radiations. Nous demandons aux femmes d'avoir un moyen de contraception fiable. Vous êtes dans l'obligation de dévoiler au chercheur la survenance d'une grossesse en cours d'étude.

Accéléromètre (SWA et ACT): Il n'y a pas de risque associé au port de l'accéléromètre. Les sujets peuvent éprouver un léger inconfort durant le sommeil et de légères irritations de la peau à la fin de la période de 10 jours avec le SWA. Aucun risque ou inconfort n'est associé à ACT.

Activité physique standardisée: Il n'y a pas de risque qui y sont associés. Vous pourriez éprouver un léger inconfort dû au masque porté durant l'activité physique afin de mesurer votre dépense énergétique.

Bénéfices

Vous comprenez qu'il n'y aura aucun avantage direct. Vous aurez une meilleure compréhension des paramètres évalués par l'accéléromètre, le VO₂max et le DEXA-scan. Un résumé de vos valeurs personnelles vous sera remis. De plus, nous espérons que les

résultats obtenus nous permettront de faire avancer l'état de nos connaissances dans le domaine de l'évaluation de la dépense énergétique.

Clause de responsabilité

Si, par la suite de votre participation à cette étude, il survenait un incident attribuable à votre participation à cette étude, il n'y a pas d'autre type de compensation prévu que ce qui est normalement couvert par la Régie d'assurance-maladie du Québec. Cependant, en signant le présent formulaire vous ne renoncez à aucun des droits garantis par la loi.

Confidentialité

Les sujets participants à cette étude seront identifiés par un code numérique spécifique. En aucun moment votre nom ne sera divulgué. Lors de présentations de résultats à des réunions scientifiques ou lors de publications, vous serez identifiés uniquement par votre code numérique. Le décodage ne pourra être fait que par le chercheur principal ou par une personne déléguée par ce dernier. Cependant, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche de l'Institut de recherches cliniques de Montréal consulte votre dossier de recherche incluant les données médicales de même que votre formulaire de consentement afin de s'assurer que l'étude est faite selon le protocole et qu'elle respecte les règles d'éthique. Avec votre consentement, nous pourrions transmettre les résultats des tests à votre médecin traitant.

Selon les normes en vigueur, les données doivent être conservées pour une durée de 7 ans pour fin de vérification.

Liberté de participation et de retrait de l'étude

Votre participation à cette étude est tout à fait volontaire. Vous êtes donc libre d'accepter ou de refuser d'y participer et vous pouvez vous retirer de l'étude en tout temps sur simple avis verbal. Le chercheur s'engage à vous faire savoir tout nouveau développement qui pourrait influencer votre décision de participer à l'étude.

Indemnité

Un dédommagement financier de 50\$ vous sera accordé si vous complétez les 2 premières visites, portez l'accéléromètre durant 7 jours et complétez la 3^e collecte urinaire. Une

indemnité de 100\$ par jour (visite 3, 4 et 5) vous sera accordée pour un total de 350\$. Cette indemnisation couvre le temps consacré pour les visites de la journée et les frais de transport. Ce montant sera versé à la fin de l'étude. Si vous ne terminez pas l'étude, un montant proportionnel à votre participation vous sera versé.

Personnes-ressources

Vous pouvez obtenir plus de renseignements concernant l'étude ou sur votre participation en communiquant avec :

- Le D^r Rémi Rabasa-Lhoret au (514) 987-5666. Vous pouvez obtenir de l'aide médicale 24 heures/24 en téléphonant au 514-860-7083 (téléavertisseur).
- La coordonnatrice de l'étude :
 - o Virginie Messier : (514) 987-5500 ext. 1-3227

Toutes questions concernant vos droits en tant que participant à un projet de recherche peuvent être adressées à Dr Madeleine Roy au 514-987-5636.

**Validation du SenseWear Armband et de l'Actical pour la mesure de la dépense
énergétique chez des adultes volontaires sains**

Consentement

Je déclare avoir lu le présent formulaire de consentement particulièrement quant à la nature de ma participation au projet de recherche et l'étendue des risques qui en découlent. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à toutes mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens librement et volontairement à participer à ce projet. On me remettra une copie signée du présent formulaire.

Signature du sujet

Nom du sujet

Date

en caractères imprimés

**Signature de la personne
obtenant le consentement**

**Nom de la personne obtenant le
consentement en caractères imprimés**

Date

Signature de l'investigateur

Remi Rabasa-Lhoret

**Nom de l'investigateur en
caractères imprimés**

Date