

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté des sciences de l'activité physique

Département de Kinanthropologie

Consommation de produits laitiers post-exercice: Impact sur l'oxydation des substrats, la mobilisation des graisses et le métabolisme glucidique chez les hommes âgés sarcopéniques.

par

Taha Amamou

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

En vue de l'obtention du grade de

Maîtrise

Sciences de l'activité physique

Décembre 2015

© Taha Amamou, 2015

SOMMAIRE

Le vieillissement est associé à des changements de la composition corporelle, tels que l'augmentation de la masse grasse et la diminution de la masse musculaire. La sarcopénie, qui fait référence à la perte de masse musculaire avec le vieillissement, peut augmenter les risques de chute, d'incapacité physique et a été associé à un risque accru de mortalité. L'entraînement en résistance est considéré comme la stratégie la plus efficace pour lutter contre la sarcopénie, mais les résultats semblent dépendre de l'apport en acides aminés essentiels, qui proviennent principalement de sources animales. Dans notre laboratoire, une étude d'intervention de 16 semaines a permis de démontrer que l'entraînement musculaire permettait un gain de masse et force musculaire chez des hommes âgés sarcopéniques et cela avec ou sans supplémentation riche en protéines d'origine animale (lait de vache). Néanmoins, cette même étude a aussi révélé que la combinaison de l'entraînement musculaire et de la supplémentation riche en protéines est nécessaire pour induire une perte de masse grasse. Afin de comprendre ces résultats, nous avons alors décidé d'étudier l'impact aigu de ce type de stratégie sur l'oxydation des substrats et la mobilisation des graisses afin de tenter d'identifier les mécanismes à l'origine de la perte de masse grasse. Pour ce faire, 9 hommes âgés entre 60 et 75 ans et actifs ont été recrutés et ont terminé l'étude. Chaque participant a été invité à réaliser 3 conditions expérimentales de manière aléatoire: 1) Entraînement en résistance + Lait de vache (ER+LV), 2) Entraînement en résistance + Lait de riz (condition sans protéines; ER+LR), 3) Entraînement en résistance + Eau (condition témoin; ER+EAU). Pendant les 3 heures qui suivaient la fin de chaque intervention, nous mesurons la dépense énergétique, l'oxydation des substrats (calorimétrie indirecte), la mobilisation des graisses (concentrations plasmatiques de glycérol et d'acides gras libres) et le métabolisme glucidique (concentration plasmatique de glucose et insuline). Nos principaux résultats montrent que l'oxydation des lipides (%) est similaire entre les conditions ER+LR et ER+LV bien que plus faible que celle observée dans la condition ER+EAU durant les 2 premières heures. Concernant la mobilisation des graisses, les concentrations de glycérol ne montrent aucune différence au cours des 3 heures. Néanmoins, les niveaux sanguins d'acides gras libres ont augmenté de manière plus importante dans la condition ER+EAU suite à la fin de la séance d'entraînement.

Enfin, suite à la condition ER+LV, nous avons observé une réponse du métabolisme glucidique similaire à ER+EAU. Bien qu'il soit possible que l'effet chronique diffère de l'effet aigu, la similitude des résultats entre les conditions ER+LR et ER+LV nous pousse à croire que la perte de masse grasse plus élevée qui a été observée suite à 16 semaines d'entraînement musculaire combiné à une supplémentation en protéines d'origine animale n'est pas expliquée par une plus grande mobilisation des graisses, ni une plus grande oxydation des substrats. Cependant, l'utilisation de méthodes indirectes (acides gras libres et glycérol) pour estimer la mobilisation des graisses pourrait aussi expliquer l'absence de différence entre ces conditions expérimentales.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	2
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	6
REMERCIEMENTS	7
INTRODUCTION	9
REVUE DE LA LITTÉRATURE	10
1. CONTEXTE ACTUEL : VIEILLISSEMENT DE LA POPULATION.....	10
2. LES CHANGEMENTS RELIÉS AU VIEILLISSEMENT ET LEURS IMPACTS	11
2.1. <i>La composition corporelle</i>	11
2.1.1. Évolution de la masse grasse	12
2.1.2. Évolution de la masse maigre	13
2.2. <i>L'évolution du métabolisme énergétique</i>	15
2.2.1. Le métabolisme de repos	15
2.2.2. L'oxydation des substrats	16
3. INTERVENTIONS NON PHARMACOLOGIQUES CHEZ LA PERSONNE ÂGÉE SARCOPENIQUE	18
3.1. <i>Entraînement musculaire</i>	19
3.2. <i>Apport en protéines</i>	21
3.3. <i>Combinaison de l'entraînement musculaire et des protéines d'origine animale</i>	23
4. PROBLÉMATIQUE.....	25
5. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	26
MÉTHODOLOGIE	26
1. PROTOCOLE ET DEVIS DE RECHERCHE	26
2. POPULATION À L'ÉTUDE.....	29
3. SÉANCE D'ENTRAÎNEMENT	30
4. SUPPLÉMENT POST-ENTRAÎNEMENT	31
5. STANDARDISATION DES APPORTS ALIMENTAIRES PRÉ-CONDITION EXPÉRIMENTALE	32
6. VARIABLES MESURÉES	33
6.1. ANTHROPOMÉTRIE ET COMPOSITION CORPORELLE	33
6.2. VARIABLES SANGUINES	33

6.2.1. Profil métabolique à jeun.....	33
6.2.2. Mobilisation des graisses et métabolisme glucidique.....	34
6.3. MÉTABOLISME DE REPOS, DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE ET OXYDATION DES SUBSTRATS	34
6.4. HABITUDES ALIMENTAIRES	36
6.5. NIVEAU D'ACTIVITÉ PHYSIQUE.....	37
7. ANALYSES STATISTIQUES.....	37
RÉSULTATS	39
1. DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE ET OXYDATION DES SUBSTRATS.....	39
2. MOBILISATION DES GRAISSES	40
3. MÉTABOLISME GLUCIDIQUE	42
DISCUSSION	44
CONCLUSION.....	53
ANNEXES.....	65
ANNEXE 1 - FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT À LA RECHERCHE.....	65
ANNEXE 2 - EXEMPLE DE BOITE À LUNCH (2 300 Kcal/JOUR).....	77
ANNEXE 3 - SÉANCE D'ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE.....	79
ANNEXE 4 - ÉCHELLE D'ACTIVITÉS PHYSIQUES POUR PERSONNES AGÉES (TRADUIT DE L'ANGLAIS: PHYSICAL ACTIVITY SCALE FOR THE ELDERLY, PASE)	80

LISTE DES TABLEAUX et FIGURES

Tableau 1. Caractéristiques des participants	30
Tableau 2. Contenu des boissons post-entraînement pour les trois conditions expérimentales	32
Tableau 3. Table de Péronnet et Massicotte : Proportion des substrats oxydés	36
Figure 1. Population par classes d'âge, Québec, 2004 à 2030	10
Figure 2. Méthodologie expérimentale.....	28
Figure 3. Devis de recherche.....	29
Figure 4. Dépense énergétique et oxydation des lipides selon les conditions expérimentales au cours des trois calorimétries indirectes chez les hommes âgés sarcopéniques	40
Figure 5. Concentrations plasmatiques d'acides gras libres et de glycérol selon les conditions expérimentales chez les hommes âgés sarcopéniques.....	41-42
Figure 6. Concentrations plasmatiques du glucose et d'insuline selon les conditions expérimentales chez les hommes âgés sarcopéniques	43

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier sincèrement ma directrice de recherche, la Pre Eléonor Riesco, pour sa patience et son soutien tout au long de mon cheminement. Sa grande disponibilité, son soutien et ses encouragements constants m'ont été très bénéfiques dans ma démarche d'études supérieures. Elle a cru en moi et en mes capacités, parfois même plus que moi-même, ce qui m'a permis de persévérer et de me dépasser dans cette belle aventure. Je ne pourrai pas oublier le jour où elle m'a donné sa confiance et elle a accepté qu'on travaille ensemble. Je la remercie également pour son optimisme, son soutien particulier et son aide pour la recherche de solutions lors de périodes plus difficiles: elle était comme une meilleure amie et elle le restera. J'ai beaucoup appris de ses précieux conseils et je la remercie de tout mon cœur de m'avoir encouragé à entretenir cette passion pour l'étude sur le vieillissement et la santé.

Je tiens également à remercier Madame Martine Fisch pour son aide, son soutien, sa gentillesse et ses précieux conseils tout au long de mon parcours. J'ai beaucoup aimé travailler avec elle et je la remercie d'avoir été présente pour moi et d'avoir répondu à mes nombreuses questions avec autant de patience. Je veux remercier la Pre Isabelle Dionne et le Pr Martin Brochu pour leur soutien particulier lors de périodes plus difficiles, me permettant de poursuivre mon cheminement aux études supérieures. J'aimerais également remercier mes collègues d'avoir pris de leur précieux temps pour répondre à mes grands questionnements, toujours avec la volonté de m'aider à cheminer. Plus particulièrement, j'aimerais remercier Katherine Boisvert-Vigneault pour son humour, sa patience, son aide, sa grande disponibilité et sa gentillesse. Elle a toujours été présente pour répondre à toutes mes questions et mes inquiétudes avec le même sourire constant. En plus, je ne peux pas oublier Mathieu Maltais, Ahmed Ghachem et Johann Lebon pour leurs réponses à mes questions. Je remercie également Morgane Du Bois, ma collègue sur le même projet pour son soutien, son aide et se fut un plaisir de travailler avec elle. Sans toute cette belle équipe, mon parcours aux études supérieures n'aurait pas été aussi agréable. J'aimerais aussi remercier les participants de l'étude SHAKE sans qui je n'aurais pu réaliser mon projet d'études supérieures.

J'aimerais remercier aussi les auteurs de ma vie, mes parents, pour leur soutien inconditionnel tout au long de mes études et aussi pour me donner la chance d'être dans cette vie pour réaliser ce que j'aime faire : la recherche scientifique. Leur aide et leurs encouragements m'ont motivé et m'ont permis de persévérer.

Finalement, je ne peux pas passer sans parler de mon vrai et bel ami : mon frère Salem. Comme a dit Jean Racine dans sa tragédie "Phèdre" : "Le nom d'ami est courant, mais l'ami fidèle est chose rare." Et l'ami fidèle et rare est mon frère. Je le remercie pour chaque seconde où il était là pour moi, pour son soutien et pour son vrai amour fraternel.

À tous, merci.

INTRODUCTION

Le vieillissement est un processus naturel et inévitable qui est associé à une diminution des capacités physiques, pouvant mener à des limitations sur le plan fonctionnel, des incapacités physiques, ainsi que des altérations métaboliques augmentant grandement le risque de développer des maladies chroniques. De manière plus particulière, le vieillissement est lié à des changements de la composition corporelle telle que l'augmentation de la masse grasse, et la diminution de la masse musculaire reconnu sous le terme de sarcopénie ([Guo, Zeller, Chumlea, & Siervogel, 1999](#)). D'autre part, les qualités physiques comme la force et l'endurance musculaire vont aussi avoir tendance à diminuer ([Rosenberg, 2011](#)) ce qui contribue à la diminution des capacités physiques.

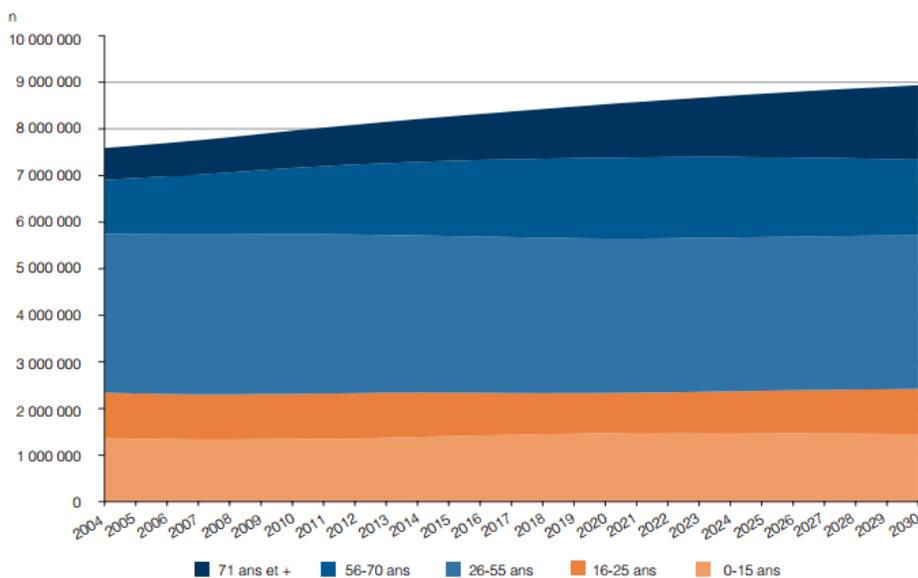
La sarcopénie, qui est définie comme la perte de masse et de fonction musculaire liée à l'âge ([Rosenberg, 1997](#)), est une problématique qui suscite beaucoup d'intérêt depuis une dizaine d'années. Il s'agit d'une condition qui a été associée à de nombreuses problématiques de santé chez la population vieillissante ce qui pousse de nombreuses équipes de recherche à tenter de développer des stratégies efficaces pour réduire cette perte de masse musculaire. D'ailleurs, une large étude menée dans notre laboratoire a démontré que l'entraînement musculaire combiné à une supplémentation riche en protéines d'origine animale permet de favoriser le gain de masse et de force musculaire en plus de réduire la masse grasse chez des hommes âgés sarcopéniques ([Maltais et al., 2015](#)). Ces résultats permettent de suggérer que ce type d'intervention pourrait ralentir le phénomène de sarcopénie tout en réduisant le risque de maladie chronique via son impact sur la masse grasse. Néanmoins, bien que les mécanismes physiologiques pouvant expliquer le gain de masse et de force musculaire commencent à être mieux compris, les mécanismes physiologiques sous-jacents permettant de comprendre l'impact d'une telle stratégie sur la masse grasse chez ce type de population demeure inconnu. C'est pourquoi, l'objectif du présent mémoire est de déterminer si la combinaison d'un entraînement musculaire et d'une supplémentation riche en protéines d'origine animale (c'est-à-dire laitière) permet de stimuler la mobilisation des graisses et/ou d'augmenter l'oxydation des lipides pendant la période post-exercice, ce qui pourrait fournir des pistes d'explication pour les résultats précédemment observés dans l'étude d'intervention.

REVUE DE LA LITTÉRATURE

1. Contexte actuel : Vieillesse de la population

Le vieillissement de la population est un phénomène important, particulièrement présent dans les pays développés où le taux de natalité est faible. En effet, l'organisation mondiale de la santé (2014) indique que la proportion de la population mondiale de plus de 60 ans va doubler pour passer d'environ 11% à 22% entre 2000 et 2050, augmentant ainsi le nombre de personnes âgées de plus de 60 ans de 65 millions à 2 milliards. Plus précisément au Canada, les statistiques indiquent qu'au cours des 20 prochaines années, le pourcentage de personnes âgées de 65 ans et plus au sein de la population va augmenter sous l'effet de l'arrivée à l'âge de 65 ans des nombreuses générations issues du baby-boom d'après-guerre (1946 à 1965). D'après Statistique Canada (2014), près d'une personne sur quatre sera âgée de 65 ans et plus au Canada en 2030, l'année où la dernière génération du baby-boom atteindra l'âge de 65 ans (Statistique Canada, 2014). Au Québec, l'Institut de la statistique du Québec (2012) démontre que le même phénomène est observé, c'est-à-dire une augmentation de la population âgée d'ici 2030. La figure 1 ci-dessous présente clairement cette situation en représentant la croissance de la population de 2004 à 2030 et supportant l'augmentation de la proportion de personnes âgées de 71 ans et plus.

Figure 1. Population par classes d'âge, Québec, 2004 à 2030.



Source: Statistique Canada, Base de données de simulation de politique sociale; Institut de la statistique du Québec (2009).

Le vieillissement de la population fait partie des inducteurs de coûts puisque de façon générale, les personnes âgées requièrent plus de soins que les plus jeunes. Elles souffrent davantage de maladies chroniques en raison de la prévalence croissante de plusieurs de ces maladies avec l'âge, et ont donc recours davantage aux soins de santé. Par exemple, l'Institut Canadien d'information sur la santé (2012) a estimé, qu'en 2008, environ 50 % des dépenses des gouvernements provinciaux et territoriaux consacrées aux hôpitaux étaient attribuables aux personnes de 65 ans et plus. Toutefois, si les aînés de la génération baby-boom s'avéraient en meilleure santé que les aînés des générations précédentes, cela pourrait réduire l'utilisation des soins de santé par ce groupe d'âge.

2. Les changements reliés au vieillissement et leurs impacts

2.1. La composition corporelle

Il est maintenant bien reconnu que des changements importants sur le plan de la composition corporelle se produisent lors du vieillissement. En effet, une augmentation du poids corporel est observable chez la personne vieillissante (Guo et al., 1999), en grande partie due à l'augmentation de la masse grasse. Dans ce contexte, parmi toutes les mesures anthropométriques, l'indice de masse corporelle ($IMC = \text{poids (kg)}/\text{taille (m)}^2$) est l'outil le plus fréquemment utilisé pour identifier les personnes qui présentent un surplus de poids ($IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$) ou une insuffisance pondérale ($IMC < 18,5 \text{ kg/m}^2$) chez l'adulte d'âge moyen comme la personne âgée. Bien que l'IMC soit reconnu comme un indicateur assez fiable de l'adiposité corporelle (Garrow & Webster, 1985; Mei et al., 2002), beaucoup d'auteurs considèrent cet indice comme un mauvais indicateur du risque pour la santé chez les personnes âgées (Allison, Gallagher, Heo, Pi-Sunyer, & Heymsfield, 1997; Harris et al., 1988; Seidell & Visscher, 2000; Visser, Van den Heuvel, & Deurenberg, 1994). En effet, en plus de ne pas faire état de la répartition de la masse grasse, un IMC peut demeurer inchangé avec un gain de masse grasse et une perte de masse maigre chez les personnes âgées. Ainsi, pour un même IMC on observera un pourcentage de masse grasse plus élevée chez la personne âgée comparativement à l'adulte d'âge moyen. L'importance d'analyser séparément les changements de composition corporelle qui surviennent avec le vieillissement sera décrite dans les deux prochaines parties.

2.1.1. Évolution de la masse grasse

Le vieillissement est associé à l'augmentation de la masse grasse, plus particulièrement, au niveau intra-abdominal tant chez l'homme que chez la femme ([Chumlea & Baumgartner, 1989](#); [Enzi et al., 1986](#); [Kotani et al., 1994](#)). En effet, une étude transversale a démontré que malgré un IMC stable, le vieillissement est associé à une augmentation de la masse grasse d'environ 1% par décennie ([Gallagher et al., 1996](#)). Ces résultats sont supportés par des études longitudinales qui ont démontré une augmentation similaire de la masse grasse totale augmente avec l'âge tant chez les hommes que les femmes âgés ([Ding et al., 2007](#); [Zamboni et al., 2003](#)). La stabilité de l'IMC s'explique alors par une réduction de la masse maigre dès l'âge de 45 ans, qui continue avec le vieillissement ([Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000](#)). De plus, il a déjà été rapporté que le vieillissement est associé à une augmentation du tour de taille d'environ 7 cm par décennie ([Balkau, Picard, Fezeu, & Eschwège, 2007](#)). Bien que l'ampleur de ce changement peut varier entre les études, l'augmentation du tour de taille et de la masse grasse ont été observées tant dans des études transversales ([Ito et al., 2001](#); [Shimokata et al., 1989](#); [Teh, Pan, & Chen, 1996](#)) que longitudinales ([Carmelli, McElroy, & Rosenman, 1991](#); [Hughes et al., 2004](#); [Noppa, Andersson, Bengtsson, Bruce, & Isaksson, 1980](#); [Shimokata et al., 1989](#); [Zamboni et al., 2003](#)).

D'autre part, il est maintenant reconnu que l'augmentation de la masse grasse est associée à un risque accru de maladies chroniques telles que le diabète de type 2 ([Despres, 2006](#)) et une plus grande mortalité chez les adultes âgés ([Björntorp, 1992](#)). En effet, l'augmentation de la masse grasse, particulièrement au niveau viscéral, est associée à une augmentation de la production et du relargage d'acides gras libres dans la circulation systémique, notamment dans la circulation portale. Cette augmentation de la concentration des acides gras libres participerait à l'accumulation de lipides dans le foie (stéatose hépatique), ce qui est un facteur de risque important des maladies chroniques ([Fabbrini, Sullivan, & Klein, 2010](#)). De plus, lorsque ces acides gras libres ne sont pas utilisés à des fins de production d'énergie, ils vont être aussi stockés sous forme de triglycérides dans la cellule musculaire, ce qui pourrait participer à l'apparition de l'insulino-résistance et du diabète de type 2 ([Delarue & Magnan, 2007](#)). En effet, de manière simplifiée, une augmentation des acides

gras libres en circulation va induire une compétition des substrats dans le muscle squelettique ce qui va réduire la captation du glucose au profit des acides gras libres qui vont se stocker dans la cellule musculaire. Si ces derniers ne sont pas utilisés, ils vont altérer la cascade de signalisation de l'insuline ([Hassan, Bourron, & Hajdich, 2014](#)) et réduire la captation du glucose. D'autre part, l'augmentation des taux circulants de glucose via cette compétition va aussi participer au développement de la résistance à l'insuline ([Karpe & Tan, 2005](#)).

Enfin, sachant que l'insuline inhibe l'activité lipolytique du tissu adipeux (dégradation des graisses), l'insulino-résistance va favoriser l'augmentation du relargage d'acides gras libres dans la circulation systémique. S'installe alors un cercle vicieux qui favorise le développement de la résistance à l'insuline et l'apparition du diabète de type 2. Il existe donc un lien étroit entre le métabolisme glucidique et la masse grasse.

