

GV  
546.6  
A35L3  
2006

G  
**UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE**

**Effet des vitamines C et E combinées à un programme d'exercices en musculation sur la  
masse musculaire chez des sujets âgés**

**Par  
Mélissa Labonté, Dt.p**

**Mémoire présenté à la Faculté d'éducation physique et sportive  
En vue de l'obtention du grade de  
Maître en sciences (MSc)  
Maîtrise en kinanthropologie**

**Décembre 2006  
© Mélissa Labonté, 2006  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE**

IX-121

**FACULTÉ D'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE**

**Effet des vitamines C et E combinées à un programme d'exercices en musculation sur la  
masse musculaire chez des sujets âgés**

**Mélissa Labonté, Dt.p**

**A été évalué par un Jury composé des personnes suivantes :**

_____	<b>Directrice de recherche</b>
<b>Isabelle J. Dionne Ph. D.</b>	
_____	<b>Membre interne</b>
<b>Abdel Khalil Ph. D.</b>	<b>Faculté de médecine</b>
_____	<b>Membre externe</b>
<b>Raymond Nadon Ph. D.</b>	<b>Faculté d'éducation physique et sportive</b>
_____	<b>Président du jury</b>
<b>Marc Bélisle Ph. D.</b>	<b>Faculté d'éducation physique et sportive</b>

**Mémoire accepté le \_\_\_\_\_**

**FACULTÉ D'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE**

**Effet des vitamines C et E combinées à un programme d'exercices en musculation sur la  
masse musculaire chez des sujets âgés**

**Mélissa Labonté, Dt.p**

**A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :**

_____	<b>Directrice de recherche</b>
<b>Isabelle J. Dionne Ph. D.</b>	
_____	<b>Membre interne</b>
<b>Abdel Khalil Ph. D.</b>	<b>Faculté de médecine</b>
_____	<b>Membre externe</b>
<b>Raymond Nadon Ph. D.</b>	<b>Faculté d'éducation physique et sportive</b>
_____	<b>Président du jury</b>
<b>Marc Bélisle Ph. D.</b>	<b>Faculté d'éducation physique et sportive</b>

**Mémoire accepté le \_\_\_\_\_**

## SOMMAIRE

Le vieillissement est associé à plusieurs modifications de la composition corporelle telles que l'augmentation de la masse grasse et la diminution de la masse maigre. Cette atrophie de masse maigre communément appelée « sarcopénie » se caractérise par une diminution de la masse musculaire squelettique, ce qui résulte en un risque plus élevé d'incapacités fonctionnelles, de chutes et de fractures subséquentes. Ces conséquences se répercutent sur les coûts de soins de santé et indiquent l'importance de développer des stratégies de prévention chez cette population à risque.

Le rôle de l'exercice en musculation dans le maintien de la masse musculaire est connu chez les adultes. Toutefois, les données recueillies à ce jour indiquent que les personnes âgées semblent répondre différemment à un programme d'exercices en musculation. Bien que certaines études n'observent pas de résultats significatifs, la majorité des recherches révèlent une augmentation de la masse musculaire et ce, après seulement 9 semaines d'exercices en musculation. Or, de nombreuses études ont démontré que l'exercice contribuait à l'augmentation de la production de radicaux libres et donc, induisent un stress oxydatif. D'ailleurs, le vieillissement est aussi associé au stress oxydatif. D'autant plus, les personnes âgées sont plus susceptibles d'une déficience en vitamines antioxydantes. En effet, l'exercice favorise la production de radicaux libres, surtout dans l'organisme sénescant, chez qui les mécanismes de défense sont affaiblis. Tous réunis, ces facteurs peuvent intervenir dans l'efficacité d'un programme de musculation destiné aux personnes âgées dans le but d'augmenter la masse musculaire.