2.1.2. Évolution de la masse maigre

A partir de l'âge de 40 ans, on estime que la masse musculaire diminue progressivement à raison d'environ 5% par décennie ([Fleg & Lakatta, 1988](#); [Tzankoff & Norris, 1977](#)). Le taux de perte de masse musculaire avec l'âge semble être assez constant mais semble s'accélérer après l'âge de 50 ans et être d'environ 1% à 2% par année ([Hughes, Frontera, Roubenoff, Evans, & Singh, 2002](#); [Sehl & Yates, 2001](#)). Lorsque cette perte de masse musculaire atteint un certain seuil, il est question de sarcopénie. Le terme sarcopénie, du grec *sarx* signifiant "la chair" et *penia* signifiant "la perte", a été proposé par Rosenberg ([Rosenberg, 1997](#)) pour identifier la perte de masse et de fonction musculaire liée à l'âge. Elle est d'ailleurs associée à la diminution de la force et de la puissance musculaire, que l'on nomme dynapénie ([Clark & Manini, 2008](#)). Alors qu'il n'existe pour l'instant pas de définition claire pour la dynapénie, la sarcopénie est cliniquement définie par l'indice de masse musculaire (IMM) qui se calcule de la manière suivante : Masse maigre (kg) / taille² (m).

Ainsi, pour qu'une personne soit considérée sarcopénique, l'IMM doit être inférieur à 2 écart-types d'une population jeune en santé ([Baumgartner et al., 1998](#)).

Il a déjà été établi que la sarcopénie contribue à la réduction de la mobilité et à la perte d'autonomie ([Greenlund & Nair, 2003](#)). D'ailleurs, plusieurs auteurs ont établi que la sarcopénie peut être reliée à une vitesse de marche et une capacité à se lever d'une chaise réduite ([Guralnik, Ferrucci, Simonsick, Salive, & Wallace, 1995](#); [Penninx et al., 2000](#)). En sommes, il semble que la sarcopénie soit associée à une réduction de la capacité fonctionnelle pouvant mener à la fragilité chez la personne âgée ce qui peut avoir des conséquences importantes pour la qualité de vie des personnes âgées mais aussi pour les soins de santé ([Rosenberg, 2011](#)).

Cette perte de masse musculaire observée avec le vieillissement pourrait s'expliquer par les habitudes de vie qui peuvent influencer ce phénomène. En effet, la perte de la masse musculaire liée à l'âge est favorisée par une combinaison de facteurs, qui comprend une alimentation sous-optimale ([Campbell & Leidy, 2007](#); [Campbell, Trappe, Wolfe, & Evans, 2001](#)) et un mode de vie sédentaire ([Nair, 2005](#)). En fait, il a été démontré que les personnes âgées ont un apport en protéines qui est réduit ([Fulgoni, 2008](#)). D'ailleurs, [Kerstetter, O'Brien, and Insogna \(2003\)](#) ont rapporté que 32% à 41% des femmes et 22% à 38% des hommes âgés de plus de 50 ans ingèrent moins que l'apport nutritionnel recommandé pour les protéines (0,8 g/kg/jour). Sachant que les protéines, particulièrement d'origine animale, contiennent des acides aminés essentiels qui jouent un rôle important dans la synthèse protéique, un apport en protéines réduit pourrait ainsi accélérer la perte de masse musculaire. En deuxième lieu, la sédentarité semble aussi être un facteur qui favorise la perte de masse musculaire et donc l'apparition de la sarcopénie. D'ailleurs, [Fielding et al. \(2011\)](#) ont démontré que des personnes sédentaires âgées de plus de 70 ans sont plus à risque de sarcopénie que les personnes du même âge qui sont physiquement actives.

De plus, une réduction de la synthèse protéique est observée avec le vieillissement entraînant une diminution de l'efficacité du muscle à se réparer chez la personne âgée ([Brooks & Faulkner, 1994](#); [Fujita et al., 2007](#); [Elena Volpi, Sheffield-Moore, Rasmussen, & Wolfe, 2001](#)), ce qui participe à la perte de masse musculaire et donc au développement de la sarcopénie. Chez les jeunes adultes en bonne santé, dans des conditions d'équilibre, la synthèse et la dégradation des protéines du muscle squelettique est un processus dynamique

et équilibré ([Balagopal, Rooyackers, Adey, Ades, & Nair, 1997](#); [Elena Volpi et al., 2001](#)). Avec le vieillissement, le renouvellement des protéines du muscle squelettique semble être perturbé, ce qui conduirait à un déséquilibre entre la synthèse et la dégradation des protéines musculaires ([Koopman & van Loon, 2009](#)). Néanmoins, bien que certaines études rapportent un taux de synthèse protéique basal plus faible de 30 à 40% chez les personnes âgées comparativement aux plus jeunes ([Balagopal et al., 1997](#); [Hasten, Pak-Loduca, Obert, & Yarasheski, 2000](#); [Rooyackers, Adey, Ades, & Nair, 1996](#); [Short, Vittone, Bigelow, Proctor, & Nair, 2004](#)), d'autres n'ont pas réussi à reproduire ces résultats ([Chevalier, Goulet, Burgos, Wykes, & Morais, 2011](#); [D. Paddon-Jones et al., 2004](#); [Pennings et al., 2011](#); [E. Volpi, Ferrando, Yeckel, Tipton, & Wolfe, 1998](#)).

Ainsi, si certaines habitudes de vie peuvent contribuer à accélérer le processus de perte de masse musculaire, il semble aussi que les changements physiologiques du muscle squelettique participent à ce processus. Néanmoins, les stratégies de prise en charge de la sarcopénie qui visent les habitudes de vie, soit l'entraînement musculaire et l'apport en protéines contenant des acides aminés essentiels, ont un effet important sur la synthèse protéique, même chez la personne âgée ([Baar & Esser, 1999](#); [Wilkinson et al., 2007](#)). Ceci sera traité dans la partie intitulée « Interventions non pharmacologiques chez les personnes âgées sarcopéniques » du présent mémoire.

2.2. L'évolution du métabolisme énergétique

Le métabolisme énergétique est étroitement lié au métabolisme de repos et à la dépense énergétique en lien avec le mode de vie. Lorsque l'on fait référence au métabolisme énergétique, il est question de la manière dont le muscle oxyde les substrats (principalement glucose, acides gras libres) afin de produire de l'énergie (adénosine triphosphate; ATP). Avec le vieillissement, on observe des changements tant au niveau du métabolisme de repos qu'au niveau de l'oxydation des substrats ([Frisard et al., 2007](#); [Petersen et al., 2003](#)). Ces changements peuvent avoir différents impacts sur la santé des personnes âgées.

2.2.1. Le métabolisme de repos

En comparant des jeunes adultes âgés de 25 à 35 ans et des personnes âgées de plus de 60 ans, [Krems, Lührmann, Strassburg, Hartmann, and Neuhäuser-Berthold \(2005\)](#) ont

démontré que le métabolisme de repos était plus faible chez les personnes âgées. Ces résultats furent validés par [Frisard et al. \(2007\)](#) qui rapportaient les mêmes résultats en comparant des personnes jeunes et âgées en bonne santé. D'ailleurs, ces résultats concordent avec la diminution du métabolisme de repos de 13 à 20% entre l'âge de 30 et 80 ans précédemment suggéré ([Poehlman, 1992](#)). Fait intéressant, il a déjà été proposé que la sarcopénie soit un déterminant important de la diminution du métabolisme de repos chez la personne âgée ([Weinsier, Schutz, & Bracco, 1992](#)). Néanmoins, des études transversales ont montré un métabolisme de repos plus faible avec l'avancement en âge, indépendamment des différences dans la composition corporelle ([Frisard et al., 2007](#); [Fukagawa, Bandini, & Young, 1990](#); [Paolisso et al., 1995](#)). Il n'existe cependant que très peu d'études longitudinales ayant mesuré le métabolisme de repos au cours du vieillissement. Parmi celles-ci, un suivi longitudinal d'une période de 8 ans, réalisée chez une population âgée de plus de 60 ans, a démontré une réduction de 5% par décennie du métabolisme de repos ([Lührmann, Bender, Edelmann-Schäfer, & Neuhäuser-Berthold, 2009](#)). Ces résultats sont en accord avec l'étude de [Rothenberg, Bosaeus, and Steen \(2003\)](#) qui démontraient que le métabolisme de repos diminuait de 2.1% entre l'âge de 73 et 78 ans. Enfin, un suivi longitudinal de plusieurs années (débutant entre 1958 et 1982 et se terminant en 2000) a aussi permis de démontrer que le métabolisme de repos diminue tant chez l'homme que chez la femme et cela indépendamment de l'IMC, avec un déclin plus marqué entre 70 et 80 ans chez les hommes ([Ruggiero et al., 2008](#)).

2.2.2. L'oxydation des substrats

L'oxydation des glucides (glucose) et des lipides (acides gras) au repos comme à l'effort fait référence à l'utilisation des substrats pour produire de l'énergie (ATP). Néanmoins la capacité à oxyder des lipides ou des glucides selon les conditions est dépendante de la flexibilité métabolique. Plus précisément, selon [Galgani, Moro, and Ravussin \(2008\)](#), la flexibilité métabolique fait référence à la capacité des cellules et tissus à passer de l'oxydation des lipides de manière prédominante, lors d'états de jeun ou durant un exercice prolongé, à l'oxydation des glucides après un repas ou en réponse à la stimulation de l'insuline et l'augmentation de l'intensité d'exercice.

Il a déjà été démontré que le vieillissement était associé à une réduction de la flexibilité métabolique ([DiPietro, 2010](#)), pouvant ainsi altérer la capacité à l'effort. Ce changement métabolique serait donc en partie responsable d'une accumulation et d'une réduction de l'utilisation des lipides intramusculaires ce qui augmente le risque d'altérations métaboliques et favorise le développement du diabète de type 2. Plus précisément, la réduction de la flexibilité métabolique qui survient avec le vieillissement semble liée à une altération de la capacité oxydative des mitochondries, qui serait due à des changements au niveau du nombre et de la structure de ces dernières ([Figueiredo, Mota, Appell, & Duarte, 2008](#); [Lee & Wei, 2012](#); [Van Remmen & Richardson, 2001](#)). De plus, l'augmentation du stress oxydatif observé avec le vieillissement pourrait être directement relié au processus d'apoptose mitochondriale ([Harman, 2002](#); [Sastre, Pallardó, García de la Asunción, & Viña, 2000](#)), ce qui pourrait accentuer le stockage des lipides au niveau intramusculaire ([Crane, Devries, Safdar, Hamadeh, & Tarnopolsky, 2010](#)).

L'étude de [Solomon, Marchetti, Krishnan, Gonzalez, and Kirwan \(2008\)](#) démontre que l'oxydation des glucides au repos (quantité absolue utilisée par minute) est similaire entre des jeunes adultes âgés d'environ 35 ans et des personnes âgées de 60 ans en moyenne. Néanmoins, les personnes âgées semblent présenter une oxydation des lipides au repos inférieure de 22% comparativement aux sujets plus jeunes ([Levadoux et al., 2001](#); [Solomon et al., 2008](#)). D'ailleurs, une étude ayant comparé l'oxydation des substrats sur 24h entre des jeunes adultes (âge moyen de 25 ans) et des personnes vieillissantes (âge moyen de 65 ans) a permis de confirmer que la proportion de lipides oxydés est réduite chez la personne âgée comparativement aux personnes plus jeunes, et cela malgré une dépense énergétique similaire ([Melanson, Donahoo, Grunwald, & Schwartz, 2007](#)).

D'autre part, il a été démontré que l'obésité favorise l'accumulation de lipides intramusculaires ([Consitt, Bell, & Houmard, 2009](#)) et réduit l'oxydation des lipides au repos ([Goodpaster, Thaete, & Kelley, 2000](#)). Ainsi, la réduction de l'oxydation des lipides qui survient avec le vieillissement favorise encore plus l'accumulation de lipides intramusculaires chez les personnes âgées obèses. Lorsque l'individu est physiquement inactif, l'accumulation de ces lipides favorise l'apparition de produits intermédiaires, comme les céramides et les diglycérides, qui sont fortement associés au développement de

la résistance à l'insuline via un impact sur la cascade de signalisation de l'insuline ([Consitt et al., 2009](#)). Il est donc important de développer des stratégies qui favorisent l'oxydation des lipides afin de réduire le risque de développer le diabète de type 2.

En résumé, le vieillissement est associé à de nombreux changements, tant sur le plan de la composition corporelle que du métabolisme énergétique. Plus précisément, alors qu'un gain de masse grasse est observé ([Chumlea & Baumgartner, 1989](#); [Enzi et al., 1986](#); [Kotani et al., 1994](#)), une perte de masse musculaire importante (sarcopénie) survient progressivement ([Fleg & Lakatta, 1988](#); [Tzankoff & Norris, 1977](#)), expliquant en partie une diminution du métabolisme de repos. Plusieurs études suggèrent que la sarcopénie, lorsque définie comme une perte de masse et de force musculaire ([Fielding et al., 2011](#); [Rosenberg, 2011](#)), est fortement associée à un risque accru de fragilité, morbidité et mortalité ([Rosenberg, 2011](#)). De plus, les changements sur le plan du métabolisme énergétique (p.ex. réduction de l'oxydation des lipides) favorisent l'accumulation de lipides intramusculaires et donc l'apparition de maladies chroniques tel que le diabète de type 2. Ainsi, la personne âgée sarcopénique est plus à risque de développer des problèmes de santé qui pourraient détériorer sa qualité de vie en plus d'induire des coûts importants pour le système de santé.

3. Interventions non pharmacologiques chez la personne âgée sarcopénique

Au cours des dernières années, la prescription et la vente de médicament au comptoir des pharmacies ont augmenté chez les personnes âgées ([Qato et al., 2008](#)). Cette augmentation est associée à un risque accru de développer des problèmes de santé secondaires à la polymédication. En effet, une étude a démontré une augmentation des taux d'hospitalisation chez les personnes âgées causée par l'utilisation des médicaments les plus prescrits (p.ex. inhibiteur de l'enzyme conversion de l'angiotensine prescrit pour l'hypertension ([Juurlink, Mamdani, Kopp, Laupacis, & Redelmeier, 2003](#))). C'est pourquoi il est important de développer des stratégies de prise en charge non pharmacologiques.

Dans ce contexte, afin de favoriser le maintien ou l'augmentation de la masse et de la force musculaire, l'entraînement musculaire et/ou un apport en protéines (contenant tous les acides aminés essentiels) plus élevé semblent être des stratégies intéressantes pour les personnes vieillissantes, particulièrement en situation de sarcopénie.

3.1. Entraînement musculaire

Cliniquement, la perte de poids et de masse grasse résulte d'une augmentation de la dépense énergétique et/ou de la diminution de l'apport énergétique, menant à un déficit énergétique suffisant pour induire une perte de poids ([Strasser, Spreitzer, & Haber, 2006](#)). Malgré un gain de masse musculaire suite à l'entraînement en résistance, il demeure très difficile de créer une dépense énergétique assez élevée pour engendrer un déficit calorique permettant la perte de poids et de masse grasse ([Catenacci & Wyatt, 2007](#)). Pour cette raison, l'entraînement en résistance est moins considéré pour une perte de poids efficace ([Catenacci & Wyatt, 2007](#)) comparativement à l'entraînement en aérobie. Néanmoins, l'entraînement musculaire est reconnu comme la méthode la plus sûre et efficace pour favoriser le gain de masse et de force musculaire et donc lutter contre la sarcopénie. Le muscle squelettique répond à des exercices de résistance avec la synthèse des protéines, ce qui peut conduire à l'hypertrophie musculaire et à un gain de force musculaire, et cela indépendamment de l'âge ([Hasten et al., 2000](#); [Kosek, Kim, Petrella, Cross, & Bamman, 2006](#)). En effet, il a été démontré que l'entraînement musculaire est efficace pour ralentir la perte de la masse musculaire mais aussi favoriser le maintien ou l'augmentation de la force musculaire chez les personnes âgées ([Lenz, 2010](#)). Cependant, [Lemmer et al. \(2000\)](#) ont démontré que les personnes âgées présentent un gain de force significativement plus faible que les personnes jeunes ($28 \pm -3\%$ vs. $34 \pm -3\%$) suite à 9 semaines d'entraînement musculaire.

D'autre part, comme précisé au début de ce chapitre, l'entraînement musculaire n'est pas reconnu comme étant efficace pour induire une perte de masse grasse. En fait, il est très difficile de créer une dépense énergétique assez importante pour engendrer un déficit calorique permettant la perte de masse grasse avec ce type d'entraînement ([Catenacci & Wyatt, 2007](#)). Néanmoins, il a été démontré que l'augmentation de l'intensité lors d'entraînement musculaire pourrait favoriser une diminution de la masse grasse chez les personnes âgées sarcopéniques ([Fiatarone Singh, 2002](#); [Frankel, Bean, & Frontera, 2006](#); [Roubenoff, 2007](#)). D'ailleurs, un entraînement musculaire de type circuit a déjà été démontré efficace pour réduire le tissu adipeux épigastrique chez des femmes âgées obèses ([Rosety et al., 2015](#)). Ces résultats suggèrent que l'intensité, et donc le type d'entraînement

musculaire, pourrait avoir un impact sur la perte de masse grasse chez les personnes âgées. Ces résultats pourraient être expliqués en partie par une augmentation du métabolisme de repos. En effet, [Lemmer et al. \(2001\)](#) ont déjà montré qu'un entraînement musculaire, réalisé à 50% d'une répétition maximale (1-RM) pendant 24 semaines, augmente le métabolisme de repos chez des hommes âgés de 65 ans à 75 ans. De plus, [Ormsbee et al. \(2007\)](#) ont démontré qu'une séance d'exercices musculaires de haute intensité (85-100% 1-RM) permet d'augmenter l'activité lipolytique du tissu adipeux sous-cutané abdominal chez des jeunes hommes en santé. Ces résultats suggèrent que l'entraînement musculaire de haute intensité a le potentiel de mobiliser les graisses et ainsi réduire la masse grasse.

En dernier lieu, il ne faut pas oublier de parler de la consommation excessive d'oxygène après l'exercice (EPOC pour *excess post-exercise oxygen consumption*), correspondant à la quantité supplémentaire d'oxygène utilisée par l'organisme pour récupérer après un exercice physique.

La durée et l'intensité de l'exercice sont considérés comme des variables importantes du contrôle concernant l'ampleur de l'EPOC ([Bahr, Ingnes, Vaage, Sejersted, & Newsholme, 1987](#); [Phelain, Reinke, Harris, & Melby, 1997](#)). Certains chercheurs ont comparé l'impact de l'entraînement en résistance et l'entraînement aérobie et ont montré que l'entraînement en résistance peut entraîner un EPOC significativement plus grand ([Elliot, Goldberg, & Kuehl, 1992](#)). En effet, ils ont comparé la durée et l'ampleur de l'EPOC suite à une session d'entraînement musculaire et d'entraînement aérobie pour la même période (27 minutes) et la même intensité (44% VO₂ max). Les résultats ont montré que la consommation d'oxygène est restée significativement élevée jusqu'à 90 minutes après l'entraînement en résistance et seulement 30 min après l'entraînement aérobie.

En outre, d'autres aspects sont à prendre en considération dont l'augmentation de la glycogénogenèse ([Elliot et al., 1992](#)) et les micro-déchirures musculaires, qui conduisent à une hypertrophie ([Vierck et al., 2000](#)), qui peuvent également provoquer une plus grande dépense énergétique suite à un entraînement en résistance.

Fait intéressant, l'EPOC est associé à une augmentation de l'oxydation des lipides pendant plusieurs heures après la séance d'exercice ([Henderson et al., 2007](#)). D'ailleurs, [Ormsbee et al. \(2007\)](#) ont démontré qu'une séance entraînement musculaire (85 à 100% 1-RM) permet

d'avoir d'augmenter l'oxydation des lipides dans l'heure suivant la fin de la séance. De plus, il a déjà été démontré que 22 heures après une séance d'entraînement musculaire par intervalles à haute intensité (80 à 85% 1-RM), le quotient respiratoire (VCO_2/VO_2) est réduit, ce qui représente une augmentation de la proportion de lipides oxydées ([Paoli et al., 2012](#)).

Ainsi, il est possible qu'un entraînement en résistance à intensité élevée prolonge la période de l'EPOC, stimule la mobilisation des graisses et favorise l'oxydation des lipides chez les personnes âgées sarcopéniques. Cette augmentation de l'oxydation des lipides en réponse à l'entraînement musculaire est un facteur qui doit être considéré en raison de son impact sur la mobilisation des graisses mais aussi pour son importance dans la réduction du risque de résistance à l'insuline.

3.2. Apport en protéines

Le vieillissement est associé à une diminution de l'apport calorique ([Morley, 2007](#); [Visvanathan & Chapman, 2009](#)) et plus particulièrement de l'apport en protéines ([Fulgoni, 2008](#)) qui favorise la diminution de la masse musculaire et donc l'apparition de la sarcopénie. En effet, [Kerstetter et al. \(2003\)](#) ont rapporté que 32% à 41% des femmes et 22% à 38% des hommes âgés de plus de 50 ans ingèrent moins de protéines que l'apport nutritionnel recommandé (0,8 g/kg/jour).

Il a été démontré que la synthèse protéique, à l'origine du gain de masse musculaire, pouvait être stimulée via un apport en protéines d'origine animale chez les personnes âgées. [Arnal et al. \(1999\)](#) ont montré qu'un apport en protéine de 1,0 g/kg/jour représente la quantité minimale nécessaire pour maintenir la masse musculaire chez les femmes âgées. Pour cette raison, bien que les recommandations actuelles de Santé Canada soient de 0,8 g de protéines/kg/jour chez les adultes d'âge moyen comme les personnes âgées, les résultats des études suggèrent un apport entre 1,0 et 1,5 g de protéine/kg/jour afin de favoriser le maintien de la masse musculaire chez les personnes âgées.