Les antioxydants oraux les plus utilisés sont les vitamines E ( $\alpha$ -tocophérol) et C. La vitamine C agit en tant que coenzyme dans un certain nombre de réactions physiologiques, elle est requise dans la synthèse du collagène et des globules rouges et contribue à l'intégrité du système immunitaire. Ainsi, la vitamine C participe à la régénération de la vitamine E qui est l'antioxydant le plus abondant au niveau membranaire. Il a donc été suggéré que ces antioxydants aient le potentiel de réduire le stress oxydatif induit par l'exercice. Cependant, il n'existe aucune recherche qui a vérifié

l'effet chronique d'une supplémentation en antioxydants oraux sur le stress oxydatif des personnes âgées et qui a démontré l'effet de ce traitement sur la masse musculaire. L'objet de cette présente étude est de vérifier pour la première fois le potentiel d'un programme d'exercices en musculation combiné à un traitement d'antioxydants oraux (vitamine C et E) sur la masse musculaire à freiner la sarcopénie pendant la période d'accélération de perte de masse musculaire. Notre hypothèse de recherche est que les personnes âgées soumises à un programme d'exercices en musculation en combinaison avec un supplément d'antioxydants oraux présenteront une augmentation significative de leur masse musculaire comparativement aux sujets témoins.

Afin de répondre à cette problématique, nous avons choisi un échantillon de 30 hommes et femmes en bonne santé, de race blanche, âgés entre 60 et 75 ans. Les sujets étaient soumis à une série de tests métaboliques avant (pré-test) et après (post-test) une intervention d'une durée de 6 mois. L'intervention consistait en un programme de 8 exercices en musculation à raison de 3 séances par semaine, supervisées par un kinésologue dans le but de produire un gain de masse musculaire. La masse musculaire squelettique est déterminée par rayon X à absorption d'énergie de double densité (DXA) ainsi que par la méthode d'excrétion de créatinine urinaire. Les apports nutritionnels protéiques et vitaminiques des participants sont estimés à l'aide d'un journal alimentaire de 3 jours.

Tel qu'anticipé, les résultats ont démontré une augmentation significativement plus grande de la masse maigre totale chez les sujets du groupe supplémenté avec les antioxydants comparé au groupe placebo. Cependant, cette augmentation est présente seulement chez les hommes et non chez les femmes. Il semble donc que les hommes âgés répondent différemment à un programme d'exercices en musculation combiné à une supplémentation en vitamines C et E. De plus, nos résultats démontrent l'efficacité des exercices en musculation sur le gain de masse maigre des aînés. Cependant, les hommes obtiennent une hypertrophie supérieure de la masse maigre des bras comparativement aux femmes.

À la lumière de nos résultats, nous concluons que la supplémentation en vitamines C et E prise de façon concomitante à un programme d'exercices pourrait avoir un impact positif sur la masse maigre et ainsi, améliorer la qualité de vie des aînés. Cette hypothèse semble prometteuse dans le développement de stratégie pour réduire l'incidence de la sarcopénie. Néanmoins, d'autres études doivent être menées afin de confirmer ces résultats.

# TABLE DES MATIÈRES

LA PAGE DE TITRE .....	1
IDENTIFICATION DU JURY .....	2
SOMMAIRE .....	4
LISTE DES TABLEAUX .....	9
LISTE DES FIGURES .....	10
REMERCIEMENTS .....	11

## 1. PROBLÉMATIQUE

1.1 Introduction.....	12
1.2 Définition de la sarcopénie.....	13
1.2.1 Les causes de la sarcopénie.....	14
1.2.2 Les conséquences de la sarcopénie.....	15
1.3 Les exercices de musculation.....	16
1.4 Le stress oxydatif.....	18
1.5 Le stress oxydatif induit par l'exercice physique.....	19
1.6 Les antioxydants oraux.....	22
1.6.1 Vieillesse et besoins vitaminiques.....	23
1.6.2 Exercices et antioxydants oraux.....	25
1.7 Énoncé du problème de l'étude et objectifs de l'étude.....	30
1.8 Hypothèse de recherche.....	31
1.9 Importance et retombées de l'étude.....	31

## 2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Recrutement et caractéristiques des sujets .....	34
2.2 Protocole expérimental.....	35
2.2.1 Programme d'exercices.....	36
2.2.2 Traitement aux antioxydants oraux.....	37
2.2.3 Tests métaboliques.....	38
2.3 Objet de ce mémoire : étude secondaire.....	39