Il a aussi été démontré qu'un apport en protéines contenant plus de 10 g d'acides aminés essentiels stimule la synthèse protéique chez les personnes vieillissantes de la même manière que chez plus jeunes ([Ferrando et al., 2010](#); [Douglas Paddon-Jones & Rasmussen,](#)

[2009](#)). Ces résultats suggèrent qu'un apport adéquat en acides aminés essentiels pourrait être une stratégie efficace pour favoriser le maintien ou le gain de masse musculaire chez la personne âgée. De plus, des chercheurs ont d'ailleurs démontré qu'une supplémentation contenant 8 g d'acides aminés essentiels, 2 fois par jour, pendant 18 mois, sans exercice, augmente la masse musculaire, en plus d'améliorer la sensibilité à l'insuline, chez des hommes sarcopéniques âgés de 66 à 84 ans ([Solerte et al., 2008](#)). Fait intéressant, des études ont démontré que le lait qui contient des acides aminés essentiels est capable à lui seul de stimuler la synthèse protéique musculaire ([Bos et al., 2003](#); [Fouillet, Mariotti, Gaudichon, Bos, & Tomé, 2002](#)). Il semble donc qu'un apport en protéines contenant des acides aminés essentiels représente une bonne stratégie pour ralentir la perte de la masse musculaire chez la personne vieillissante sarcopénique.

Certaines évidences suggèrent que la supplémentation en protéines d'origine animale permettrait une stimulation de la synthèse protéique dans le musculaire particulièrement, sans favoriser une synthèse protéique d'autres tissus ([Bos et al., 2003](#); [Fouillet et al., 2002](#)). Plus précisément, les protéines laitières semblent représenter une bonne source de protéines permettant le gain de masse musculaire via une stimulation de la synthèse protéique dans le muscle squelettique ([Bos et al., 2003](#); [Fouillet et al., 2002](#)). Parallèlement, d'autres études ont démontré qu'une consommation élevée en produits laitiers pendant 12 semaines réalisée grâce à un régime alimentaire riche en produits laitiers (3 portions du yogourt/jour) pourrait favoriser la diminution de la masse grasse ([Heaney, Davies, & Barger-Lux, 2002](#); [Zemel, 2004](#); [Zemel & Miller, 2004](#)). En se basant sur ces études, il semble que les produits laitiers pourraient jouer un rôle important chez la personne âgée en favorisant le maintien, voir le gain, de masse musculaire tout en réduisant la masse grasse. D'ailleurs, une étude a montré qu'une consommation pendant 23 semaines de 56 g/jour de protéines de petit-lait (*whey*), qui est contenu dans les produits laitiers tel que le lait, permet de réduire la masse grasse de manière plus importante que d'autres types de protéines chez des personnes en surpoids ([Baer et al., 2011](#)). Bien que les mécanismes demeurent à élucider, il semble que les produits laitiers représentent une stratégie intéressante pour moduler la composition corporelle.

De plus, quelques études se sont penchées sur l'effet d'un apport alimentaire élevé en protéines sur le métabolisme énergétique chez les personnes âgées, et ont démontré que l'oxydation des lipides peut être stimulée via l'apport en protéines. En effet, un repas riche en protéines (40% de glucides, 30% de lipides, 30% de protéines) augmente l'oxydation des lipides chez des personnes âgées en surpoids ou normo-pondérales comparativement à un repas équilibré en protéines (55% de glucides, 30% de lipides, 15% de protéines) ([Labayen, Diez, Parra, González, & Martinez, 2004](#)). Résultats confirmés par [Batterham et al., \(2008\)](#) qui rapportent une augmentation de la dépense énergétique et de l'oxydation des lipides chez des personnes d'âge moyen (39.8 ± 12.9 ans) pendant les huit heures qui suivent un repas riches en protéines. L'augmentation de la dépense énergétique et de l'oxydation des lipides pourrait aussi expliquer en partie la perte de masse grasse via une stimulation de l'activité lipolytique. Néanmoins, aucune étude n'a évalué l'effet d'un apport augmenté en protéines contenant des acides aminés essentiels sur l'activité lipolytique du tissu adipeux et donc la mobilisation des graisses.

Ces résultats permettent d'expliquer pourquoi il a déjà été rapporté que les protéines lactiques, bien qu'elles soient d'origine animale, diminuent le risque de développer des maladies chroniques ([Ebringer, Ferencik, & Krajčovič, 2008](#); [Elwood, Pickering, & Fehily, 2007](#); [Elwood, Pickering, Givens, & Gallacher, 2010](#)).

Étant donné que l'entraînement musculaire et l'apport en protéines, particulièrement d'origine animale, favorisent indépendamment le gain de masse musculaire, ainsi que l'augmentation de la dépense énergétique et l'oxydation des lipides, leur combinaison semble représenter une stratégie optimale pour la personne vieillissante sarcopénique.

3.3. Combinaison de l'entraînement musculaire et des protéines d'origine animale

L'ingestion d'acides aminés essentiels (issus de protéines d'origine animale) à la suite d'un entraînement musculaire favorise la synthèse musculaire de manière plus importante que l'exercice musculaire seul chez les personnes âgées ([Biolo, Tipton, Klein, & Wolfe, 1997](#); [Børsheim, Tipton, Wolf, & Wolfe, 2002](#); [Dreyer et al., 2008](#); [Hartman et al., 2007](#); [Koopman et al., 2006](#); [Tipton, Ferrando, Phillips, Doyle, & Wolfe, 1999](#); [Wilkinson et al.,](#)

2007), ce qui pourrait induire des gains musculaires substantiels ([Fujita & Volpi, 2006](#)). Néanmoins, les résultats de l'étude de [Verdijk et al. \(2009\)](#) démontraient qu'une intervention de 12 semaines, durant laquelle des hommes âgés consommaient un supplément en protéines avant et immédiatement après chaque session (20 g de protéines/session) d'entraînement en résistance (3 sessions/semaine) d'intensité modérée à élevée (75% à 80% 1-RM) ne semblait pas avoir d'effet additif sur la masse et la force musculaire comparativement à un entraînement musculaire combiné à un placebo (de l'eau uniquement). Dans le même ordre d'idée, l'étude de [Leenders et al. \(2013\)](#) démontre que la masse et la force musculaire ainsi que la capacité fonctionnelle s'améliorent après 24 semaines d'entraînement en résistance, mais ne rapporte pas de bénéfice associé à l'ajout d'un supplément riche en protéines (ajout 15 g/jour) avant un entraînement musculaire (juste après le petit-déjeuner le jour de la séance d'entraînement) chez des hommes et des femmes âgés de 70 ans en bonne santé. Afin d'expliquer l'absence d'effet additif de l'ajout d'un supplément de protéines, les auteurs suggèrent qu'une intervention de 24 semaines (6 mois) n'est pas assez longue pour que tous les avantages de la supplémentation riche en protéine deviennent apparents. Néanmoins, le moment de la prise du supplément de protéine semble aussi jouer un rôle important puisqu'il a été précédemment démontré qu'une « fenêtre d'opportunité », au cours de laquelle la synthèse protéique est à son maximal, se situe entre 30 min et 2h après l'entraînement musculaire ([Biolo et al., 1997](#)). Ainsi la consommation du supplément plusieurs heures avant l'entraînement pourrait ne pas avoir les effets attendus sur la masse et la force musculaire des personnes âgées. D'autre part, une quantité insuffisante d'acides aminés essentiels contenus dans les suppléments pourrait aussi expliquer l'absence d'effet additif.

Une étude réalisée dans notre laboratoire qui visait à examiner l'impact de 16 semaines d'entraînement musculaire combiné à un supplément post-exercice riche en protéines, contenant 7g d'acides aminés essentiels (lait de vache; lait de soya avec acides aminés essentiels du commerce; lait de riz [contrôle sans protéine]), n'a démontré aucun effet additif de l'apport en protéines sur la masse et la force musculaire chez des hommes âgés sarcopéniques ([Maltais et al., 2015](#)). L'absence de différence entre les interventions pourrait, en partie, s'expliquer par le fait que le contenu en protéines n'était peut-être pas

suffisant (13.53g de protéines contenant 7g d'acides aminés essentiels) pour favoriser un effet additif sur la masse et la force musculaire. Néanmoins, les résultats de cette étude ont permis de démontrer que seule la combinaison de l'entraînement musculaire et d'un supplément de protéines d'origine animale à base de lait de vache permettait la perte de masse grasse chez cette population ([Maltais et al., 2015](#)). Cependant, étant donné que l'objectif premier de ce projet n'était pas d'induire une perte de masse grasse, il n'a pas été possible d'établir la raison de ce changement. Sachant que l'oxydation des lipides et que l'activité lipolytique du tissu adipeux est stimulée pendant la période EPOC suite à l'entraînement musculaire (période post-exercice en référence au EPOC) ou après un apport en acides aminés essentiels chez les personnes âgées ([Henderson et al., 2007](#)), il est possible d'émettre l'hypothèse que la combinaison de ces deux stratégies augmente ces aspects pendant la période EPOC ce qui pourrait, sur une base chronique, induire une perte de masse grasse chez les hommes âgés sarcopéniques. Néanmoins, il n'existe, à notre connaissance, aucune étude qui a évalué l'effet de la combinaison de l'exercice en résistance et de la consommation post-exercice d'un supplément d'origine animale (lait de vache) sur le métabolisme énergétique et la mobilisation des graisses pendant la période post-exercice (EPOC).

4. Problématique

Le vieillissement est associé à des changements au niveau de la composition corporelle, notamment un gain de masse grasse et une perte de masse musculaire menant à la sarcopénie, favorisant le risque de développer des maladies chroniques. La réduction de l'oxydation des lipides aussi observée lors du vieillissement, exacerbe alors ce risque en augmentant l'accumulation de lipides intramusculaires et réduisant l'utilisation des lipides stockés dans le tissu adipeux. De plus, une perte de force musculaire, expliquée en partie par la perte de masse musculaire et les changements de sa structure (p.ex. apoptose mitochondriale), est aussi observée chez les personnes âgées ce qui peut avoir des conséquences au niveau de leur capacité physique et participer à la réduction de la capacité à réaliser les activités de la vie quotidienne. Bien que les résultats concernant les effets de la combinaison de l'entraînement en résistance et d'une supplémentation en protéines

demeurent à confirmer, l'étude d'envergure menée dans notre laboratoire ([Maltais, 2015](#)) a permis de démontrer que seule cette combinaison permettait la réduction de la masse grasse tout en permettant le gain de masse et de force musculaire. Cependant, bien que la littérature suggère que l'entraînement musculaire et l'augmentation de l'apport en protéines riche en acides aminés essentiels favorisent l'oxydation des lipides et augmente la dépense énergétique pendant la période post-exercice, aucune étude n'a évalué l'impact de la combinaison de ces deux stratégies sur l'oxydation des substrats (lipides et glucides) et la mobilisation des graisses (activité lipolytique du tissu adipeux) pendant la période EPOC. Étudier l'impact aigu de ce type de stratégie pourrait permettre d'identifier les mécanismes à l'origine de la perte de masse grasse observée suite à une intervention de 16 semaines chez les hommes âgés sarcopéniques.

5. Objectifs et hypothèses

Ainsi, l'objectif de ce mémoire est d'examiner l'impact d'un supplément en protéines d'origine animale consommé suite à une séance d'entraînement musculaire sur :

- l'oxydation des substrats
- la mobilisation des graisses (acides gras libres et glycérol)
- le métabolisme glucidique (insuline et glucose) dans la matinée suivant l'entraînement, chez des hommes âgés sarcopéniques.

Nous émettons l'hypothèse que la consommation d'un supplément en protéines d'origine animale suite à la séance d'entraînement musculaire augmentera l'oxydation des lipides, et la mobilisation des graisses tout en induisant une réponse glycémique et insulinémique adéquate pour cette population.

MÉTHODOLOGIE

1. Protocole et devis de recherche

Le présent projet de maîtrise est issu d'une étude qui s'est déroulée au Centre de recherche sur le vieillissement (CdRV) du Centre de santé et de services sociaux – Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (CSSS-IUGS). Le projet a été approuvé par le Comité d'éthique à la recherche du CSSS-IUGS et l'ensemble des participants ont signé un formulaire d'information et de consentement avant de débiter le projet de recherche.

Suite à un questionnaire téléphonique vérifiant leur admissibilité au projet, les participants potentiels ont reçu par la poste (ou par courriel) le formulaire d'information et de consentement (Annexe 1) et les informations concernant les modalités spécifiques à cette étude. Les hommes intéressés et éligibles étaient conviés à une première rencontre à jeun (12h après le dernier repas) au CdRV afin de valider l'inclusion et mesurer la composition corporelle, le métabolisme de repos et réaliser un bilan sanguin. À la fin de cette visite, un journal alimentaire de 3 jours était expliqué et fourni aux participants afin d'évaluer les habitudes alimentaires. Après la première visite, chaque participant était invité à trois autres visites au CdRV, étalées sur trois semaines, afin de réaliser les trois conditions expérimentales de manière aléatoire (Figure 3): 1) entraînement en résistance + eau (ER+EAU), 2) entraînement en résistance + lait de vache (ER+LV), 3) entraînement en résistance + lait de riz (ER+LR) (devis chassé-croisé, voir Figure 2). En dehors de la condition contrôle (ER+EAU) qui était de manière évidente différente des boissons post-exercice à l'étude (eau vs. suppléments à base de lait), ni les participants ni les évaluateurs ne connaissaient la teneur du supplément post-exercice (lait de vache vs. lait de riz) permettant de réaliser une étude à double insu. Pour chaque condition, les participants effectuaient un entraînement musculaire à la suite duquel ils consommaient la boisson ou l'eau, dans les 30 min suivantes. Après avoir bu la boisson, les participants restaient au CdRV pour une durée de 4h au cours de laquelle cinq échantillons sanguins étaient prélevés avant (temps -60) et juste après (temps 0) l'entraînement, ainsi que 60, 120 et 180 min post-entraînement + boisson pour évaluer les variations des taux d'insuline, de glucose, d'acides gras libres et de glycérol. À la fin de la matinée un repas de style buffet à volonté leur était servi afin d'évaluer l'impact des interventions sur la satiété et les apports alimentaires subséquents (autre objectif de l'étude; données non présentées dans ce mémoire). Afin d'évaluer l'oxydation des substrats, trois mesures des échanges gazeux ont été réalisées : 1) temps 1: 30-60 min; 2) temps 2: 90-120 min et temps 3: 150-180 min post-entraînement + boisson. Afin de standardiser l'apport alimentaire et ne pas influencer la mesure de l'oxydation des substrats, les repas pour les 24h précédents chaque condition expérimentale (du type boîte à lunch) étaient fournis à chaque participant. Ces boîtes à lunch étaient composées en fonction des besoins énergétiques de chaque participant (estimés grâce au

métabolisme de repos). Les repas et indications pour les 24h précédant la visite était remise à chaque participant avant chaque condition expérimentale. Cette étape permettait de s'assurer que tous les participants consommaient le même apport en macronutriments quel que soit l'apport énergétique nécessaire. Toutes les boîtes à lunch ont été créées par une nutritionniste (exemple présenté dans l'Annexe 2). La figure 2 représente l'ordre des tests ayant lieu au cours de chaque condition expérimentale.

Figure 2. Méthodologie expérimentale

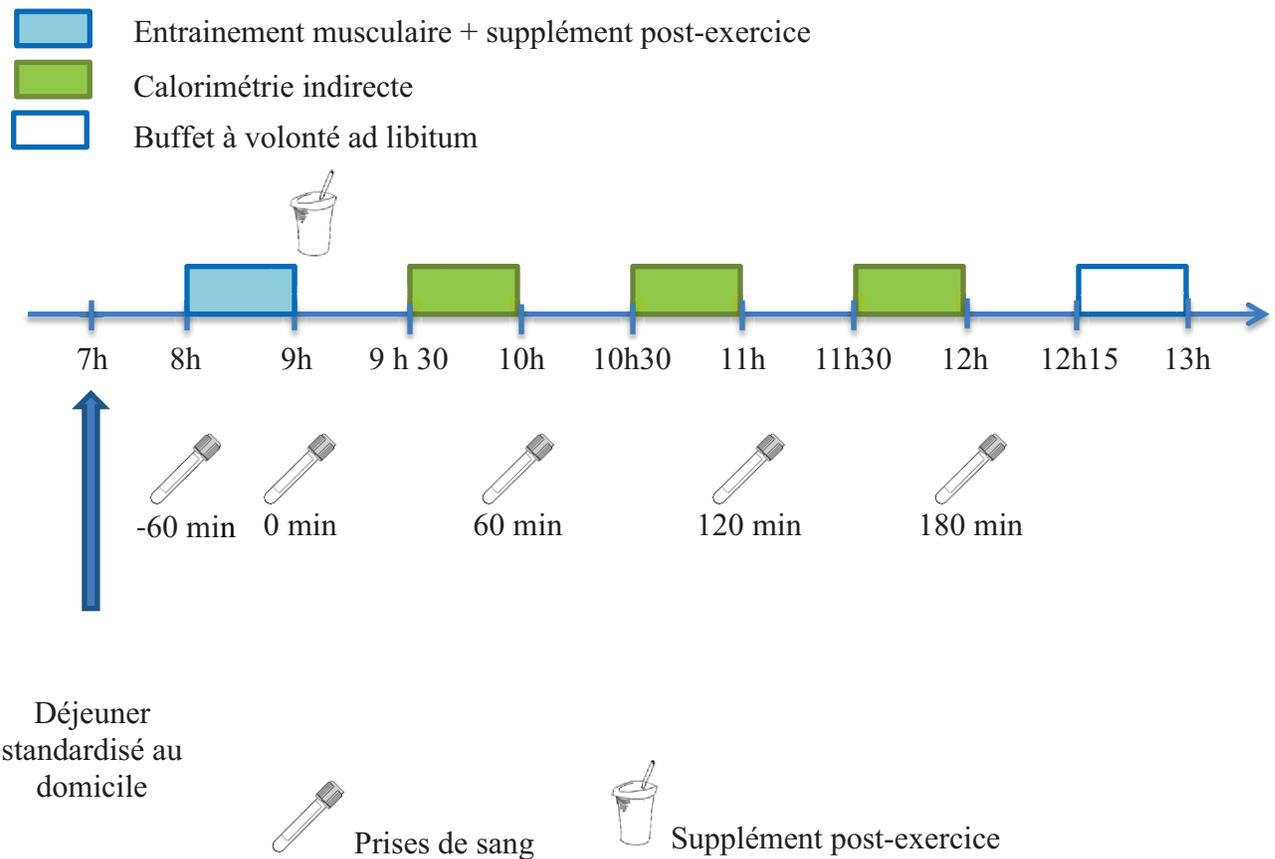
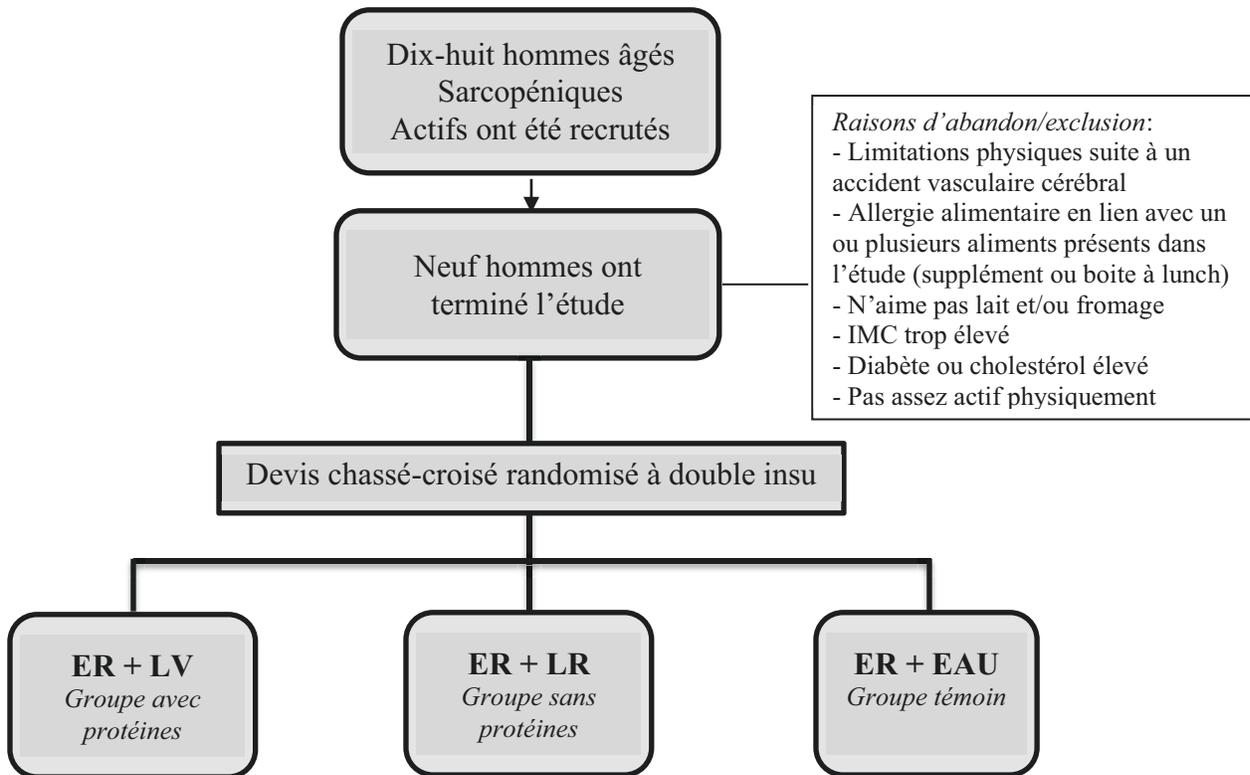


Figure 3. Devis de recherche



2. Population à l'étude

Un total de 18 hommes sarcopéniques âgés entre 60 et 75 ans ont été recrutés via des annonces dans les journaux locaux et les salles d'entraînement locales. Sur un ensemble de 18 hommes, 9 ont terminé l'ensemble des visites. Pour faire partie de cette étude, les participants devaient rencontrer les critères d'inclusion suivants : 1) indice de masse musculaire appendiculaire (IMM app) $\leq 10,75 \text{ kg/m}^2$, 2) non-fumeur, 3) actif (au moins 60 min d'exercice structuré par semaine), 4) ayant une consommation d'alcool modérée (moins de 2 consommations/jour), 5) sans traitement médical influençant le métabolisme.

Le tableau 1 ci-dessous présente les caractéristiques moyennes des 9 participants.

Tableau 1. Caractéristiques des participants.

	Moyenne \pm ET	Minimum	Maximum
Âge (années)	67,2 \pm 5,0	60,0	77,0
Poids (kg)	75,4 \pm 10,5	58,4	97,0
Taille (m)	1,71 \pm 0,63	1,57	1,80
Tour de taille (cm)	95,0 \pm 13,2	58,8	113,0
IMC (kg/m ²)	25,8 \pm 2,8	20,3	31,0
Masse grasse totale (kg)	16,1 \pm 5,5	4,0	25,0
Masse maigre totale (kg)	53,3 \pm 10,7	23,5	68,9
IMM appendiculaire (kg/m ²)	9,1 \pm 0,9	6,8	10,4
MR (kcal/jour)	1495,4 \pm 218,5	1138,0	1859
Quotient respiratoire	0,83 \pm 0,05	0,73	0,91
Oxydation des lipides (%)	57,8 \pm 18,6	30,7	92,2
Oxydation des glucides (%)	42,2 \pm 18,6	7,9	69,3
Insuline à jeun (pmol/L)	25,9 \pm 8,7	14,0	40,0
Glucose à jeun (mmol/L)	5,0 \pm 0,5	4,3	6,2

ET : Écart-type; **IMC** : Indice de masse corporelle; **IMM**: Indice de masse musculaire; **MR** : Métabolisme de repos.

3. Séance d'entraînement

La séance d'entraînement était la même pour les trois conditions expérimentales. Chaque séance d'entraînement individuelle se déroulait au CdRV, sous la supervision d'un kinésologue. La séance débutait par cinq minutes d'échauffement sur tapis roulant suivies d'environ 45 minutes d'entraînement en résistance et finissait par cinq minutes de retour au calme sur le tapis roulant.

Le programme d'entraînement comprenait des exercices pour tous les principaux groupes musculaires (Annexe 3) et était réalisé à l'aide de poids libres et d'appareils de musculation à charges ajustables (Life Fitness, Schiller Park, IL). Le programme

comportait 12 exercices organisés en 3 circuits de 4 exercices avec une période de pause de 4 minutes entre chaque circuit. Pour chaque exercice, le participant devait réaliser 3 séries de 8 à 12 répétitions par série. L'intensité des exercices musculaires était ajustée aux capacités des participants afin que ces derniers s'entraînent à 75%-80% 1-RM obtenu lors de la première visite.

4. Supplément post-entraînement

À la fin de chaque séance d'entraînement, chaque participant devait consommer une boisson préparée au CdRV, par des personnes ne réalisant aucune évaluation dans le projet de recherche afin de préserver le double insu du devis de recherche. Alors que la séance d'entraînement était identique lors de chaque condition, le supplément post-entraînement était différent. Le choix du supplément était réalisé de manière aléatoire via une sélection aléatoire à partir d'un fichier Excel avec les identifiants des participants. Afin d'évaluer l'effet de l'entraînement en résistance seul, une condition contrôle a été réalisée via la consommation de 375 mL d'eau au même moment et pendant le même temps que les deux autres boissons (dans les 30 minutes suivant la fin de la séance d'entraînement). À la fin du projet, chaque participant avait consommé l'eau et les deux suppléments post-entraînement (LV et LR) de manière aléatoire.

Les suppléments à base de lait de vache et de riz (LV et LR) ont été préparés selon les mêmes recettes que l'étude clinique réalisée dans notre laboratoire ([Maltais, 2015](#)), à l'origine de la question de recherche du projet présenté. Le tableau 2 présente le contenu en macronutriments et la quantité d'acides aminés essentiels de chaque boisson post-entraînement. Comme illustré dans le tableau 2, les suppléments à base de lait de vache et de riz (LV et LR) étaient iso-caloriques.

Tableau 2 : Contenu des boissons post-entraînement pour les trois conditions expérimentales

	Eau	Lait de vache	Lait de riz
Apport énergétique (kcal)	0	270,4	280,0
Glucides (g)	0	44,9	59,5
Lipides (g)	0	3,8	3,8
Protéines (g)	0	13,5	0,6
Acides aminés essentiels (g)	0	7,0	0,0

5. Standardisation des apports alimentaires pré-condition expérimentale

Comme mentionné précédemment, une « *boite à lunch* », composée en fonction des besoins énergétiques de chaque participant (estimés grâce au métabolisme de repos), contenant les repas et indications pour les 24h précédents la visite fut remise à chaque participant avant chaque condition expérimentale afin de standardiser l'apport alimentaire et ne pas influencer la mesure de l'oxydation des substrats réalisée à la suite des séances d'entraînement lors de chaque condition expérimentale. Afin de préparer des repas adaptés aux besoins de chaque participant, le besoin énergétique de chaque homme était estimé à l'aide de l'équation suivante :

Besoin énergétique = Métabolisme de repos × facteur d'activité physique de 1,55

Le facteur d'activité physique correspond à une catégorie particulière de niveau d'activité physique et il varie selon le groupe d'âge et le sexe. Pour notre population étudiée, ce facteur est de 1,55 ([Gerrior, Juan, & Peter, 2006](#)).

La *boîte à lunch* était composée de trois repas prédéterminés, un dîner et un souper pour la veille de la visite, ainsi qu'un petit-déjeuner à consommer une heure avant la visite au CdRV pour la condition expérimentale. Un exemple de *boite à lunch* est présenté en Annexe 2.

6. Variables mesurées

6.1. Anthropométrie et composition corporelle

La taille des participants fut mesurée à l'aide d'un stadiomètre mural (Takei, Tokyo, Japan) alors que le poids fut mesuré au 0.02 kg près à l'aide d'une balance électronique (SECA707, Hambourg, Germany). L'IMC des participants fut calculé à partir des mesures de poids et de taille en fonction de la formule suivante : $IMC = \text{poids (kg)} / \text{taille (m)}^2$. La circonférence de la taille et des hanches a été mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer souple au 0.1 cm près.

La mesure de la composition corporelle a été obtenue par absorption bi-photonique à rayons X (DXA, Lunar Prodigy, General Electric, USA). Cette méthode de mesure permet d'identifier : la masse grasse, la masse maigre et la masse osseuse selon trois régions corporelles : le tronc, les membres supérieurs et les membres inférieurs. Dans notre laboratoire le coefficient de variation est de 4,7%, 1,1% pour la masse grasse et la masse maigre respectivement.

Afin de valider la présence de la sarcopénie, l'indice de masse maigre appendiculaire (IMM app) fut calculé à partir des données issues du DXA. L'IMM app est défini dans le cadre de ce projet comme le ratio de la masse maigre totale des bras (kg) et des jambes (kg) sur la taille.

$IMM \text{ app} = (\text{masse maigre des bras (kg)} + \text{masse maigre des jambes (kg)}) / \text{taille}^2 \text{ (m)}$.

Comme mentionné précédemment, le participant qui présente un $IMM \text{ app} \leq 10,75 \text{ kg/m}^2$ est considéré comme un sarcopénique ([Janssen, Shepard, Katzmarzyk, & Roubenoff, 2004](#)).

6.2. Variables sanguines

6.2.1. Profil métabolique à jeun

Chaque participant était invité à venir à jeun (12 heures sans apport énergétique) pour une première visite afin qu'un bilan sanguin complet soit réalisé et confirmer l'état de santé. Les prises de sang étaient envoyées au Laboratoire du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke afin de mesurer les concentrations plasmatiques à jeun de glucose, insuline, hémoglobine glycolysée (HbA1c; représente la glycémie moyenne des trois derniers

mois), Créatinine (fonctionnement rénale), TSH, T4 et T3 libre (fonctionnement de la thyroïde), cholestérol total, HDL-C, LDL-C, triglycérides (bilan lipidique).

6.2.2. Mobilisation des graisses et métabolisme glucidique

Une heure après leur petit-déjeuner standardisé (section 5: Standardisation des apports alimentaires pré-condition expérimentale), chaque participant arrive au CdRV pour la visite (pour un total de trois visites pour les trois conditions expérimentales). L'infirmière de recherche prélève le premier échantillon sanguin avant le début de la séance d'entraînement musculaire dans des tubes contenant de l'EDTA (Vacutainer) pour la mesure des concentrations plasmatiques d'acides gras libres (méthode enzymatique, ESBE Scientific, Dimension Xpand Plus, Siemens, Deerfield, IL, États-Unis) et de glycérol (méthode colorimétrique, Cedarlane, analyseur de plaque Victor V, Perkin-Elmer, ON, Canada). Les concentrations plasmatiques de glycérol étant utilisées comme un indice de l'activité lipolytique du tissu adipeux et donc de la mobilisation des graisses. La mesure des concentrations plasmatiques de glucose (auto-analyseur Yellow Spring Instrument, OH, États-Unis) et d'insuline (méthode enzymatique et immunologique, laboratoire CHUS, Sherbrooke, Canada) servaient à évaluer le métabolisme glucidique. Suite à l'entraînement et la consommation de la boisson (eau ou LV ou LR), un cathéter était placé dans la veine antécubitale afin de permettre de collecter les échantillons sanguins au cours de la matinée (60, 120 et 180 min). Afin de ne pas altérer la mesure d'oxydation des substrats, les collectes de sang réalisées au cours de la matinée étaient effectuées directement après chaque calorimétrie indirecte.

6.3. Métabolisme de repos, dépense énergétique et oxydation des substrats

Le métabolisme de repos représente la dépense énergétique pendant un état donné de repos en situation de jeûne. Dans notre laboratoire, la dépense énergétique (kcal/jour) est estimée grâce à la calorimétrie indirecte (CCM Express, Medgraphics Corporation, St Paul, MN, USA). Cette technique permet de déterminer la dépense énergétique en mesurant la consommation d'oxygène (O₂) et la production de dioxyde de carbone (CO₂) ainsi que l'équation [Weir \(1989\)](#) qui est :

$$\text{Dépense énergétique (Kcal)} = 3,9 \text{ VO}_2 \text{ (L)} + 1,1 \text{ VCO}_2 \text{ (L)}$$

Lors de la première visite à jeun, ainsi que lors de la mesure de la dépense énergétique dans la matinée suivant chaque condition expérimentale (temps 1, 2 et 3), chaque participant était invité à s'allonger confortablement sur le dos pendant 30 minutes afin de mesurer la dépense énergétique (Première visite à jeun: métabolisme de repos; Conditions expérimentales: dépense énergétique pendant les 3 heures suivant la condition expérimentale). Les dix premières minutes étaient exclues de l'analyse car considérées comme les minutes nécessaires au participant pour se familiariser avec l'équipement et l'environnement. Les cinq dernières minutes étaient aussi exclues du calcul car elles étaient considérées comme non valides en raison de l'anticipation de la fin de la mesure. Dans notre laboratoire, les mesures test-retest de la dépense énergétique chez 10 adultes, avec un intervalle d'une semaine, ont donné un coefficient de variation de 2,1%.

La mesure des échanges gazeux par calorimétrie indirecte permet de calculer le quotient respiratoire à partir du rapport entre la quantité de CO₂ produite et d'O₂ consommée, et cela pour chaque respiration. Une moyenne de ce rapport est alors réalisée sur les 15 minutes du test considérée. Grâce à la table de Péronnet et Massicotte (Tableau 3) ([Péronnet & Massicotte, 1991](#)), le quotient respiratoire permet d'estimer l'oxydation des substrats, à savoir la proportion de lipides et de glucides oxydés (pourcentage; [Péronnet & Massicotte, 1991](#)). Comme présenté dans la table de Péronnet et Massicotte ci-dessous (Tableau 3), plus le quotient respiratoire diminue, plus la proportion de lipides oxydés est importante. Au repos (première visite à jeun), comme lors de la matinée suivant chaque condition expérimentale, l'oxydation des substrats a été estimée grâce à cette technique.

Tableau 3 : Table de Péronnet et Massicotte : Proportion des substrats oxydés.

RQ	kcal/L O ₂	% CHO*	kcal/L O ₂		kcal/L O ₂	
			CHO	% FAT	FAT	
1.00	5.047	100.00	5.047	0.0	0.000	
0.99	5.035	96.80	4.874	3.18	0.160	
0.98	5.022	93.60	4.701	6.37	0.230	
0.97	5.010	90.40	4.529	9.58	0.480	
0.96	4.998	87.20	4.358	12.80	0.640	
0.95	4.985	84.00	4.187	16.00	0.798	
0.94	4.973	80.70	4.013	19.30	0.960	
0.93	4.961	77.40	3.840	22.60	1.121	
0.92	4.948	74.10	3.666	25.90	1.281	
0.91	4.936	70.80	3.495	29.20	1.441	
0.90	4.924	67.50	3.324	32.50	1.600	
0.89	4.911	64.20	3.153	35.80	1.758	
0.88	4.899	60.80	2.979	39.20	1.920	
0.87	4.887	57.50	2.810	42.50	2.077	
0.86	4.875	54.10	2.637	45.90	2.238	
0.85	4.862	50.70	2.465	49.30	2.397	
0.84	4.850	47.20	2.289	52.80	2.561	
0.83	4.838	43.80	2.119	56.20	2.719	
0.82	4.825	40.30	1.944	59.70	2.880	
0.81	4.813	36.90	1.776	63.10	3.037	
0.80	4.801	33.40	1.603	66.60	3.197	
0.79	4.788	29.90	1.432	70.10	3.356	
0.78	4.776	26.30	1.256	73.70	3.520	
0.77	4.764	22.30	1.062	77.20	3.678	
0.76	4.751	19.20	0.912	80.80	3.839	
0.75	4.739	15.60	0.739	84.40	4.000	
0.74	4.727	12.00	0.567	88.00	4.160	
0.73	4.714	8.40	0.396	91.60	4.318	
0.72	4.702	4.76	0.224	95.20	4.476	
0.71	4.690	1.10	0.052	98.90	4.638	
0.707	4.686	0.0	0.000	100.00	4.686	

6.4. Habitudes alimentaires

Afin de tenir compte des habitudes alimentaires dans nos analyses, nous avons évalué les habitudes alimentaires des participants grâce à un journal alimentaire de 3 jours non

consécutifs ([Choquette et al., 2011](#)). Pour ce faire, un journal avec des instructions précises et un exemple, ainsi qu'une balance alimentaire et un cahier comportant des photos de portions (à utiliser si repas à l'extérieur du domicile) étaient remis à chaque participant lors de la première visite. Le journal alimentaire consiste à consigner par écrit les aliments et les breuvages que chaque participant a consommé durant la période de temps indiquée. Les journaux alimentaires ont été analysés à l'aide du logiciel Nutrific (Université Laval, Québec) permettant d'estimer l'apport alimentaire en lipides, protéines et glucides ainsi que l'apport énergétique total. Malgré les différents inconvénients de cet outil, le journal alimentaire de 3 jours est validé dans différentes populations ([Lührmann, Herbert, Gaster, & Neuhäuser-Berthold, 1999](#); [Tremblay, Sévigny, Leblanc, & Bouchard, 1983](#)) et représente l'outil le plus utilisé en science pour évaluer les habitudes alimentaires.

6.5. Niveau d'activité physique

Le questionnaire *Physical Activity Scale for the Elderly* (PASE) (Annexe 4), valide pour la population à l'étude ([Washburn, Smith, Jette, & Janney, 1993](#)) et couramment utilisé dans notre laboratoire, a été rempli par tous les participants afin d'établir leurs habitudes d'activités physiques. Ce questionnaire permet d'établir le niveau d'activité physique durant les sept derniers jours et mesure les activités physiques quotidiennes ou de loisirs principalement pratiquées (Activités sportives et réactives d'intensité légère, activités sportives et réactives d'intensité élevée, activités sportives et réactives d'intensité modérée, force musculaire et endurance, travaux domestiques légers, travaux domestiques lourds) à partir de leur intensité, leur durée et leur fréquence. La compilation des réponses au questionnaire permet d'obtenir un score qui indique le niveau d'activité physique de la personne. Le score peut aller de 0 à 793, où 793 reflète un niveau d'activité physique très élevé.

7. Analyses statistiques

La normalité des variables principales a été vérifiée avec le test de Kolmogorov-Smirnov. Les données sont présentées avec moyenne \pm écart-type. Des ANOVAs à mesures répétées ont été utilisées afin de comparer l'oxydation des substrats et les variables

sanguines (acides gras libres, glycérol, glucose et insuline) des trois conditions expérimentales. À la présence d'une interaction entre les conditions, le test *False discovery rate* fut utilisé pour 1) comparer chaque condition expérimentale à chaque temps de mesure (analyse transversale) et 2) comparer les changements (deltas) entre les temps de mesure selon les trois conditions.

RÉSULTATS

1. Dépense énergétique et oxydation des substrats

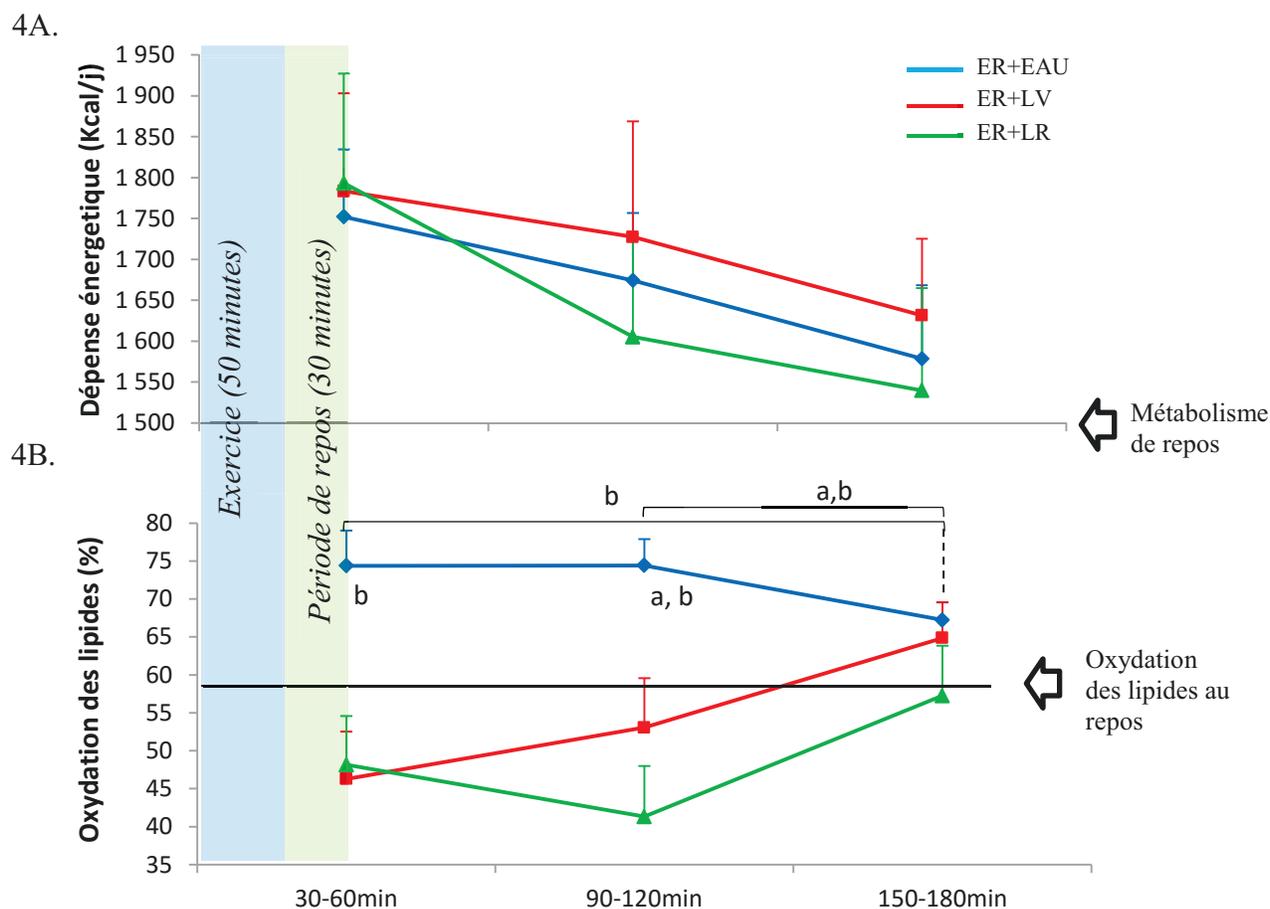
Comme le montre la Figure 4A, la dépense énergétique diminue au cours de la matinée ($p=0,008$), quelle que soit la condition.

Concernant l'oxydation des substrats, nos analyses montrent une interaction condition expérimentale X temps ($p=0,008$), suggérant un changement différent au cours de la matinée selon les conditions expérimentales. En effet, la comparaison des changements (deltas) survenus entre la première (30-60 min) et la dernière (150-180 min) calorimétrie montre que l'oxydation des lipides reste stable dans la condition ER+EAU alors qu'elle augmente dans la condition ER+LV ($p=0,048$). De plus, comme le montre la Figure 4B, l'oxydation des lipides reste stable dans la condition ER+EAU alors qu'elle augmente dans la condition ER+LV ($p=0,003$) et ER+LR ($p=0,024$) entre la deuxième (90-120 min) et la dernière (150-180 min) calorimétrie.

Enfin, la comparaison des conditions lors de chaque temps de mesure (analyse transversale) démontre que l'oxydation des lipides dans les conditions ER+LR et ER+LV est plus faible que dans la condition ER+EAU lors de la première (tendance à $p=0,06$ et $p=0,04$ respectivement) et de la deuxième ($p\leq 0,0001$ et $p=0,01$ respectivement) période de mesure. Aucune différence lors de la dernière calorimétrie n'a été observée.