2.4	Méthodologie .....	39
2.4.1	Composition corporelle .....	40
2.4.2	Excrétion de la créatinine .....	41
2.4.3	Journal alimentaire.....	42
2.5	Aspects éthiques de l'étude .....	43
2.6	Analyses statistiques .....	43

### **3. RÉSULTATS**

3.1	Caractéristiques descriptives des participants.....	44
3.2	Assiduité au protocole de recherche.....	44
3.3	Masse musculaire.....	44

### **4. DISCUSSION**

4.1	Effet d'un programme d'exercices de musculation sur la masse maigre.....	51
4.2	Effet de l'intervention et du traitement.....	52
4.3	Différence entre les sexes.....	53
4.4	Apports nutritionnels.....	55
4.5	Forces et limites de l'étude.....	56
4.6	Conclusion .....	58

### **5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **6. LES ANNEXES**

Annexe I	– Fiche contact.....	66
Annexe II	– Formulaire de consentement.....	68
Annexe III	– Programme d'exercices.....	74
Annexe IV	– Journal alimentaire.....	75
Annexe V	– Ostéodensitométrie .....	80



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	ARN et AMT de la vitamine C et E.....	24
Tableau 2.	Synthèse des études portant sur les vitamines C et E combinées à l'exercice.....	28
Tableau 3.	Caractéristiques descriptives des sujets et gain de masse maigre pour chaque groupe.....	46
Tableau 4.	Caractéristiques descriptives des sujets et gain de masse maigre selon le sexe.....	48
Tableau 5.	Effet d'un programme en musculation et d'une supplémentation en vitamines C et E sur la masse maigre.....	49

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Protocole expérimental.....	35
Figure 2.	Devis de l'étude maîtresse.....	36
Figure 3.	Description de l'échantillon à l'étude.....	39
Figure 4.	Changement pré-test à post-test pour la masse maigre chez les hommes..	50
Figure 5.	Changement pré-test à post-test pour la masse maigre chez les femmes..	50

## REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier sincèrement ma directrice de recherche, madame Isabelle J. Dionne, qui a su non seulement bien m'encadrer lors de ce projet de recherche mais qui aussi, par son dynamisme et ses nombreuses qualités, m'a dirigé de façon exemplaire. Je lui suis très reconnaissante d'avoir eu confiance en moi tout au long de ma maîtrise et de m'avoir permis d'atteindre mes objectifs. Elle m'a permis d'avoir confiance en moi mais aussi de reconnaître mes limites.

Merci à madame Martine Fisch, qui depuis le début a participé à ce projet, pour sa précieuse aide dans l'élaboration et le bon fonctionnement de cette étude. Son expérience et ses bons conseils, sur le plan professionnel et personnel, m'ont été très utiles et me serviront certainement dans le futur. Merci aussi au Dr Tessier pour sa disponibilité et sa bonne humeur.

De même, je veux remercier madame Mylène Aubertin pour son support et ses nombreux conseils donnés tout au long de ma maîtrise. Merci à mes collègues, Hélène Arguin ainsi que Christine Lord, avec qui j'ai eu beaucoup de plaisir à travailler. Merci particulièrement à Danielle Bouchard et Martin Sénéchal pour leur enthousiasme et leur rigueur scientifique, qui ont fait en sorte que cette étude soit une réussite. Votre contribution à ce projet m'a été très bénéfique. D'ailleurs, je leur souhaite à tous une carrière à la hauteur de leur espérance et une belle continuation dans leurs projets futurs. Merci aussi à monsieur Abdelouahed Khalil, ainsi qu'à monsieur Martin Cloutier qui ont su très bien me guider au niveau des manipulations de laboratoire, qui m'ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances scientifiques.

Enfin, je remercie tous les participants de cette recherche qui et de quelque façon que ce soit, tous ceux qui m'ont encouragé à persévérer et m'ont soutenu tout au long de mes études.

# 1. PROBLÉMATIQUE

## 1.1 Introduction

Le vieillissement est un processus complexe caractérisé, au niveau musculaire, par une perte progressive de la masse musculaire, de la force et de l'endurance. Ce processus appelé « sarcopénie » est associé à un vieillissement normal et est le résultat de plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques. De plus en plus de chercheurs s'intéressent plus particulièrement aux facteurs contribuant à son développement. Quoique le vieillissement soit un passage inévitable de la vie, l'intérêt d'affiner nos connaissances afin de permettre à tous de vieillir en bonne santé ne cesse de croître. En effet, il est possible de croire en un vieillissement réussi exempt de maladie chronique.

Les études suggèrent de plus en plus que les espèces oxygénées de l'oxygène ont un rôle important dans le développement de la sarcopénie. Les radicaux libres sont en partie produits dans les tissus qui utilisent une grande quantité d'oxygène, tels que les muscles squelettiques. La balance positive entre les substances pro-oxydantes et les défenses antioxydantes devient d'une importance primaire pour minimiser les effets néfastes du stress oxydatif. Ces éléments potentiellement réactifs peuvent causer des dommages importants au niveau des tissus et engendrer une cascade subséquente de dommages cellulaires. Malheureusement, le muscle sénescence ne bénéficierait pas des mêmes adaptations au processus oxydatif que le muscle d'un jeune adulte.

Des stratégies comme l'exercice en musculation ont été avancées afin de contrer la sarcopénie. À ce jour, il semble que ce soit la seule stratégie efficace connue. Toutefois, certaines études ont démontré chez les personnes âgées qu'il y avait une augmentation du stress oxydatif suite à un exercice musculaire (Dillard et al., 1978; Davies et al., 1982; Jackson et al., 1985). Alors il semblerait paradoxal de contrer la sarcopénie par une stratégie contribuant elle-même au développement de cette dernière. Le rôle des vitamines antioxydantes pour atténuer ou contrer l'augmentation du stress oxydatif de l'exercice a été très étudié et s'avère très intéressant chez la population âgée et active. Or, l'effet d'une supplémentation en vitamines antioxydantes combinées à un programme

d'exercices de musculation sur la masse musculaire n'a jamais été exploré. Cette étude a pour but de répondre à cette problématique et de parfaire nos connaissances sur les causes possibles de la sarcopénie et sur les stratégies envisageables pour retarder son développement.

## 1.2 La sarcopénie

Le vieillissement est associé à plusieurs changements de composition corporelle tels qu'une diminution de la masse maigre et une augmentation de la masse grasse (Morley et al., 2001). Cette atrophie musculaire est appelée sarcopénie et peut être définie plus spécifiquement comme une valeur de masse maigre de 2 déviations standards au-dessous de la valeur normale de jeunes adultes (Baumgartner et al., 1998). Cette approche est comparable à celle utilisée pour déterminer la densité minérale osseuse d'un groupe de référence. La masse maigre comporte tous les tissus mous incluant les organes et la masse musculaire squelettique. Il est maintenant accepté que la sarcopénie apparaît lors du vieillissement normal et même en l'absence de perte de poids corporel (Gallagher et al., 2000). Environ 40% de la masse musculaire est perdue entre 20 et 80 ans (Narici et al., 2004) et ce processus semble s'accroître plus rapidement entre 65 et 70 ans (Baumgartner et al., 1999). Ces dernières années, différentes méthodes ont été développées pour mesurer le degré de sarcopénie, telles que le calcul de la masse musculaire squelettique totale ou appendiculaire/kg<sup>2</sup> (Baumgartner et al., 1999; Janssen et al., 2004; Melton et al., 2000).