Concernant l'oxydation des glucides, étant donné que la proportion de glucides oxydés est reliée à la proportion de lipides oxydés, on observe exactement l'inverse de l'oxydation des lipides (donc une diminution), avec les mêmes valeurs de significativité (données non présentées).

Figure 4. Dépense énergétique et oxydation des lipides selon les conditions expérimentales au cours des trois calorimétries indirectes chez les hommes âgés sarcopéniques.



Légende : **a**: Différence significative entre ER+EAU et ER+LR; **b**: Différence significative entre ER+EAU et ER+LV.

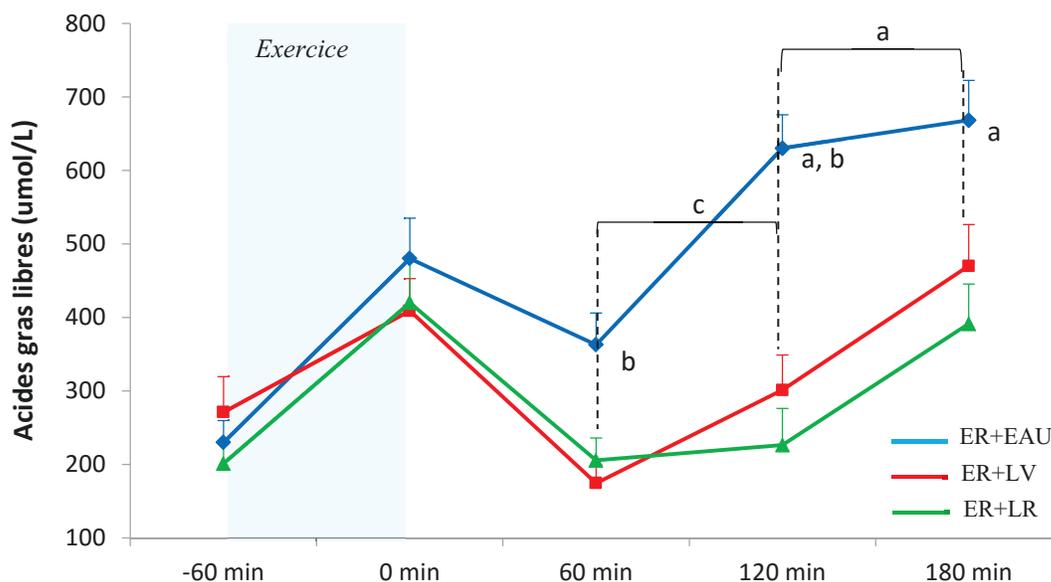
2. Mobilisation des graisses

La Figure 5B montre une augmentation des concentrations de glycérol pendant la séance d'entraînement (entre les temps moins 60 min et temps 0 min; $p=0,03$) et une diminution pendant la période de récupération (entre les temps 0 min et temps 180 min; $0,002 < p < 0,036$), et cela quelle que soit les conditions.

Concernant la concentration plasmatique d'acides gras libres (Figure 5A), nos analyses montrent une interaction condition expérimentale X temps ($p < 0,001$), suggérant un changement différent au cours de la matinée selon les conditions expérimentales. Néanmoins, la comparaison des changements entre les temps 0 et 60, ainsi qu'entre les temps 60 et 120 et entre les temps 120 et 180 demeure non significative mais présente une forte tendance ($0,055 < p < 0,06$) vers une augmentation des concentrations d'acides gras libres.

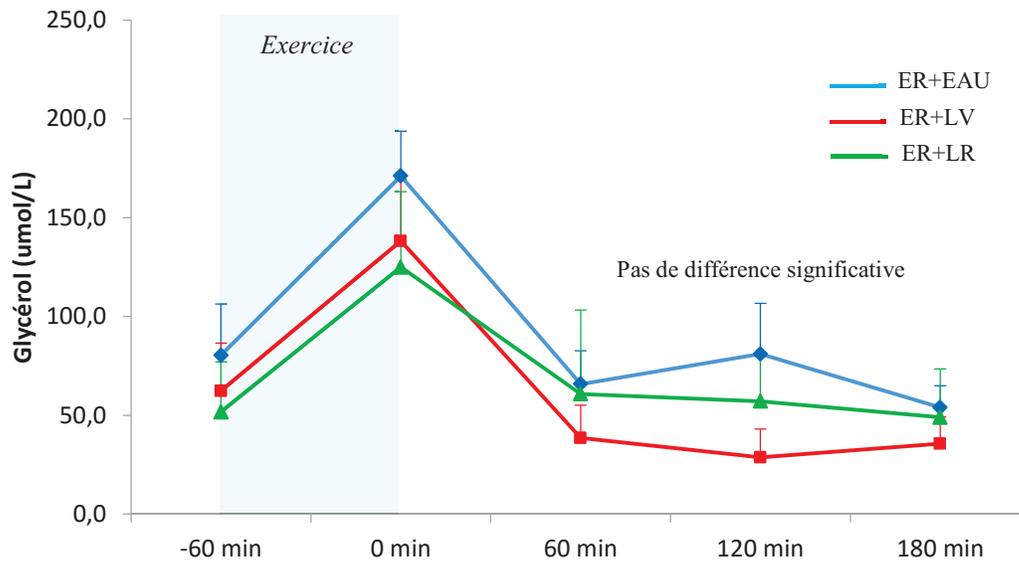
Un effet de la condition ($p < 0,0001$) nous permet de dire que la concentration d'acides gras libres est plus élevée dans la condition ER+EAU comparativement à celle dans la condition ER+LR ($p = 0,028$), ER+LV ($p = 0,015$) au temps 120 et ER+LR au temps 180.

Figure 5. Concentrations plasmatiques d'acides gras libres et de glycérol selon les conditions expérimentales chez les hommes âgés sarcopéniques.



Légende : *a*: Différence significative entre ER+EAU et ER+LR; *b*: Différence significative entre ER+EAU et ER+LV; *c*: Différence significative entre ER+LV et ER+LR.

5B.



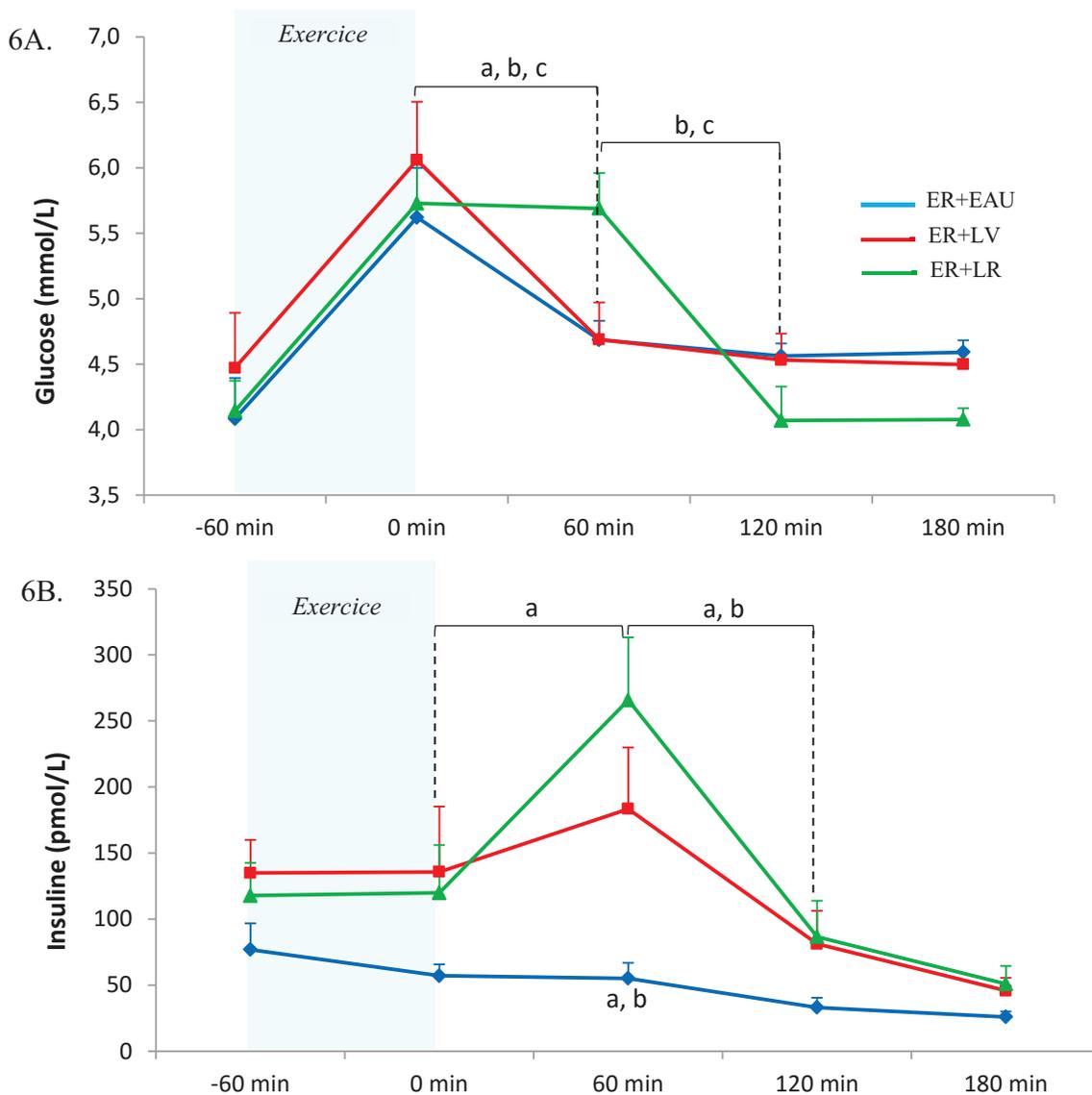
3. Métabolisme glucidique

Concernant la concentration du glucose (Figure 6A.), nos analyses montrent une interaction ($p < 0,001$), suggérant un changement différent au cours de la matinée selon les conditions expérimentales. En effet, la comparaison des changements survenus entre le temps 0 (juste après la fin de l'entraînement et la consommation de la boisson) et le temps 60 (1h après la fin de l'entraînement) montre que la concentration plasmatique de glucose diminue de manière plus importante dans la condition ER+LV comparativement à la condition ER+EAU ($p = 0,024$), alors qu'elle reste stable dans la condition ER+LR (vs. ER+EAU : $p = 0,016$ et vs. ER+LV : $p < 0,001$).

Concernant la concentration plasmatique d'insuline, une interaction condition expérimentale X temps ($p < 0,0001$) a aussi été observée (Figure 6B). La comparaison des changements survenus entre le temps 0 et le temps 60 montre que la concentration plasmatique d'insuline augmente dans la condition ER+LR alors qu'elle reste stable dans la condition ER+EAU ($p = 0,009$). Bien que la concentration d'insuline augmente dans la condition ER+LV, ce changement n'est pas différent de celui des deux autres conditions (ER+EAU : $p = 0,28$; ER+LR : $p = 0,21$). Entre les temps 60 et 120 la concentration d'insuline reste toujours stable dans la condition ER+EAU alors qu'elle diminue dans la condition ER+LR ($p = 0,006$) et ER+LV ($p = 0,026$).

Comme attendu, la comparaison des conditions lors de chaque période de mesure démontre que les concentrations d'insuline sont plus élevées dans la condition ER+LV ($p=0,03$) et ER+LR ($p=0,009$) que dans la condition ER+EAU au temps 60.

Figure 6. Concentrations plasmatiques du glucose et d'insuline selon les conditions expérimentales chez les hommes âgés sarcopéniques.



Légende : a: Différence significative entre ER+EAU et ER+LR; b: Différence significative entre ER+EAU et ER+LV; c: Différence significative entre ER+LV et ER+LR.

DISCUSSION

L'objectif principal de ce mémoire était d'examiner l'effet aigu d'un supplément riche en protéine d'origine animale consommé suite à une séance d'entraînement musculaire sur l'oxydation des substrats, plus spécifiquement des lipides, et sur la mobilisation des graisses (glycérol et acides gras libres) ainsi que sur le métabolisme glucidique (insuline et glucose plasmatiques) dans la matinée suivant l'entraînement, chez des hommes âgés sarcopéniques. Nous posons l'hypothèse que les hommes âgés sarcopéniques soumis à une séance d'exercices musculaires et à une consommation de protéines laitières présenteraient une augmentation de l'oxydation des lipides et une augmentation des concentrations d'acides gras libres et de glycérol en induisant une réponse glycémique et insulinémique adéquate pour cette population.

- Oxydation des lipides

Concernant l'oxydation des lipides, le changement au cours de la matinée était différent quelle que soit la condition expérimentale considérée. Dès le début de la période de récupération, l'oxydation des lipides est plus élevée dans la condition ER + EAU comparativement aux deux autres conditions expérimentales en plus de rester stable pendant les deux premières heures suivant la séance d'entraînement. Juste après cette période, une légère diminution de l'oxydation des lipides est observée bien qu'elle reste toujours plus élevée comparativement aux deux autres conditions (ER + LV et ER + LR). En se basant sur ces résultats, on peut conclure que l'entraînement musculaire seul (ou avec 375 mL d'eau) est plus efficace pour favoriser l'oxydation des lipides comparativement à la combinaison de ce même type d'entraînement avec une boisson post-entraînement contenant ou non des protéines. Néanmoins, après 3 heures de récupération passive, nous n'observons plus de différence entre les conditions expérimentales, suggérant que la boisson post-entraînement (lait de vache ou lait de riz) réduit l'oxydation des lipides post-entraînement seulement de manière transitoire. Compte tenu que les deux boissons post-entraînement contenaient des glucides (44,9 g pour le lait de vache, 59,5 g pour le lait de riz), ce résultat n'est pas étonnant. En effet, un apport glucidique qui est effectué après un exercice aérobie permet une accélération de la réplétion des réserves de glycogène et diminue voir annule le EPOC ([Dionne, Van Vugt,](#)

[& Tremblay, 1999](#)). Concernant l'exercice musculaire aucune étude n'a été réalisée sur l'effet du même type d'apport sur l'oxydation des substrats. Néanmoins, nous avons émis l'hypothèse que l'oxydation des lipides serait plus élevée avec la consommation d'une boisson riche en protéines d'origine animale (lait de vache) comparativement à une boisson sans protéines (lait de riz), ce qui aurait pu en partie expliquer la perte de masse grasse plus importante observée dans l'étude d'intervention initiale ([Maltais, 2015](#)). Notre hypothèse est donc réfutée puisqu'aucune différence n'a été observée entre les conditions ER + LV et ER + LR au cours de la matinée. Ce résultat pourrait être expliqué par le fait que nous avons étudié l'effet aigu d'une séance d'entraînement contrairement à l'étude d'intervention qui durait 16 semaines. Pour vérifier cette hypothèse, il faudrait réaliser une mesure de l'oxydation des substrats avant et après une intervention de plusieurs semaines combinant l'entraînement musculaire et une boisson riche en protéines d'origine animale.

D'autre part, nos résultats montrent néanmoins que l'entraînement musculaire permet une augmentation de l'oxydation des lipides qui est maintenue pendant les 2 heures de récupération qui suivent. Bien que la littérature démontre que l'entraînement en endurance est efficace pour augmenter l'oxydation des lipides avec une intensité entre 59% et 64% de VO₂ max ([Achten & Jeukendrup, 2004](#)), ce qui pourrait favoriser une perte de masse grasse, nous avons choisi l'entraînement en résistance car il s'agit d'un meilleur choix pour augmenter la masse musculaire, particulièrement chez les hommes âgés sarcopéniques ([Hasten et al., 2000](#); [Kosek et al., 2006](#)). De plus, ce projet avait pour but de comprendre comment un entraînement en résistance combiné à une boisson post-entraînement riche en protéines d'origine animale (lait de vache) pouvait induire une perte de masse grasse. Bien que l'effet de l'entraînement musculaire sur l'utilisation des substrats n'a été que très peu étudié, il a déjà été rapporté que l'oxydation des lipides est augmenté dans les minutes qui suivent ce type d'exercice ([Gillette, Bullough, & Melby, 1994](#); [Schuenke, Mikat, & McBride, 2002](#)), ainsi que 15 à 40 heures après la séance d'entraînement ([Melby, Scholl, Edwards, & Bullough, 1993](#); [Osterberg & Melby, 2000](#); [Schuenke et al., 2002](#)) comparativement aux valeurs mesurées juste avant l'entraînement. Par exemple, [Schuenke et al. \(2002\)](#) ont constaté que chez des jeunes adultes en bonne

santé et actifs, le quotient respiratoire était de 0,89 une journée au repos sans exercice, et 0,79 immédiatement après la période de 31 min d'exercices en résistance, indiquant que l'oxydation des lipides est passé de 35,8% de l'énergie dépensée au repos à 70,1% en période post-exercice musculaire. De manière intéressante, nos résultats montrent que chez les hommes âgés sarcopéniques, l'oxydation des lipides est en moyenne de 75,1% (quotient respiratoire : 0.78 ± 0.04) une heure après la fin de la séance d'entraînement musculaire (condition ER+EAU). Ainsi, 45 minutes d'entraînement musculaire permettent d'atteindre des niveaux d'oxydation des lipides légèrement plus élevés chez les hommes âgés sarcopéniques comparativement à 31 min d'exercice musculaire chez les jeunes adultes en santé ([Schuenke et al., 2002](#)). Nos résultats suggèrent que l'entraînement musculaire d'intensité élevée (75%-80% 1-RM) est une stratégie permettant de stimuler l'oxydation des lipides durant la période de récupération chez les hommes âgés sarcopéniques ne présentant pas d'obésité. Néanmoins, une revue réalisée par [Melanson, MacLean, and Hill \(2009\)](#) suggèrent que l'entraînement musculaire d'intensité modérée à élevée (60-70% 1-RM) n'affecte pas l'oxydation des lipides sur 24 heures (ou sur une plus longue période), ce qui supporte l'idée que l'entraînement musculaire n'a pas ou peu d'effet sur la masse grasse. Cependant, l'ensemble des études qui sont arrivées à ces conclusions ont été réalisées chez des populations jeunes en santé et très active. De plus, contrairement à l'entraînement aérobie, l'effet de l'entraînement musculaire ne semble pas avoir été étudié pendant les quelques heures suivant la séance d'entraînement (EPOC), tant chez les jeunes que les personnes âgées. D'autres recherches sont nécessaires pour étudier spécifiquement les effets aigus de l'entraînement en résistance de différentes intensités sur l'oxydation des substrats chez des populations vieillissantes chez qui ce type d'entraînement est important afin de maintenir l'autonomie.

- Dépense énergétique

Bien que l'oxydation des lipides augmente dans la période de récupération (EPOC), on note une diminution progressive de la dépense énergétique similaire dans les trois conditions expérimentales. Étant donné que la dépense énergétique a augmenté pendant l'effort et que nous avons réalisé des mesures suite à la séance d'entraînement seulement, et cela dans une situation passive (participants assis dans un fauteuil), il n'est pas étonnant

d'observer une réduction de la dépense énergétique. Néanmoins, [Gillette et al. \(1994\)](#) ont démontré qu'il y a une augmentation de la dépense énergétique 14,5 heures après l'entraînement musculaire chez des adultes âgés de 22 à 35 ans. Dans le même ordre d'idée, [Jamurtas et al. \(2004\)](#) ont aussi démontré une augmentation de la dépense énergétique 10 à 24 heures après une séance d'entraînement musculaire dont l'intensité était de 70-75% 1-RM chez des jeunes hommes en santé. Le fait que ces études se soient intéressées à l'influence de l'entraînement musculaire sur la somme de la dépense énergétique sur une plus longue période que celle mesurée dans notre étude et qui représente la dépense énergétique mesurée à la minute rend la comparaison difficile.

D'autre part, bien que non significatif, nous avons observé une diminution de la dépense énergétique moins rapide dans la condition ER + LV comparativement aux autres conditions, soit ER + EAU et ER + LR. Ce résultat pourrait être expliqué en partie par la stimulation de la synthèse protéique dans le muscle squelettique relié à une plus grande disponibilité d'acides aminés essentiels présents dans le lait de vache pendant la période de récupération ([Hackney, Bruenger, & Lemmer, 2010](#)). Étant donné que notre projet est une étude pilote réalisée avec seulement 9 participants avec une puissance statistique de 29,3% pour cet aspect, nous pouvons émettre l'hypothèse que si le nombre de participants était plus élevé, nous aurions pu avoir des résultats significatifs démontrant que l'ajout d'un supplément riche en protéines favorise une dépense énergétique plus élevée pendant la période de récupération.

- Mobilisation des graisses

Afin de tenter d'expliquer la perte de masse grasse observée suite à 16 semaines d'entraînement musculaire combinées à un supplément riche en protéines d'origine animale, nous avons aussi estimé la mobilisation des graisses (c.-à-d. l'activité lipolytique du tissu adipeux) via principalement les concentrations plasmatiques de glycérol (reflet de l'activité lipolytique) et d'acides gras libres, qui sont issues de la dégradation des triglycérides stockés dans les adipocytes ([Zimmermann et al., 2004](#)). En effet, lorsqu'il y a mobilisation des graisses pour répondre à un besoin énergétique, l'activité lipolytique du tissu adipeux est augmentée permettant de mettre en circulation des acides gras libres et du glycérol avec un ratio 3:1 ([Marieb, 2005](#)). Les acides gras libres pourront être captés

par le muscle squelettique afin de produire de l'énergie (ATP) ou seront re-captés par le tissu adipeux afin d'être de nouveau stockés sous forme de triglycérides (= ré-estérification; [Forest et al., 2003](#)) si les besoins énergétiques sont réduits. Quant au glycérol relargué en circulation, il sera capté par le foie afin de créer du glycogène (forme de stockage du glucose; [Frayn & Humphreys, 2012](#)). On comprend donc qu'une mobilisation des graisses accrue favorise une perte de masse grasse lorsque les acides gras libérés sont utilisés par le muscle pour produire de l'énergie (ATP). Nos résultats montrent que l'entraînement musculaire a permis d'augmenter les concentrations plasmatiques de glycérol et d'acides gras libres, attestant de la stimulation de l'activité lipolytique et donc de la mobilisation des graisses chez des hommes âgés sarcopéniques. D'ailleurs, lorsque l'on compare l'amplitude de l'augmentation des concentrations de glycérol et d'acides gras libres obtenus à celles observées suite à un exercice aérobie d'intensité modérée, on remarque une réponse similaire tant au niveau des concentrations que de la réponse observée ([De Glisezinski et al., 2003](#); [Stich et al., 2000](#)). Ainsi, il apparaît que le type d'entraînement musculaire d'intensité élevée qui a été réalisé par les participants de notre étude stimule l'activité lipolytique de manière similaire à l'exercice aérobie d'intensité modérée chez ce type de population.