Une étude de Janssen et al. (Janssen et al., 2000) présente des valeurs de référence pour la masse squelettique totale de 468 individus de 18 à 88 ans et montre qu'il y a un déclin après 50 ans de 1.9 et 1.1 kg/décennie chez l'homme et la femme respectivement, avec une diminution plus marquée au niveau des membres inférieurs. La sarcopénie affecte une grande partie de la population âgée. En effet, selon une récente étude transversale de 450 sujets âgés de 60 ans et plus, 71% et 43% sont atteints de sarcopénie modérée contre 17% et 11% de sarcopénie sévère chez les hommes et femmes respectivement (Janssen, 2006; Janssen et al., 2002). Il est important de différencier la sarcopénie des autres syndromes de perte de masse maigre. D'ailleurs, Roubenoff (Roubenoff, 2003) donne

une excellente définition des différents syndromes de perte de masse maigre. Dans un premier temps, le terme « perte » réfère à une perte non-intentionnelle de poids de la masse maigre et de la masse grasse. Ce syndrome implique fréquemment une balance protéique et énergétique négative. Dans un deuxième temps, la « cachexie » se caractérise par une perte de la masse cellulaire plus grande que la perte de poids. On peut observer une augmentation du liquide extracellulaire ou de tissus adipeux. Ainsi, le poids peut rester stable ou augmenter alors que les apports alimentaires sont généralement adéquats. La cachexie serait reliée à une anomalie du métabolisme principalement due à la production excessive de cytokines inflammatoires. Enfin, dans un dernier temps, la sarcopénie est un processus normal et non pathologique de perte de masse musculaire associé au vieillissement. Elle réfère à un déclin universel et involontaire de la masse maigre due, en grande partie, à une diminution de la masse musculaire squelettique. Néanmoins, la sarcopénie semble clairement associée à une diminution du stimulus anabolique.

### 1.2.1 Les causes de la sarcopénie

Les recherches actuelles ont permis de mettre en cause certains facteurs intrinsèques, impliqués à des niveaux moléculaire et cellulaire, et extrinsèques relatifs aux habitudes de vie et aux comportements (Carmeli et al., 2002). En ce qui a trait aux facteurs intrinsèques, la composante génétique pourrait être une cause de la sarcopénie. Entre autres, le génotype du récepteur de la vitamine D a récemment été associé à la sarcopénie (Roth et al., 2004). De plus, certains mécanismes métaboliques peuvent contribuer directement ou indirectement tels que la résistance à l'insuline (Roubenoff, 2003) suite à une accumulation de tissus adipeux et la chute d'hormones (hormone de croissance, testostérone, IGF-1, DHEA-S) (Kamel, 2003; Karakelides et al., 2005). D'autre part, la perte de fibres musculaires et l'atrophie cellulaire observée lors de la sarcopénie est largement responsable de la perte de masse musculaire. En effet, certaines études ont permis d'observer une diminution de la prolifération cellulaire (Doherty, 2003), une diminution du nombre d'unités motrices (Doherty et al., 1993; Nair, 2005), des altérations neuromusculaires et contractiles (Hunter et al., 2004), une diminution du potentiel de régénération et de réparation musculaire associée au vieillissement (Fulle et

al., 2004). Par ailleurs, de nombreuses études permettent d'identifier le stress oxydatif comme un facteur important associé à la sarcopénie lors du vieillissement (Dirks & Leeuwenburgh, 2005; Fulle et al., 2004; Gianni et al. 2004; Waters et al., 2000). Il semblerait qu'une augmentation du niveau d'oxydants mesuré dans le muscle vieillissant représenterait un stimulus chronique dans la régulation du contenu protéique musculaire (Bejma & Ji, 1999). Les radicaux libres pourraient donc contribuer au processus de la sarcopénie. Ceci demeure toutefois une hypothèse qui doit être davantage validé.

En ce qui a trait aux facteurs extrinsèques, l'apport protéique inadéquat observé chez les sujets âgés crée un déséquilibre entre la synthèse et la dégradation protéique en faveur d'une diminution de la synthèse protéique de la myofibrille (Evans, 1997; Evans, 2004; Volpi et al., 2003; Walrand & Boirie, 2005). De plus, non seulement l'apport protéique jouerait un rôle dans la sarcopénie (Welle et al., 1993), mais aussi le type de protéines consommées, soit de nature végétale ou animale (Lord C et al., 2005). Enfin, un autre facteur très important est l'inactivité physique ou la diminution du niveau d'activité. En effet, la diminution du stimulus anabolique entraîne l'atrophie du tissu musculaire (Baumgartner et al., 1999; Doherty, 2003). Nous ne connaissons pas l'importance relative de tous ces facteurs, mais ils peuvent être impliqués directement ou indirectement dans le processus de la sarcopénie lors du vieillissement (Ji, 2002). Il est aussi probable que certains mécanismes influencent plus fortement un groupe d'âge spécifique, un sexe en particulier ou soient associés à des niveaux spécifiques de comorbidités. Parmi ces facteurs, deux sont modifiables par les habitudes de vie et pourraient réduire l'incidence de la sarcopénie, soit l'exercice physique et la diète.

### **1.2.2 Les conséquences de la sarcopénie**

Le vieillissement est associé à des altérations aux niveaux neuromusculaire, mécanique, contractile et au niveau des composants architecturaux (atrophie des fibres de type II) (Hunter et al., 2004), ce qui affecte la qualité du muscle squelettique et contribue à la sarcopénie. Ces multiples modifications lors du vieillissement se manifestent particulièrement par une diminution de la force chez les personnes âgées (Kamel, 2003). En effet, il existe une relation linéaire positive entre la masse musculaire et la force

(Roubenoff, 2003). Ce phénomène est corrélé à la baisse du niveau d'activité physique et affecte particulièrement les membres inférieurs des personnes âgées ce qui expliquerait la dépendance locomotrice, la hausse du risque de chutes et de fractures subséquentes chez cette population. Ainsi, la sarcopénie est une cause majeure d'incapacités fonctionnelles (Roubenoff, 2000b); elle est associée au déclin de la qualité de vie et du statut de santé de la population âgée (Hunter et al., 2004). Une étude longitudinale d'une durée de 8 ans a été effectuée auprès de 3 694 hommes et femmes âgés de plus de 65 ans et a démontré que les sujets atteints de sarcopénie sévère présentaient 25% plus de risque à développer des incapacités fonctionnelles (Janssen, 2006). Outre le fait qu'aucune autre étude longitudinale n'existe sur le sujet, les études à devis transversal montrent une corrélation beaucoup plus forte allant jusqu'à 5 fois plus de risque à développer des incapacités fonctionnelles chez les sujets atteints de sarcopénie sévère (Janssen et al., 2002).

En plus d'engendrer des limitations fonctionnelles, la sarcopénie a des conséquences sur le métabolisme. En effet, le muscle squelettique étant un site majeur d'utilisation du glucose (Katz et al., 1983; Manfredini et al., 1985), la perte de tissus musculaires métaboliquement actif observé lors du vieillissement (Roubenoff, 2000) est susceptible de contribuer à la diminution de la tolérance au glucose (Harris, 1998). Ainsi, la diminution de la masse musculaire peut contribuer au développement de maladies métaboliques telles que le diabète de type 2 et les maladies vasculaires (Hawley, 2004; Hunter et al., 2004; Karakelides & Nair, 2005). De plus, la diminution de la masse maigre lors du vieillissement est un facteur important de la baisse du métabolisme de base (Bosy-Westphal et al., 2003; Sergi et al., 2002). Bref, la sarcopénie est un problème majeur de santé publique et représente des coûts énormes pour la société. Il est donc essentiel de développer des stratégies efficaces pour ralentir l'apparition ou la progression de la sarcopénie chez les aînés.

### **1.3 Les exercices de musculation**

Les exercices de musculation sont, par définition, des exercices lors desquels le muscle exerce une contraction statique ou dynamique contre une charge qui est augmentée dans le temps (Seguin & Nelson, 2003). Il est bien connu dans la littérature que l'exercice de



musculature chez les jeunes adultes procure un effet positif sur l'hypertrophie musculaire (Tesch, 1988). D'ailleurs, tandis que certaines études démontrent un gain de masse musculaire significatif chez les jeunes par rapport aux sujets âgés (Dionne et al., 2004; Hakkinen et al., 2001) d'autres études n'obtiennent pas de résultats significativement favorables auprès de la population âgée (Dionne et al., 2004; Ferrara et al., 2006; Ivey et al., 2000) suite à un programme d'exercices de musculature (Lemmer et al., 2001). De ce fait, le sujet âgé ne semble pas présenter les mêmes adaptations en ce qui a trait à la possibilité d'hypertrophie musculaire et il semble que l'exercice en musculature ne contribue pas à remplacer totalement la masse musculaire perdue lors du vieillissement.