Dans l'heure suivant la fin de la séance d'entraînement, on observe une diminution des concentrations plasmatiques de glycérol démontrant une diminution de la mobilisation des graisses, et cela quelle que soit la condition expérimentale. Ceci suggère que le niveau de mobilisation des graisses est similaire lorsque l'entraînement musculaire n'est pas combiné à un supplément ou lorsque qu'une boisson laitière riche ou sans protéines est consommée juste après la séance d'exercices. Cette réduction de l'activité lipolytique du tissu adipeux dans l'heure suivant l'entraînement musculaire est semblable à celle observée pendant la période de récupération suite à une séance d'entraînement aérobie à une intensité modérée (50% VO₂ max; [De Glisezinski et al., 2003](#); [Stich et al., 2000](#)).

Concernant la concentration plasmatique d'acides gras libres, elle est aussi réduite pendant la première heure de récupération, ce qui est cohérent avec la réduction de l'activité lipolytique, et similaire à l'étude de [Stich et al. \(2000\)](#) pour l'exercice aérobie. Cependant, nos résultats tendent à suggérer une augmentation progressive entre 2h et 3h

après la fin de la séance d'entraînement (période de récupération passive), ce qui diffère des études sur l'exercice aérobie ([De Glisezinski et al., 2003](#); [Stich et al., 2000](#)). Étant donné que la grande majorité des acides gras libres en circulation provienne du tissu adipeux ([Frayn & Humphreys, 2012](#)) et que nos résultats démontrent une activité lipolytique assez réduite, nos résultats demeurent difficiles à expliquer. Néanmoins, comme indiqué précédemment, la quantité d'acides gras libres qui se retrouve en circulation dépend 1) de l'activité lipolytique (donc de la dégradation des graisses) et 2) de la ré-estérification des acides gras libres, soit le re-captage de ces derniers par le tissu adipeux ([Frayn & Humphreys, 2012](#)). Ainsi, nous avons émis l'hypothèse qu'entre 60 et 180 minutes après la séance d'entraînement musculaire de haute intensité, la mobilisation des graisses et la ré-estérification des acides gras libres par le tissu adipeux ont diminué. Cette hypothèse expliquerait la réduction des concentrations de glycérol (reflet de l'activité lipolytique) et l'augmentation des concentrations d'acides gras libres qui seraient moins captés par le tissu adipeux du fait d'une réduction de la ré-estérification. Ce processus permettrait au corps de fournir les acides gras nécessaires à l'augmentation de l'oxydation des lipides observée vers la fin de la matinée de récupération. Enfin, nos résultats démontrent que les concentrations d'acides gras libres sont toujours plus élevées dans la condition contrôle où l'entraînement musculaire était combiné à 375 mL d'eau. En se basant sur notre hypothèse, il est possible qu'une plus grande réduction de la ré-estérification des acides gras libres par le tissu adipeux survienne en l'absence de boisson post-entraînement. L'ensemble de ces hypothèses devraient être confirmées avec des mesures plus directes de la mobilisation des graisses, à savoir la mesure de l'activité lipolytique via une biopsie de tissu adipeux ou la microdialyse.

L'ensemble de ces résultats suggèrent que la mobilisation des graisses ne semble pas expliquer la plus grande perte de masse grasse observée suite à 16 semaines d'entraînement musculaire combiné à un supplément riche en protéines d'origine animale dans l'étude de [Maltais et al. \(2015\)](#). Cependant, le fait que notre étude ait mesuré l'effet aigu de cette combinaison sur la mobilisation des graisses, nous empêche de confirmer si l'effet chronique serait différent. En effet, bien que les participants de notre étude étaient tous actifs, une variabilité interindividuelle quant au type (aérobie vs. musculaire) et à

l'intensité des exercices réalisés par ces derniers avant le début de la participation au projet pourrait avoir influencé nos résultats.

- Métabolisme glucidique

Sachant que l'insuline inhibe l'activité lipolytique ([Choi et al., 2010](#)) et donc la mobilisation des graisses, examiner la réponse du métabolisme glucidique aurait pu apporter des éléments de réponse si des différences avaient été observées entre les conditions ER+LV et ER+LR. Pendant la séance d'entraînement (avec ou sans supplément), les concentrations plasmatiques de glucose augmentent de 37%, comparativement aux taux d'insuline qui reste stables pendant les trois conditions expérimentales. Ces résultats vont à l'encontre de ceux de [Praet et al. \(2006\)](#) qui rapportent une diminution du taux du glucose sanguin pendant la séance d'entraînement musculaire. Par contre, les participants de cette études sont des hommes âgés de 59 ans en moyenne et diabétique de type 2.

Suite à la séance d'entraînement, la concentration du glucose est restée stable pendant une heure lorsqu'une boisson laitière sans protéines est consommée alors qu'elle diminue lorsqu'il n'y a pas d'apport énergétique (eau) ou lorsque le supplément est à base de lait de vache. Parallèlement, nous observons une augmentation importante du taux d'insuline pendant la même période lors de la condition ER+LR qui semble plus élevée que celle observée dans la condition ER+LV, bien que non significative. Cette réponse insulinémique, particulièrement importante après l'ingestion d'une boisson à base de lait de riz, semble normale et vise à rétablir la glycémie puisqu'un apport énergétique contenant des glucides a été réalisé. D'ailleurs, la différence de composition en glucides des deux suppléments à base de lait pourrait expliquer cette différence. En effet, le lait de riz comporte plus des glucides (59,5g) comparativement au lait de vache (44,9g). De plus, sachant que le lait de vache possède un faible index glycémique (c.-à-d. induit une faible augmentation de la glycémie), la réponse glucidique et insulinémique observée n'est pas surprenante. Enfin, alors que la glycémie chute de manière importante (en dessous de la glycémie à jeun) en fin de matinée dans la condition ER+LR, la réponse glycémique durant la condition ER + LV ressemble à la réponse observée dans la condition ER + EAU. [Eves and Plotnikoff \(2006\)](#) ont démontré que l'entraînement en résistance est une

stratégie efficace pour le contrôle de la glycémie, l'amélioration de la sensibilité à l'insuline et l'augmentation de la dépense énergétique journalière. Nos résultats suggèrent que la combinaison de l'entraînement musculaire et d'une boisson à base de lait de vache mène à une réponse du métabolisme glucidique qui est similaire à l'entraînement musculaire seul. Ces résultats supportent l'idée que combiner l'entraînement musculaire à une boisson riche en protéines d'origine animale pourrait avoir des effets bénéfiques similaires à ceux de l'entraînement musculaire tout en favorisant le gain de la force musculaire qui était démontré précédemment par ([Maltais et al., 2015](#)).

- Forces et limites

Bien qu'il s'agisse de la première étude qui examine le métabolisme des lipides et des glucides en réponse à un entraînement musculaire combiné à une boisson riche en protéines d'origine animale chez des hommes âgés sarcopéniques, notre étude comporte certaines limites. Premièrement, la mobilisation des graisses (soit l'activité lipolytique) a été mesurée indirectement à partir des concentrations plasmatiques d'acides gras libres et de glycérol. En effet, l'utilisation des biopsies adipeuses aurait permis de mesurer la dégradation des triglycérides stockés dans le tissu adipeux via une mesure du glycérol dans le tissu. Néanmoins, il s'agit d'une méthode invasive qui demande une incision de plusieurs centimètres et qui ne peut rester ouverte pendant une matinée au complet. D'ailleurs, bien que les concentrations plasmatiques de glycérol sont plus basses que celles dans le tissu, elles représentent bien l'activité lipolytique ([De Glisezinski et al., 2003](#)). Deuxièmement, comme il s'agissait d'une étude pilote, le nombre des participants n'était pas élevé (9 participants ont terminé les trois conditions expérimentales). Bien que nous ayons utilisé des analyses statistiques adaptées à cette situation, il est possible qu'une augmentation du nombre des participants permettrait de confirmer les résultats qui tendaient à être significatifs. Enfin, le projet s'applique seulement à la population à l'étude, soit les hommes âgés sarcopéniques actifs.

Néanmoins, le projet présente aussi de nombreuses forces. En premier lieu, le programme d'entraînement musculaire choisi pour le projet est un entraînement approprié à la population à l'étude. De plus, chaque programme d'entraînement était individualisé et la supervision de l'entraînement (un kinésiologue pour un participant) permettait d'ajuster (à

la hausse ou à la baisse) le programme de chaque participant. Par conséquent, tous les exercices ont été effectués adéquatement et à l'intensité requise pour l'étude. D'autre part, les suppléments à base de lait de vache et de riz étaient iso-caloriques et les évaluateurs ne connaissaient pas le supplément bu (en dehors de l'eau qui était évidente pour le participant). Enfin, l'apport énergétique qui précédait chaque visite était contrôlé pour chaque participant, tant en quantité (kcal) qu'en pourcentage des macronutriments.

CONCLUSION

L'objectif principal de ce mémoire était d'examiner certains mécanismes physiologiques qui auraient pu expliquer la perte de masse grasse observée suite à 16 semaines d'entraînement musculaire combinées à une boisson riche en protéines d'origine animale chez des hommes âgés sarcopéniques. Pour ce faire, nous avons comparé les effets aigus d'un entraînement musculaire seul ou combiné à une boisson avec (lait de vache) ou sans (lait de riz) protéines d'origine animale sur l'oxydation des lipides, la mobilisation des graisses et le métabolisme glucidique pendant une période de récupération de 3 heures chez des hommes âgés actifs et sarcopéniques. Les résultats obtenus nous suggèrent qu'ajouter une boisson riche en protéines animales à la fin d'un entraînement musculaire ne semble pas influencer l'oxydation des lipides et la mobilisation des graisses de manière différente qu'une boisson à base de lait de riz. Néanmoins, une dépense énergétique plus importante pendant la période de récupération lorsqu'un supplément à base de lait de vache est consommé suite à l'exercice musculaire pourrait induire une utilisation absolue des lipides plus élevée comparativement au lait de riz. Ceci pourrait expliquer en partie la plus grande perte de masse grasse observée dans l'étude d'intervention de 16 semaines. Cependant, l'entraînement musculaire sans supplément est aussi une stratégie efficace pour mobiliser les graisses et favoriser l'oxydation des lipides. Il serait important de comparer les effets chroniques de ce type d'entraînement, seul ou combiné à un supplément à base de lait de vache, sur ces variables et cela de manière plus directe.

Bibliographie

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*, 20(7), 716-727.
- Allison, D. B., Gallagher, D., Heo, M., Pi-Sunyer, F., & Heymsfield, S. (1997). Body mass index and all-cause mortality among people age 70 and over: the Longitudinal Study of Aging. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 21(6), 424-431.
- Arnal, M.-A., Mosoni, L., Boirie, Y., Houlier, M.-L., Morin, L., Verdier, E., . . . Beaufrère, B. (1999). Protein pulse feeding improves protein retention in elderly women. *Am J Clin Nutr*, 69(6), 1202-1208.
- Baar, K., & Esser, K. (1999). Phosphorylation of p70S6 correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 276(1), C120-C127.
- Baer, D. J., Stote, K. S., Paul, D. R., Harris, G. K., Rumpler, W. V., & Clevidence, B. A. (2011). Whey protein but not soy protein supplementation alters body weight and composition in free-living overweight and obese adults. *The Journal of nutrition*, 141(8), 1489-1494.
- Bahr, R., Ingnes, I., Vaage, O., Sejersted, O., & Newsholme, E. A. (1987). Effect of duration of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Journal of Applied Physiology*, 62(2), 485-490.
- Balagopal, P., Rooyackers, O. E., Adey, D. B., Ades, P. A., & Nair, K. S. (1997). Effects of aging on in vivo synthesis of skeletal muscle myosin heavy-chain and sarcoplasmic protein in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 273(4), E790-E800.
- Balkau, B., Picard, P., Fezeu, L., & Eschwège, E. (2007). Consequences of change in waist circumference on cardiometabolic risk factors over 9 years data from an epidemiological study on the insulin resistance syndrome (DESIR). *Diabetes Care*, 30(7), 1901-1903.
- Batterham, M., Cavanagh, R., Jenkins, A., Tapsell, L., Plasqui, G., & Clifton, P. (2008). High-protein meals may benefit fat oxidation and energy expenditure in individuals with higher body fat. *Nutrition & Dietetics*, 65(4), 246-252.
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., . . . Lindeman, R. D. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *American journal of epidemiology*, 147(8), 755-763.
- Biolo, G., Tipton, K. D., Klein, S., & Wolfe, R. R. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 273(1), E122-E129.
- Björntorp, P. (1992). Abdominal fat distribution and disease: an overview of epidemiological data. *Annals of medicine*, 24(1), 15-18.
- Børsheim, E., Tipton, K. D., Wolf, S. E., & Wolfe, R. R. (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 283(4), E648-E657.

- Bos, C., Metges, C. C., Gaudichon, C., Petzke, K. J., Pueyo, M. E., Morens, C., . . . Tomé, D. (2003). Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *The Journal of nutrition*, 133(5), 1308-1315.
- Brooks, S. V., & Faulkner, J. A. (1994). Skeletal muscle weakness in old age: underlying mechanisms. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(4), 432-439.
- Campbell, W. W., & Leidy, H. J. (2007). Dietary protein and resistance training effects on muscle and body composition in older persons. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(6), 696S-703S.
- Campbell, W. W., Trappe, T. A., Wolfe, R. R., & Evans, W. J. (2001). The recommended dietary allowance for protein may not be adequate for older people to maintain skeletal muscle. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(6), M373-M380.
- Carmelli, D., McElroy, M., & Rosenman, R. (1991). Longitudinal changes in fat distribution in the Western Collaborative Group Study: a 23-year follow-up. *Int J Obes*, 15(1), 67-74.
- Catenacci, V. A., & Wyatt, H. R. (2007). The role of physical activity in producing and maintaining weight loss. *Nature Clinical Practice Endocrinology & Metabolism*, 3(7), 518-529.
- Chevalier, S., Goulet, E. D., Burgos, S. A., Wykes, L. J., & Morais, J. A. (2011). Protein anabolic responses to a fed steady state in healthy aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66(6), 681-688. doi: 10.1093/gerona/qlr036
- Choi, S. M., Tucker, D. F., Gross, D. N., Easton, R. M., DiPilato, L. M., Dean, A. S., . . . Birnbaum, M. J. (2010). Insulin regulates adipocyte lipolysis via an Akt-independent signaling pathway. *Molecular and cellular biology*, 30(21), 5009-5020.
- Choquette, S., Riesco, É., Cormier, É., Dion, T., Aubertin-Leheudre, M., & Dionne, I. J. (2011). Effects of soya isoflavones and exercise on body composition and clinical risk factors of cardiovascular diseases in overweight postmenopausal women: a 6-month double-blind controlled trial. *British journal of nutrition*, 105(08), 1199-1209.
- Chumlea, W. C., & Baumgartner, R. N. (1989). Status of anthropometry and body composition data in elderly subjects. *Am J Clin Nutr*, 50(5), 1158-1166.
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia ≠ dynapenia. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(8), 829-834.
- Consitt, L. A., Bell, J. A., & Houmard, J. A. (2009). Intramuscular lipid metabolism, insulin action, and obesity. *IUBMB life*, 61(1), 47-55.
- Crane, J. D., Devries, M. C., Safdar, A., Hamadeh, M. J., & Tarnopolsky, M. A. (2010). The effect of aging on human skeletal muscle mitochondrial and intramyocellular lipid ultrastructure. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 65(2), 119-128.
- De Glisezinski, I., Moro, C., Pillard, F., Marion-Latard, F., Harant, I., Meste, M., . . . Riviere, D. (2003). Aerobic training improves exercise-induced lipolysis in SCAT and lipid utilization in overweight men. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 285(5), E984-E990.

- Delarue, J., & Magnan, C. (2007). Free fatty acids and insulin resistance. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 10(2), 142-148.
- Despres, J.-P. (2006). Is visceral obesity the cause of the metabolic syndrome? *Annals of medicine*, 38(1), 52-63.
- Ding, J., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Taaffe, D. R., Nicklas, B. J., Visser, M., . . . Rubin, S. M. (2007). Effects of birth cohort and age on body composition in a sample of community-based elderly. *Am J Clin Nutr*, 85(2), 405-410.
- Dionne, I., Van Vugt, S., & Tremblay, A. (1999). Postexercise macronutrient oxidation: a factor dependent on postexercise macronutrient intake. *Am J Clin Nutr*, 69(5), 927-930.
- DiPietro, L. (2010). Exercise training and fat metabolism after menopause: implications for improved metabolic flexibility in aging. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1569-1570.
- Dreyer, H. C., Drummond, M. J., Pennings, B., Fujita, S., Glynn, E. L., Chinkes, D. L., . . . Rasmussen, B. B. (2008). Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 294(2), E392-E400.
- Ebringer, L., Ferencik, M., & Krajčovič, J. (2008). Beneficial health effects of milk and fermented dairy products—review. *Folia Microbiologica*, 53(5), 378-394.
- Elliot, D. L., Goldberg, L., & Kuehl, K. S. (1992). Effect of resistance training on excess post-exercise oxygen consumption. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 6(2), 77-81.
- Elwood, P. C., Pickering, J. E., & Fehily, A. M. (2007). Milk and dairy consumption, diabetes and the metabolic syndrome: the Caerphilly prospective study. *Journal of epidemiology and community health*, 61(8), 695-698.
- Elwood, P. C., Pickering, J. E., Givens, D. I., & Gallacher, J. E. (2010). The consumption of milk and dairy foods and the incidence of vascular disease and diabetes: an overview of the evidence. *Lipids*, 45(10), 925-939.
- Enzi, G., Gasparo, M., Biondetti, P. R., Fiore, D., Semisa, M., & Zurlo, F. (1986). Subcutaneous and visceral fat distribution according to sex, age, and overweight, evaluated by computed tomography. *Am J Clin Nutr*, 44(6), 739-746.
- Eves, N. D., & Plotnikoff, R. C. (2006). Resistance training and type 2 diabetes considerations for implementation at the population level. *Diabetes Care*, 29(8), 1933-1941.
- Fabbrini, E., Sullivan, S., & Klein, S. (2010). Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: biochemical, metabolic, and clinical implications. *Hepatology*, 51(2), 679-689.
- Ferrando, A. A., Paddon-Jones, D., Hays, N. P., Kortebein, P., Ronsen, O., Williams, R. H., . . . Evans, W. (2010). EAA supplementation to increase nitrogen intake improves muscle function during bed rest in the elderly. *Clinical nutrition*, 29(1), 18-23.
- Fiatarone Singh, M. A. (2002). Exercise to prevent and treat functional disability. *Clinics in geriatric medicine*, 18(3), 431-462.
- Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., . . . Bruille, D. (2011). Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. *Current*

- consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(4), 249-256.
- Figueiredo, P. A., Mota, M. P., Appell, H. J., & Duarte, J. A. (2008). The role of mitochondria in aging of skeletal muscle. *Biogerontology*, 9(2), 67-84.
- Fleg, J. L., & Lakatta, E. G. (1988). Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂ max. *Journal of Applied Physiology*, 65(3), 1147-1151.
- Forest, C., Tordjman, J., Glorian, M., Duplus, E., Chauvet, G., Quette, J., . . . Antoine, B. (2003). Fatty acid recycling in adipocytes: a role for glyceroneogenesis and phosphoenolpyruvate carboxykinase. *Biochemical Society Transactions*, 31(6), 1125-1129.
- Fouillet, H., Mariotti, F., Gaudichon, C., Bos, C., & Tomé, D. (2002). Peripheral and splanchnic metabolism of dietary nitrogen are differently affected by the protein source in humans as assessed by compartmental modeling. *The Journal of nutrition*, 132(1), 125-133.
- Frankel, J. E., Bean, J. F., & Frontera, W. R. (2006). Exercise in the elderly: research and clinical practice. *Clinics in geriatric medicine*, 22(2), 239-256.
- Frayn, K. N., & Humphreys, S. M. (2012). Metabolic characteristics of human subcutaneous abdominal adipose tissue after overnight fast. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 302(4), E468-E475.
- Frisard, M. I., Broussard, A., Davies, S. S., Roberts, L. J., Rood, J., De Jonge, L., . . . Ravussin, E. (2007). Aging, resting metabolic rate, and oxidative damage: results from the Louisiana Healthy Aging Study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(7), 752-759.
- Fujita, S., Rasmussen, B. B., Cadenas, J. G., Drummond, M. J., Glynn, E. L., Sattler, F. R., & Volpi, E. (2007). Aerobic exercise overcomes the age-related insulin resistance of muscle protein metabolism by improving endothelial function and Akt/mammalian target of rapamycin signaling. *Diabetes*, 56(6), 1615-1622.
- Fujita, S., & Volpi, E. (2006). Amino acids and muscle loss with aging. *The Journal of nutrition*, 136(1), 277S-280S.
- Fukagawa, N. K., Bandini, L. G., & Young, J. B. (1990). Effect of age on body composition and resting metabolic rate. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 259(2), E233-E238.
- Fulgoni, V. L. (2008). Current protein intake in America: analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey, 2003–2004. *Am J Clin Nutr*, 87(5), 1554S-1557S.
- Galgani, J. E., Moro, C., & Ravussin, E. (2008). Metabolic flexibility and insulin resistance. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 295(5), E1009-E1017.
- Gallagher, D., Visser, M., Sepulveda, D., Pierson, R. N., Harris, T., & Heymsfield, S. B. (1996). How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *American journal of epidemiology*, 143(3), 228-239.
- Garrow, J. S., & Webster, J. (1985). Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness. *Int J Obes*, 9(2), 147-153.