De nombreuses études visant un gain de masse musculaire chez les personnes âgées ont été menées ces dernières années et bien que certaines discordances dans la littérature soient présentes, les résultats s'avèrent très encourageants et indiquent que la musculature demeure une stratégie de choix pour retarder l'apparition de la sarcopénie, du moins en partie. Ceci permet l'amélioration des habiletés fonctionnelles et le statut de santé des personnes âgées. Néanmoins, l'étude de Hunter et al. (Hunter et al., 2004) a permis de conclure qu'il y avait un gain de masse musculaire de 10 à 62 % après 9 à 52 semaines de musculature à une fréquence de 2-3 fois par semaine. D'autres recension des écrits confirment aussi ces résultats positifs (Borst, 2004; Galvao et al., 2005; Toth et al., 1999).

La grande variabilité de ces résultats peut être expliquée par plusieurs facteurs. Entre autres, par les différentes méthodologies utilisées relativement au programme d'exercices soient : les différentes charges utilisées (l'intensité), la durée de l'intervention, les répétitions effectuées, le nombre de séances d'exercices par semaine, le niveau d'entraînement des sujets avant l'intervention, les outils de mesure utilisés pour mesurer la masse musculaire, l'âge et le sexe des participants. De plus, il est important de noter que la population plus âgée considérée comme étant « fragile » semble obtenir des résultats positifs sur le gain de masse musculaire (Binder et al., 2005; Fiatarone et al., 1994), alors que dans la population âgée et en santé, les résultats sur le gain de masse musculaire sont divergents. Néanmoins, tel que rapporté précédemment, cette dernière population est celle qu'il faut viser lors de programmes de prévention de la sarcopénie. Il a été démontré que le sujet âgé a une diminution des processus de réparation et de

régénération et donc, qu'un programme de musculation d'une fréquence de 2 fois par semaine pourrait être très bénéfique au gain de masse musculaire (Kosek et al., 2006). Ainsi, plusieurs facteurs doivent être considérés et peuvent contribuer directement ou indirectement au gain de masse musculaire.

Cependant, il existe des recommandations minimales qui doivent être respectées afin d'obtenir une hypertrophie maximale lors de l'élaboration d'un programme de musculation. Les recommandations actuelles pour les personnes âgées sont de 2 à 3 séances par semaine, d'une intensité de 60-80% d'une répétition maximale (1-RM), 2-4 séries de 8-15 répétitions par muscle entraîné. Il est suggéré d'exercer chaque groupe musculaire 2-3 fois par semaine (Hunter et al., 2004a). L'intensité est un facteur très important puisqu'elle est directement reliée au gain de masse musculaire. Les personnes âgées soumises à l'évaluation du 1-RM sont confrontées à faire des efforts supplémentaires non habituels, mais nécessaires à l'augmentation de la masse musculaire.

#### 1.4 Le stress oxydatif

Malheureusement, il est reconnu qu'une intensité élevée favorise un plus grand stress oxydatif (Vollaard et al, 2005) et pourrait, par conséquent, nuire au gain de masse musculaire par l'altération des processus enzymatiques (Wei et al., 1998). La production d'espèces oxygénées réactives a lieu majoritairement au niveau de la chaîne respiratoire des mitochondries et plus spécifiquement, lorsque l'oxygène est transformé en eau pour fournir de l'énergie (ATP) (Leborgne et al., 2002). Lors de la réduction d'oxygène en eau, 2 à 5% de l'oxygène échappe à cette loi et est transformé en espèces oxygénées réactives (Urso & Clarkson, 2003) dont les radicaux libres. Par définition, un radical libre est toute espèce chimique comportant un électron libre (non apparié) et cherchant à coupler cet électron en « attaquant » d'autres molécules. Malgré que notre organisme produise des radicaux libres en permanence, le stress oxydatif correspond à une modification du statut d'oxydoréduction des cellules caractérisée par un déséquilibre de la balance pro-oxydant et antioxydant soit à cause d'une production excessive et/ou une neutralisation insuffisante du système de défense antioxydant. Selon Harman (Harman, 1956), le stress oxydatif se définit (Manfredini et al., 1985) comme l'ensemble des