- Gerrior, S., Juan, W., & Peter, B. (2006). An easy approach to calculating estimated energy requirements. *Preventing chronic disease*, 3(4).
- Gillette, C. A., Bullough, R. C., & Melby, C. (1994). Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise. *International journal of sport nutrition*, 4, 347-347.
- Goodpaster, B. H., Thaete, F. L., & Kelley, D. E. (2000). Thigh adipose tissue distribution is associated with insulin resistance in obesity and in type 2 diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr*, 71(4), 885-892.
- Greenlund, L., & Nair, K. (2003). Sarcopenia—consequences, mechanisms, and potential therapies. *Mechanisms of ageing and development*, 124(3), 287-299.
- Guo, S. S., Zeller, C., Chumlea, W. C., & Siervogel, R. M. (1999). Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *Am J Clin Nutr*, 70(3), 405-411.
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Simonsick, E. M., Salive, M. E., & Wallace, R. B. (1995). Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *New England Journal of Medicine*, 332(9), 556-562.
- Hackney, K. J., Bruenger, A. J., & Lemmer, J. T. (2010). Timing protein intake increases energy expenditure 24 h after resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(5), 998-1003.
- Harman, D. (2002). Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. *Science's SAGE KE*, 2002(37), 14.
- Harris, T., Cook, E. F., Garrison, R., Higgins, M., Kannel, W., & Goldman, L. (1988). Body mass index and mortality among nonsmoking older persons: the Framingham Heart Study. *Jama*, 259(10), 1520-1524.
- Hartman, J. W., Tang, J. E., Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Lawrence, R. L., Fullerton, A. V., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr*, 86(2), 373-381.
- Hassan, R. H., Bourron, O., & Hajduch, E. (2014). Defect of insulin signal in peripheral tissues: important role of ceramide. *World journal of diabetes*, 5(3), 244.
- Hasten, D. L., Pak-Loduca, J., Obert, K. A., & Yarasheski, K. E. (2000). Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78–84 and 23–32 yr olds. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 278(4), E620-E626.
- Heaney, R. P., Davies, K. M., & Barger-Lux, M. J. (2002). Calcium and weight: clinical studies. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(2), 152S-155S.
- Henderson, G. C., Fattor, J. A., Horning, M. A., Faghihnia, N., Johnson, M. L., Mau, T. L., . . . Brooks, G. A. (2007). Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. *The Journal of physiology*, 584(3), 963-981.
- Hughes, V. A., Frontera, W. R., Roubenoff, R., Evans, W. J., & Singh, M. A. F. (2002). Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *Am J Clin Nutr*, 76(2), 473-481.

- Hughes, V. A., Roubenoff, R., Wood, M., Frontera, W. R., Evans, W. J., & Singh, M. A. F. (2004). Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in the elderly. *Am J Clin Nutr*, *80*(2), 475-482.
- Institut canadien d'information sur la santé (2012). *Tendances des dépenses nationales de santé, 1975 à 2012*. Retrieved from https://secure.cihi.ca/free_products/NHEXTrendsReport2012FR.pdf.
- Ito, H., Ohshima, A., Ohto, N., Ogasawara, M., Tsuzuki, M., Takao, K., . . . Nishioka, K. (2001). Relation between body composition and age in healthy Japanese subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, *55*(6), 462-470.
- Jamurtas, A. Z., Koutedakis, Y., Paschalis, V., Tofas, T., Yfanti, C., Tsiokanos, A., . . . Loupos, D. (2004). The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio. *European Journal of Applied Physiology*, *92*(4-5), 393-398.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, *89*(1), 81-88.
- Janssen, I., Shepard, D. S., Katzmarzyk, P. T., & Roubenoff, R. (2004). The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *Journal of the American Geriatrics Society*, *52*(1), 80-85.
- Juurlink, D. N., Mamdani, M., Kopp, A., Laupacis, A., & Redelmeier, D. A. (2003). Drug-drug interactions among elderly patients hospitalized for drug toxicity. *Jama*, *289*(13), 1652-1658.
- Karpe, F., & Tan, G. (2005). Adipose tissue function in the insulin-resistance syndrome. *Biochemical Society Transactions*, *33*(Pt 5), 1045-1048.
- Kerstetter, J. E., O'Brien, K. O., & Insogna, K. L. (2003). Low protein intake: the impact on calcium and bone homeostasis in humans. *The Journal of nutrition*, *133*(3), 855S-861S.
- Koopman, R., & van Loon, L. J. (2009). Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *Journal of Applied Physiology*, *106*(6), 2040-2048.
- Koopman, R., Verdijk, L., Manders, R. J., Gijzen, A. P., Gorselink, M., Pijpers, E., . . . van Loon, L. J. (2006). Co-ingestion of protein and leucine stimulates muscle protein synthesis rates to the same extent in young and elderly lean men. *Am J Clin Nutr*, *84*(3), 623-632.
- Kosek, D. J., Kim, J.-s., Petrella, J. K., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2006). Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *Journal of Applied Physiology*, *101*(2), 531-544.
- Kotani, K., Tokunaga, K., Fujioka, S., Kobatake, T., Keno, Y., Yoshida, S., . . . Matsuzawa, Y. (1994). Sexual dimorphism of age-related changes in whole-body fat distribution in the obese. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, *18*(4), 207-202.
- Krems, C., Lührmann, P., Strassburg, A., Hartmann, B., & Neuhäuser-Berthold, M. (2005). Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to

- changes in body composition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59(2), 255-262.
- Labayen, I., Diez, N., Parra, D., González, A., & Martínez, J. (2004). Basal and postprandial substrate oxidation rates in obese women receiving two test meals with different protein content. *Clinical nutrition*, 23(4), 571-578.
- Lee, H.-C., & Wei, Y.-H. (2012). Mitochondria and aging *Advances in Mitochondrial Medicine* (pp. 311-327): Springer.
- Leenders, M., Verdijk, L. B., Van der Hoeven, L., Van Kranenburg, J., Nilwik, R., Wodzig, W., . . . Van Loon, L. (2013). Protein supplementation during resistance-type exercise training in the elderly. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(3), 542-552.
- Lemmer, J. T., Ivey, F. M., Ryan, A. S., Martel, G. F., Hurlbut, D. E., Metter, J. E., . . . Hurley, B. F. (2001). Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(4), 532-541.
- Lenz, T. L. (2010). Leucine with resistance training for the treatment of sarcopenia. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(4), 317-319.
- Levadoux, E., Morio, B., Montaurier, C., Puissant, V., Boirie, Y., Fellmann, N., . . . Ritz, P. (2001). Reduced whole-body fat oxidation in women and in the elderly. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25(1), 39-44.
- Lührmann, P., Bender, R., Edelmann-Schäfer, B., & Neuhäuser-Berthold, M. (2009). Longitudinal changes in energy expenditure in an elderly German population: a 12-year follow-up. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(8), 986-992.
- Lührmann, P., Herbert, B., Gaster, C., & Neuhäuser-Berthold, M. (1999). Validation of a self-administered 3-day estimated dietary record for use in the elderly. *European journal of nutrition*, 38(5), 235-240.
- Maltais, M. L., Perreault-Ladouceur, J., & Dionne, I.J. . (2015). The effect of resistance training and different sources of post exercise protein supplementation on muscle mass and physical capacity in sarcopenic older men. *Journal of Strength Conditioning Research*.
- Marieb, E. N. (2005). La chimie prend vie. In ERPI (Ed.), *Anatomie et physiologie humaines* (troisième ed.). Canada.
- Mei, Z., Grummer-Strawn, L. M., Pietrobelli, A., Goulding, A., Goran, M. I., & Dietz, W. H. (2002). Validity of body mass index compared with other body-composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. *Am J Clin Nutr*, 75(6), 978-985.
- Melanson, E. L., Donahoo, W. T., Grunwald, G. K., & Schwartz, R. (2007). Changes in 24-h substrate oxidation in older and younger men in response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103(5), 1576-1582.
- Melanson, E. L., MacLean, P. S., & Hill, J. O. (2009). Exercise improves fat metabolism in muscle but does not increase 24-h fat oxidation. *Exercise and sport sciences reviews*, 37(2), 93.
- Melby, C., Scholl, C., Edwards, G., & Bullough, R. (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1847-1853.

- Morley, J. E. (2007). Weight loss in older persons: new therapeutic approaches. *Current pharmaceutical design*, 13(35), 3637-3647.
- Nair, K. S. (2005). Aging muscle. *Am J Clin Nutr*, 81(5), 953-963.
- Noppa, H., Andersson, M., Bengtsson, C., Bruce, A., & Isaksson, B. (1980). Longitudinal studies of anthropometric data and body composition. The population study of women in Göteborg, Sweden. *Am J Clin Nutr*, 33(1), 155-162.
- Organisation mondiale de la santé. (2014). Vieillesse et qualité de la vie. Retrieved 28-05-2015, from <http://www.who.int/ageing/about/facts/fr/>
- Ormsbee, M. J., Thyfault, J. P., Johnson, E. A., Kraus, R. M., Choi, M. D., & Hickner, R. C. (2007). Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. *Journal of Applied Physiology*, 102(5), 1767-1772.
- Osterberg, K. L., & Melby, C. L. (2000). Effect of acute resistance exercise on postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. *International journal of sport nutrition*, 10(1), 71-81.
- Paddon-Jones, D., & Rasmussen, B. B. (2009). Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia: Protein, amino acid metabolism and therapy. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 12(1), 86.
- Paddon-Jones, D., Sheffield-Moore, M., Zhang, X. J., Volpi, E., Wolf, S. E., Aarsland, A., . . . Wolfe, R. R. (2004). Amino acid ingestion improves muscle protein synthesis in the young and elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 286(3), E321-328. doi: 10.1152/ajpendo.00368.2003
- Paoli, A., Moro, T., Marcolin, G., Neri, M., Bianco, A., Palma, A., & Grimaldi, K. (2012). High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *J Transl Med*, 10(1), 237.
- Paolisso, G., Gambardella, A., Balbi, V., Ammendola, S., D'Amore, A., & Varricchio, M. (1995). Body composition, body fat distribution, and resting metabolic rate in healthy centenarians. *Am J Clin Nutr*, 62(4), 746-750.
- Pennings, B., Koopman, R., Beelen, M., Senden, J. M., Saris, W. H., & van Loon, L. J. (2011). Exercising before protein intake allows for greater use of dietary protein-derived amino acids for de novo muscle protein synthesis in both young and elderly men. *Am J Clin Nutr*, 93(2), 322-331. doi: 10.3945/ajcn.2010.29649
- Penninx, B. W., Ferrucci, L., Leveille, S. G., Rantanen, T., Pahor, M., & Guralnik, J. M. (2000). Lower extremity performance in nondisabled older persons as a predictor of subsequent hospitalization. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(11), M691-M697.
- Péronnet, F. a., & Massicotte, D. (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Canadian journal of sport sciences= Journal canadien des sciences du sport*, 16(1), 23-29.
- Petersen, K. F., Befroy, D., Dufour, S., Dziura, J., Ariyan, C., Rothman, D. L., . . . Shulman, G. I. (2003). Mitochondrial dysfunction in the elderly: possible role in insulin resistance. *Science*, 300(5622), 1140-1142.
- Phelain, J. F., Reinke, E., Harris, M. A., & Melby, C. L. (1997). Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts

- of different intensity. *Journal of the American College of Nutrition*, 16(2), 140-146.
- Poehlman, E. T. (1992). Energy expenditure and requirements in aging humans. *The Journal of nutrition*, 122(11), 2057-2065.
- Praet, S. F., Manders, R. J., Lieveise, A., Kuipers, H., Stehouwer, C. D., Keizer, H. A., & Van Loon, L. J. (2006). Influence of acute exercise on hyperglycemia in insulin-treated type 2 diabetes. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(12), 2037.
- Qato, D. M., Alexander, G. C., Conti, R. M., Johnson, M., Schumm, P., & Lindau, S. T. (2008). Use of prescription and over-the-counter medications and dietary supplements among older adults in the United States. *Jama*, 300(24), 2867-2878.
- Québec, I. d. l. s. d. (2012). *Le vieillissement démographique: de nombreux enjeux à déchiffrer*. Retrieved from <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/conditions-vie-societe/vieillessement.pdf>.
- Rooyackers, O. E., Adey, D. B., Ades, P. A., & Nair, K. S. (1996). Effect of age on in vivo rates of mitochondrial protein synthesis in human skeletal muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(26), 15364-15369.
- Rosenberg, I. H. (1997). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *The Journal of nutrition*, 127(5), 990S-991S.
- Rosenberg, I. H. (2011). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *Clinics in geriatric medicine*, 27(3), 337-339.
- Rosety, M. A., Pery, M. T., Rodriguez-Pareja, M. A., Diaz, A., Rosety, J., Garcia, N., . . . Rosety, I. (2015). A Short-Term Circuit Resistance Programme Reduced Epicardial Fat in Obese Aged Women. *Nutr Hosp*, 32(n05), 2193-2197. doi: 10.3305/nh.2015.32.5.9696
- Rothenberg, E., Bosaeus, I., & Steen, B. (2003). Energy expenditure at age 73 and 78—a five year follow-up. *Acta diabetologica*, 40(1), s134-s138.
- Roubenoff, R. (2007). Physical activity, inflammation, and muscle loss. *Nutrition reviews*, 65(suppl 3), S208-S212.
- Ruggiero, C., Metter, E. J., Melenovsky, V., Cherubini, A., Najjar, S. S., Ble, A., . . . Ferrucci, L. (2008). High basal metabolic rate is a risk factor for mortality: the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(7), 698-706.
- Sastre, J., Pallardó, F. V., García de la Asunción, J., & Viña, J. (2000). Mitochondria, oxidative stress and aging. *Free radical research*, 32(3), 189-198.
- Schuenke, M. D., Mikat, R. P., & McBride, J. M. (2002). Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. *European Journal of Applied Physiology*, 86(5), 411-417.
- Sehl, M. E., & Yates, F. E. (2001). Kinetics of human aging I. Rates of senescence between ages 30 and 70 years in healthy people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(5), B198-B208.
- Seidell, J. C., & Visscher, T. L. (2000). Body weight and weight change and their health implications for the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54, S33-39.

- Shimokata, H., Tobin, J. D., Muller, D. C., Elahi, D., Coon, P. J., & Andres, R. (1989). Studies in the distribution of body fat: I. Effects of age, sex, and obesity. *Journal of gerontology*, 44(2), M66-M73.
- Short, K. R., Vittone, J. L., Bigelow, M. L., Proctor, D. N., & Nair, K. S. (2004). Age and aerobic exercise training effects on whole body and muscle protein metabolism. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 286(1), E92-E101.
- Solerte, S. B., Gazzaruso, C., Bonacasa, R., Rondanelli, M., Zamboni, M., Basso, C., . . . Fioravanti, M. (2008). Nutritional supplements with oral amino acid mixtures increases whole-body lean mass and insulin sensitivity in elderly subjects with sarcopenia. *The American journal of cardiology*, 101(11), S69-S77.
- Solomon, T. P., Marchetti, C. M., Krishnan, R. K., Gonzalez, F., & Kirwan, J. P. (2008). Effects of aging on basal fat oxidation in obese humans. *Metabolism*, 57(8), 1141-1147.
- Statistique Canada. (2014). Projections démographiques pour le Canada, les provinces et les territoires, 2013 à 2063. from <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/140917/dq140917a-fra.htm>
- Stich, V., De Glisezinski, I., Berlan, M., Bulow, J., Galitzky, J., Harant, I., . . . Crampes, F. (2000). Adipose tissue lipolysis is increased during a repeated bout of aerobic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 88(4), 1277-1283.
- Strasser, B., Spreitzer, A., & Haber, P. (2006). Fat loss depends on energy deficit only, independently of the method for weight loss. *Annals of nutrition & metabolism*, 51(5), 428-432.
- Teh, B., Pan, W., & Chen, C. (1996). The reallocation of body fat toward the abdomen persists to very old age, while body mass index declines after middle age in Chinese. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 20(7), 683-687.
- Tipton, K. D., Ferrando, A. A., Phillips, S. M., Doyle, D., & Wolfe, R. R. (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 276(4), E628-E634.
- Tremblay, A., Sévigny, J., Leblanc, C., & Bouchard, C. (1983). The reproducibility of a three-day dietary record. *Nutrition Research*, 3(6), 819-830.
- Tzankoff, S., & Norris, A. (1977). Effect of muscle mass decrease on age-related BMR changes. *Journal of Applied Physiology*, 43(6), 1001-1006.
- Van Remmen, H., & Richardson, A. (2001). Oxidative damage to mitochondria and aging. *Experimental gerontology*, 36(7), 957-968.
- Verdijk, L. B., Jonkers, R. A., Gleeson, B. G., Beelen, M., Meijer, K., Savelberg, H. H., . . . van Loon, L. J. (2009). Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *Am J Clin Nutr*, 89(2), 608-616.
- Vierck, J., O'Reilly, B., Hossner, K., Antonio, J., Byrne, K., Bucci, L., & Dodson, M. (2000). Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell biology international*, 24(5), 263-272.

- Visser, M., Van den Heuvel, E., & Deurenberg, P. (1994). Prediction equations for the estimation of body composition in the elderly using anthropometric data. *British journal of nutrition*, 71(6), 823-834.
- Visvanathan, R., & Chapman, I. M. (2009). Undernutrition and anorexia in the older person. *Gastroenterology Clinics of North America*, 38(3), 393-409.
- Volpi, E., Ferrando, A. A., Yeckel, C. W., Tipton, K. D., & Wolfe, R. R. (1998). Exogenous amino acids stimulate net muscle protein synthesis in the elderly. *J Clin Invest*, 101(9), 2000-2007. doi: 10.1172/JCI939
- Volpi, E., Sheffield-Moore, M., Rasmussen, B. B., & Wolfe, R. R. (2001). Basal muscle amino acid kinetics and protein synthesis in healthy young and older men. *Jama*, 286(10), 1206-1212.
- Washburn, R. A., Smith, K. W., Jette, A. M., & Janney, C. A. (1993). The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *Journal of clinical epidemiology*, 46(2), 153-162.
- Weinsier, R. L., Schutz, Y., & Bracco, D. (1992). Reexamination of the relationship of resting metabolic rate to fat-free mass and to the metabolically active components of fat-free mass in humans. *Am J Clin Nutr*, 55(4), 790-794.
- Weir, J. (1989). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. 1949. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 6(3), 213-221.
- Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., MacDonald, M. J., MacDonald, J. R., Armstrong, D., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am J Clin Nutr*, 85(4), 1031-1040.
- Zamboni, M., Zoico, E., Scartezzini, T., Mazzali, G., Tosoni, P., Zivelonghi, A., . . . Bosello, O. (2003). Body composition changes in stable-weight elderly subjects: the effect of sex. *Aging clinical and experimental research*, 15(4), 321-327.
- Zemel, M. B. (2004). Role of calcium and dairy products in energy partitioning and weight management. *Am J Clin Nutr*, 79(5), 907S-912S.
- Zemel, M. B., & Miller, S. L. (2004). Dietary calcium and dairy modulation of adiposity and obesity risk. *Nutrition reviews*, 62(4), 125-131.
- Zimmermann, R., Strauss, J. G., Haemmerle, G., Schoiswohl, G., Birner-Gruenberger, R., Riederer, M., . . . Hermetter, A. (2004). Fat mobilization in adipose tissue is promoted by adipose triglyceride lipase. *Science*, 306(5700), 1383-1386.

ANNEXES

ANNEXE 1 - FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT À LA RECHERCHE

TITRE DU PROJET DE RECHERCHE

Impact de la consommation de produits laitiers riches en acides aminés essentiels sur le métabolisme énergétique d'hommes âgés sarcopéniques et actifs.

ÉQUIPE

Chercheurs principaux : Eléonor Riesco, Ph. D.
Isabelle J. Dionne, Ph. D.
Martin Brochu, Ph. D.
Rémi Rabasa-Lhoret, M.D., Ph. D.

Infirmière de recherche : Martine Fisch

Coordonnateurs : Mathieu Maltais
Karine Perreault,

NUMÉRO DE DOSSIER

2014-438

PRÉAMBULE

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à cette recherche, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et les inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la chercheuse responsable du projet ou aux autres membres du personnel affectés au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair dès votre première visite.

Si vous acceptez de participer à ce projet, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document et nous vous en remettrons une copie pour vos dossiers personnels.

NATURE ET OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Le présent projet vise à examiner l'impact d'un apport élevé en protéines (contenant des acides aminés essentiels, éléments importants pour le maintien de la masse musculaire), provenant de diverses sources, dans les heures suivant un entraînement en résistance sur le métabolisme énergétique chez les hommes âgés sarcopéniques et actifs. La durée totale du projet est d'un an, temps estimé afin de recruter 10 participants à Sherbrooke. Cependant, **votre participation au projet durera 4 semaines** (incluant une journée d'évaluation et 3 séances d'entraînement avec évaluation).

DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

- Les visites se feront au Pavillon D'Youville du CSSS-IUGS au CDRV (Unité 56)
- Vous serez suivi pendant 4 semaines
- Vous débuterez par 1 visite d'évaluation (tests et questionnaires). Veuillez consulter les pages suivantes pour connaître précisément le déroulement de chaque visite. De façon générale, ces visites visent à évaluer :
 - Votre composition corporelle (masse grasse, masse musculaire et densité de vos os)
 - Votre métabolisme de repos (la quantité d'énergie que vous dépensez au repos)
 - Votre bilan sanguin (échantillons sanguins à jeun)
 - Votre apport alimentaire quotidien (mesuré à l'aide d'un journal alimentaire)
 - Votre niveau d'activité physique (mesuré à l'aide du questionnaire PASE)
 - Quelques informations d'ordre général sur votre âge, votre état civil, votre scolarité, etc.
 - Métabolisme énergétique en réponse à l'entraînement et sa combinaison avec un apport en protéines : dépense énergétique et proportion des macronutriments (lipides et glucides) utilisés pour produire de l'énergie.

DÉROULEMENT DE LA PREMIÈRE VISITE (SANS ENTRAÎNEMENT)

Visite 1 (environ 3 h)

- Arrivée du participant, lecture et signature du formulaire de consentement et questionnaire d'aptitude à faire de l'activité physique (Q-AAP).
- Mesure du métabolisme de repos en position couchée où un masque est placé sur votre visage.
- Prise de sang à jeun (environ 2 c. à table) pour votre bilan lipidique, glucose et insuline à jeun (peut être envoyé au médecin de famille sur demande).
- Mesure du poids, de la taille et de la composition corporelle (masse grasse, masse musculaire et densité de vos os).
- Déjeuner.
- Questionnaire sociodémographique (âge, état civil, etc.), d'historique familial (historique de diabète, maladies cardiovasculaires, etc.) et d'habitudes de vie (passé sportif, etc.).
- Explication du journal alimentaire et de la diète standardisée pré-entraînement.
- Fin de la visite.

DÉROULEMENT DES 3 VISITES SUIVANTES (AVEC ENTRAÎNEMENT)

Avant la visite 2, remplir le journal alimentaire incluant la mesure des aliments selon les instructions fournies lors de la visite 1.

Visite 2-3 et 4 (environ 4 h 15)

- **L'avant-veille (ou la veille au matin):** Venir chercher les trois repas standardisés (dîner, souper, déjeuner) au Centre de Recherche sur le Vieillissement (CDRV).
- **La veille :** Prendre le dîner et le souper standardisés à votre domicile.
- **Le jour de la visite :** Prendre le déjeuner standardisé à votre domicile (environ à 7 h).
- Arrivée du participant une heure après son déjeuner (environ à 8 h).
- Une prise de sang pour évaluer les niveaux sanguins de lipides, de glucose et d'insuline pouvant influencer votre métabolisme énergétique. Ces mêmes mesures seront réalisées tout au long de la matinée (voir détail ci-dessous).
- Retour du journal alimentaire et début de l'entraînement dans la salle de conditionnement physique du CDRV.
- Prise de la collation de type milkshake au chocolat (seulement deux fois sur les trois séances d'entraînement prévues).
- Une prise de sang #1.
- Temps alloué pour la douche (30 min).
- Calorimétrie indirecte #1 où un masque est placé sur votre visage pendant que vous êtes allongé au repos (30 min).
- Installation du cathéter et prise de sang #2 via le cathéter (environ 2 c. à table).
- Calorimétrie indirecte #2 où un masque est placé sur votre visage pendant que vous êtes allongé au repos (30 min).
- Prise de sang #3 via le cathéter (environ 2 c. à table).
- Calorimétrie indirecte #3 où un masque est placé sur votre visage pendant que vous êtes allongé au repos (30 min).
- Prise de sang #4 via le cathéter (environ 2 c. à table).
- Échelle de perception de la faim.
- Buffet à volonté.
- Échelle de perception de la faim
- Fin de la visite.

COLLABORATION DU PARTICIPANT AU PROJET DE RECHERCHE : L'INTERVENTION

Votre participation durera 3 semaines. Elle consiste, premièrement, à prendre trois repas standardisés la veille (dîner et le souper) ainsi que la journée même (déjeuner) de l'entraînement musculaire. Sachez que vous pourrez consommer ces repas à votre domicile.

Les repas standardisés qui vous seront remis l'avant-veille (ou la veille au matin) des visites 2-3 et 4, seront préparés et distribués au CDRV par un membre de l'équipe de recherche (professionnel ou étudiant). Les repas seront élaborés en fonction de vos besoins énergétiques (mesurés lors de la visite 1). Néanmoins, vous pourrez agrémenter votre dîner et votre souper d'un légume (cuit sans matière grasse) parmi la liste qui vous sera remise lors du projet (les quantités à ne pas dépasser vous seront

aussi indiquées). La consommation de ces repas standardisés se fera seulement la veille (dîner et souper) et le matin même des visites 2, 3 et 4.

Deux des trois séances d'entraînement seront suivies de la prise d'une collation de type milkshake au chocolat pouvant contenir des protéines. Nous mesurerons votre réponse métabolique pendant les 3h00 qui suivent la séance d'entraînement seule ou combinée à la prise de la collation.

La séance d'entraînement dure environ 60 minutes. Elle inclut 10 minutes d'échauffement aérobie et environ 45 minutes d'exercices de musculation. Les séances auront lieu dans la salle d'entraînement du CDRV, au local 5636. Cette salle est réservée uniquement aux individus qui participent à nos projets de recherche. Chaque séance est supervisée par un(e) kinésologue et/ou un stagiaire en kinésiologie formé pour le projet afin d'assurer une pratique sécuritaire et optimale.

Enfin, à la suite des mesures de votre métabolisme énergétique (calorimétrie indirecte + prises de sang) lors des visites 2, 3 et 4, une échelle de perception de la faim vous sera présentée avant et après un buffet. Ce buffet à volonté sera donc servi à la suite des visites 2, 3 et 4 au CDRV.

RISQUES ASSOCIÉS AU PROJET DE RECHERCHE

Vous serez soumis à une faible radiation lors du test de composition corporelle. Cependant, cette radiation se situe largement sous les normes annuelles de radiation permise. Cette radiation est dix fois moins importante qu'une radiographie dentaire.

Par ailleurs, les prélèvements sanguins pourraient engendrer un certain inconfort. Une contusion (un bleu) peut aussi apparaître au lieu d'insertion de l'aiguille. La contusion disparaît généralement dans les jours suivants.

La prise de protéines pourrait occasionner certains effets secondaires, comme des inconforts gastro-intestinaux (reflux, gonflement ou constipation). L'arrêt de la consommation de protéines permettra un retour à la normale.

De plus, certains risques sont inhérents à l'exécution d'exercices physiques : problèmes articulaires, musculaires ou de nature cardiaque. La supervision des séances par un kinésologue est destinée à minimiser ces risques.

INCONVÉNIENTS

Après les séances d'exercices, il est probable que vous ressentiez des courbatures dans les jours qui suivent. Ces courbatures sont fréquentes à la suite d'une séance d'entraînement en résistance qui favorise le gain en masse musculaire.

AVANTAGES

Outre le fait de contribuer à faire avancer les connaissances sur la prévention de perte de masse musculaire avec le vieillissement, vous profiterez d'un entraînement en musculation de grande qualité sous la supervision étroite d'un spécialiste en activité physique.

De plus, vous recevrez des informations utiles sur votre santé suite à vos visites en laboratoire. Suite à une demande de votre part, les résultats de votre bilan sanguin (bilan lipidique, glucose et insuline) pourraient être envoyés à votre médecin de famille. Les résultats de l'étude vous seront transmis une fois qu'ils seront tous collectés et analysés. Vous aurez donc accès aux conclusions de l'étude.

PARTICIPATION VOLONTAIRE ET POSSIBILITÉ DE RETRAIT

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

La chercheuse responsable de l'étude, l'organisme subventionnaire et le Comité d'éthique de la recherche du CSSS-IUGS peuvent mettre fin à votre participation au projet de recherche, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

CONFIDENTIALITÉ

Durant votre participation à ce projet, la chercheuse responsable ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements qui vous concernent. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Ces renseignements (données) comprendront les informations suivantes :

- Votre nom, votre adresse, votre sexe et votre date de naissance.
- Votre état de santé passé et présent.
- Vos habitudes de vie.
- Les résultats de tous les tests, de tous les examens et de toutes les procédures que vous aurez à faire durant ce projet.

Tous les renseignements recueillis demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements recueillis, vous serez identifié par un numéro de code (dénominalisation). La clé du code, reliant votre nom à votre dossier de recherche, sera conservée par la chercheuse responsable.

À la fin du projet de recherche, vos données seront anonymisées, c'est-à-dire qu'il sera impossible de lier vos données à votre nom, prénom, coordonnées ou date de naissance.

Ainsi, les données pourront servir pour d'autres analyses reliées au projet, servir pour l'élaboration de projets de recherche futurs; les résultats de recherche pourront être publiés dans des revues spécialisées, faire l'objet de discussions scientifiques.

Concernant vos renseignements personnels (votre nom et/ou coordonnées), ils seront conservés pendant 5 ans après la fin du projet par la chercheuse responsable et seront détruits selon les normes en vigueur au CSSS-IUGS par la suite.

- Cependant, durant cette période, dans l'éventualité où des projets de recherche similaires à celui-ci se réaliseraient, acceptez-vous qu'un membre de l'équipe de recherche prenne contact avec vous pour vous proposer une nouvelle participation? Bien sûr, lors de cet appel, vous seriez entièrement libre d'accepter ou de refuser de participer.

OUI

NON

Les personnes suivantes pourront consulter votre dossier de recherche :

- Vous-même, pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que la chercheuse responsable ou le CSSS-IUGS détiennent ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique du projet, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois votre participation terminée.
- Une personne mandatée par le CÉR du CSSS-IUGS, le CSSS-IUGS ou par des organismes publics autorisés et ce, à des fins de surveillance et de contrôle. Toutes ces personnes et tous ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

FINANCEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

La chercheuse responsable du projet a reçu un financement d'un organisme subventionnaire provincial reconnu, le Réseau Québécois de Recherche sur le Vieillessement, pour mener à bien ce projet de recherche.

IDENTIFICATION DES PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec la chercheuse responsable, l'infirmière de recherche ou les coordonnateurs responsables du projet de recherche aux numéros suivants :

Eléonor Riesco

Martine Fisch

Mathieu Maltais

Karine Perreault

Pour toute question concernant vos droits en tant que participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le commissaire local aux plaintes, et à la qualité des services du CSSS-IUGS, M. Germain Lambert, au numéro suivant :

SURVEILLANCE DES ASPECTS ÉTHIQUES DU PROJET DE RECHERCHE

Le comité d'éthique de la recherche du CSSS-IUGS a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi annuel. De plus, il approuvera au préalable toute révision et toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche.

Pour tout problème éthique concernant le fonctionnement et les conditions dans lesquelles se déroule votre participation à ce projet, vous pouvez communiquer avec la présidente du comité en contactant Lisa Veilleux, agente administrative du CÉR du CSSS-IUGS, au (819) 780-2220, poste 45386.

AUTORISATION DE TRANSMETTRE LES RÉSULTATS AU MÉDECIN DE FAMILLE

Si vous acceptez de participer à ce projet, comme vous pourrez le noter dans l'Annexe 1, nous devons effectuer certains tests de dépistage (p.ex. bilan lipidique, taux de sucre dans le sang). Tout résultat concernant votre état de santé en dehors des limites normales pour votre âge et votre sexe vous sera communiqué par l'entremise d'un médecin de votre choix. Vous pouvez refuser de connaître vos résultats.

- 1) J'autorise la chercheuse à informer mon médecin traitant de ma participation à ce projet
 OUI NON

- 2) J'autorise la chercheuse à transmettre à mon médecin traitant les informations pertinentes si ces informations peuvent avoir une utilité clinique
 OUI NON

Nom et adresse du médecin traitant:

ÉCHANTILLONS DE SANG POUR L'ÉTUDE EN COURS OU DES RECHERCHES FUTURES

Les échantillons de sang sont codés. Seule la chercheuse principale détient le lien permettant de relier le sujet au code. Les échantillons seront entreposés dans un congélateur prévu à cet effet au Centre de recherche sur le vieillissement du CSSS-IUGS pendant une période de 10 années et seront détruits par la suite.

Pour des recherches futures portant sur l'activité physique, acceptez-vous que votre échantillon codé soit congelé et conservé pendant 10 années et détruit par la suite sans qu'aucune analyse génétique ne soit faite sur votre échantillon ?

- OUI NON

Si le participant a indiqué «non», les échantillons seront détruits d'après les normes en vigueur du CSSS-IUGS après la collecte des données du présent projet.

CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement me sera remise.

Nom et signature du participant

Date

ENGAGEMENT DE LA PERSONNE QUI OBTIENT LE CONSENTEMENT

J'ai expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qui m'ont été posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

ENGAGEMENT DE LA CHERCHEURE RESPONSABLE DU PROJET DE RECHERCHE

Je m'engage, avec mon équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement et à ce qu'une copie signée soit remise au participant.

Je m'engage également à respecter le droit de retrait du participant et à l'informer de toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait modifier sa décision de continuer d'y participer.

Eléonor Riesco, chercheure principale du projet de recherche

Date

L'EXPLICATION ET DÉROULEMENT DES MESURES

LA COMPOSITION CORPORELLE

La composition corporelle est mesurée à l'aide d'un appareil qui émet des rayons X à absorption d'énergie de double densité qui détecte la différence de densité de chacun des tissus : os, muscles, organes et graisses. Nous appelons cet appareil : DXA. Cette mesure est prise avec le participant couché sur le dos sur une table conçue à cet effet sans objet métallique sur lui. Un lecteur de densité effectue un scan de la tête aux pieds. La dose de radiation est très faible et le test ne représente aucun risque irraisonnable pour le participant. La durée de ce test est environ 10 minutes.

LE MÉTABOLISME DE REPOS et DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

Le métabolisme de repos représente la dépense énergétique minimale d'un individu au repos. La mesure du métabolisme de repos se fait en position allongée, dans une chambre silencieuse et sombre, dont la température ambiante est confortable. La dépense énergétique est la quantité d'énergie consommée par votre corps lors d'une situation particulière (comme à la suite d'un entraînement) pour remplir les fonctions normales.

Ces deux mesures sont évaluées grâce à qu'on appelle la calorimétrie indirecte. Pour cet examen, un masque, placé autour de la bouche et du nez du participant, est relié à un analyseur de gaz par un tuyau flexible. Ce masque recueille le dioxyde de carbone (CO₂) expiré et mesure l'oxygène (O₂) consommé par le participant. La durée de ce test est de 30 minutes. Dans le cadre de ce projet, la calorimétrie indirecte sera utilisée une première fois lors de la visite 1 (pour le métabolisme de repos) et trois fois au cours de chaque visite avec entraînement (donc les visites 2, 3 et 4).

ÉCHANTILLONS SANGUINS

Visite 1

Un papillon est utilisé pour prendre des ponctions sanguines. Trente millilitres (30 ml) de sang (**2 cuillères à table**) sont recueillis pour les analyses du profil lipidique, taux de sucre (glucose) et d'insuline dans le sang ainsi que pour l'évaluation de la fonction rénale. La procédure est exécutée par une infirmière qualifiée. La durée de ce test est d'environ 15 minutes.

Visite 2-3 et 4

Un papillon sera utilisé pour prendre une ponction sanguine avant et après l'entraînement puis un cathéter sera placé par l'infirmière pour les trois prises de sang suivant la première calorimétrie indirecte. Trente millilitres (30 ml) de sang (2 cuillères à table) sont recueillis pour

les analyses de l'hormone de la faim, le métabolisme énergétique (acides gras libres, glycérol, glucose et insuline). La procédure est exécutée par une infirmière qualifiée.

JOURNAL ALIMENTAIRE (3 jours)

Le journal alimentaire consiste à consigner par écrit les aliments et les breuvages que vous consommerez durant trois journées non consécutives, à l'aide d'une balance. Le journal alimentaire permet d'estimer les habitudes alimentaires du participant afin de pouvoir en tenir compte lors de l'analyse des résultats.

QUESTIONNAIRE D'ACTIVITÉ PHYSIQUE : PASE (*Physical activity scale for the elderly*)

Pendant la première visite, vous remplirez un questionnaire sur vos habitudes d'activités physiques afin de pouvoir tenir compte de vos habitudes de vie lors de nos analyses. Vous devrez indiquer durant les sept derniers jours, les activités physiques quotidiennes ou de loisirs principalement pratiqués à travers leurs intensités, leurs durées et leurs fréquences. L'addition de toutes les activités produit un score global représentant la dépense énergétique d'activité physique. Ce questionnaire demande peu de temps et est écrit dans un langage compréhensible par tous.

CALENDRIER DES VISITES D'ÉVALUATION

	Durée du projet de recherche (4 semaines)			
	Début/Pré-intervention	Intervention (séance d'exercices avec ou sans supplément en protéines)		
	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4
Formulaire de consentement et questionnaires	V1			
Tension artérielle et fréquence cardiaque	V1			
Taille et poids	V1			
Entraînement musculaire supervisé		V2	V3	V4
Métabolisme de repos	V1			
Calorimétrie indirecte intermittente		V2	V3	V4
Composition corporelle	V1			
Prise de sang à jeun	V1			
Prises de sang intermittentes		V2	V3	V4
Journal alimentaire de 3 jours	V1			
Déjeuner (1h avant l'arrivée, au domicile)		V2	V3	V4
Repas standardisés (3) (boite à lunch distribuée à l'avance)		V2	V3	V4
Échelles visuelles analogues		V2	V3	V4
Buffet		V2	V3	V4

V= Visite

V1 : Être à jeun depuis 12h lors de l'arrivée au CDRV

ANNEXE 2 - EXEMPLE DE BOITE À LUNCH (2 300 Kcal/jour)

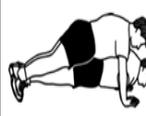
Ajouter aliment

	<u>Code</u>	<u>Nom</u>	<u>Qté</u>	<u>Mesure</u>
Déjeuner				
			1603-3845	Beurre d'arachides crémeux, gras et sucre ajoutés
			0.3	100ml
			0103-1108	Beurre, salé
			2	5ml
			1400-3323	Café infusé
			1	250ml
			1803-4366	Pain, blé entier, commercial, grillé
			60	1g
Total Déjeuner				
Dîner				
			1838-6541	Barre granola, tendre, grains de chocolat
			28	1g
			1838-6541	Barre granola, tendre, grains de chocolat
			28	1g
			0000-0000	FDR Lasagne sauce à la viande Michelina's
			261	1g
			0000-0000	FDR Lasagne sauce à la viande Michelina's
			261	1g
			0100-1029	Fromage mozzarella (48% d'humidité, 25% M.G.)
			21	1g
			0126-1130	Yogourt, saveurs de café et de vanille, 1,9% M.G.
			100	1g
Total Dîner				
Souper				
			1838-6541	Barre granola, tendre, grains de chocolat
			28	1g

			0900- 5401	Canneberge, séchée, sucrée	1	15ml
			0000- 0000	FDR Poulet Teriyaki Michelina's	275	1g
			0100- 1029	Fromage mozzarella (48% d'humidité, 25% M.G.)	21	1g
			0100- 1029	Fromage mozzarella (48% d'humidité, 25% M.G.)	21	1g
			0900- 2173	Fruits, cocktail (pêches, poires, abricots, ananas, cerises, raisins), conserves, dans du sirop extra léger, solides et liquide	1.59	100ml
			1230- 3116	Noix, amandes, grillées, non blanchies	1	60ml
Total Souper						
Total du Jour						

¹L'énergie dépensée est seulement l'énergie dépensée par les exercices. Le métabolisme basal et la thermogénèse ne sont pas inclus.

ANNEXE 3 - SÉANCE D'ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE

S E R I E	Squat bulgare	Développé couché	Presse à cuisse	Tirade verticale	REPETER 3 FOIS Prendre 1 MIN PAUSE
	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	
	1	Notes: 8x de chaque côté.	Notes: les poids doivent être bien alignés aux bras.	Notes:	
PAUSE 4 MIN					
S E R I E	Squat gobelet	Hand-release push up	Soulevé de terre	Dips sur banc	REPETER 3 FOIS Prendre 1 MIN PAUSE
	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	 Rep : 8 à 12 Série : 1 Poids: ∅	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	 Rep : 8 Série : 1 Poids: ∅	
	2	Notes: à faire avec un kettlebell ou poids libre. Talons au sol.	Notes: Prises rapprochées. Step sous participant pour qu'il aille toucher son ventre puis lever les bras.	Notes: Avec un kettlebell. Bras à l'intérieur des genoux. Garder le dos "creusé" et surtout bien droit.	
PAUSE 4 MIN					
S E R I E	Squat sauté	Traction inversée	Balancier	Développé militaire	REPETER 3 FOIS Prendre 1 MIN PAUSE
	 Rep: 15 Série : 1 Poids: ∅	 Rep : 8 Série : 1 Poids: ∅	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	 Rep : 8 Série : 1 Poids:	
	3	Notes:	Notes:	Notes: à faire avec un kettlebell. "Coup de bassin" = mvt de balancement.	

**ANNEXE 4 - ÉCHELLE D'ACTIVITÉS PHYSIQUES POUR PERSONNES
AGÉES (Traduit de l'anglais: physical activity scale for the elderly, pase)**

Document retiré pour respect du droit d'auteur



Sherbrooke, le 13 mars 2014

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE EN MATIÈRE DE RECHERCHE SUR DES HUMAINS

Le Comité d'éthique de la recherche du Centre de santé et de services sociaux - Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke atteste qu'il a dûment évalué et approuvé les documents qui lui ont été soumis.

TITRE DU PROJET DE RECHERCHE

Impact de la consommation de produits laitiers riches en acides aminés essentiels sur le métabolisme énergétique d'hommes âgés sarcopéniques

LA PRESENTE APPROBATION A ETE DEMANDEE PAR :

Professeure Éléonor Riesco, Ph. D.

Chercheure principale

Centre de recherche sur le vieillissement

CSSS-IUGS

🚩 L'approbation éthique pour ledit projet de recherche est valide jusqu'au **13 mars 2015**

Le numéro de dossier attribué au projet cité en rubrique par le CÉR est le **2014-438**

Chantal Doré, Ph.D.

Présidente

CD/lv