modifications oxydatives provoquées dans les cellules par le déséquilibre de cette balance, ainsi que l'ensemble des réactions mises en jeu visant à rétablir cet état d'équilibre. Outre les espèces oxygénées de l'oxygène, les dérivés de l'oxyde nitrique (NO) participent aussi à la cascade d'oxydoréduction (Reid & Durham, 2002). NO est exprimé dans la fibre musculaire et augmente durant un exercice intense.

Les radicaux libres réagissent avec plusieurs substrats biologiques et peuvent agir comme messagers secondaires impliqués dans le développement de différentes maladies. Ils causent des dommages au niveau mitochondrial, mais aussi aux lipides, aux glucides, aux protéines, à l'ADN (Jessup et al., 2003) et ce, dans plusieurs tissus.

### **1.5 Le stress oxydatif induit par l'exercice**

Lors d'une activité physique, la respiration cellulaire peut augmenter dans le muscle squelettique de 100 à 200 fois pendant l'effort (Sen, 2001). Or, la respiration cellulaire est un processus oxydatif favorisant la formation de radicaux libres. La réponse au stress oxydatif peut être différente d'un organe à l'autre. Ces différences sont dépendantes de plusieurs facteurs tels que la consommation d'oxygène, le statut d'antioxydant et la présence d'un système adéquat de réparation (Vollaard et al., 2005). Lorsque cet événement a lieu dans le muscle squelettique, il déclenche une chaîne de réactions dommageables telles que des altérations biochimiques au niveau de la structure des cellules, c'est-à-dire la peroxydation de la membrane des cellules (Fulle et al., 2004) ou la mort cellulaire (Giuliani & Cestaro, 1997). De même, les radicaux libres induisent des désordres enzymatiques provoquant une diminution de la synthèse protéique, ce qui limite les défenses antioxydantes et la capacité de réparation du muscle squelettique (Fulle et al., 2004). Puisque les pro-oxydants sont principalement dérivés des composés de l'oxygène, les dommages oxydatifs seront plus grands dans les tissus qui utilisent beaucoup d'énergie tels que les muscles squelettiques (Bloomer & Goldfarb, 2004). La formation de radicaux libres pendant l'exercice a d'ailleurs été maintes fois démontrée par des études expérimentales (Bloomer & Goldfarb, 2004; Davies et al., 1982; Goldfarb et al, 2005; Ji, 2002; Reid et al., 1992). Les espèces réactives de l'oxygène et de l'azote

augmentent donc pendant l'exercice et peuvent moduler la fonction contractile du muscle (Reid & Durham, 2002).

Outre la production de radicaux libres venant de la respiration cellulaire, d'autres mécanismes favorisent la production de radicaux libres pendant l'exercice. D'une part, la contraction musculaire engendre des dommages musculaires qui, par la suite, entraîne une réponse inflammatoire caractérisée par une infiltration de neutrophiles (Vollaard et al., 2005). Au site de la blessure, les neutrophiles phagocytent les débris tissulaires et libèrent des facteurs tels que des lysozymes et des radicaux libres, qui à leur tour vont augmenter le catabolisme des protéines. Cette augmentation de neutrophiles peut rester élevée après l'exercice pendant des heures (Quindry et al., 2003; Yamada et al., 2000) et même des jours (Childs et al., 2001). Le dommage structurel qu'engendre la contraction musculaire semble plus élevé chez les sujets non entraînés (Evans et al., 1986) et chez les sujets âgés (Manfredi et al., 1991). En effet, il a été démontré que dans l'organisme sénescant, il y a une altération dans l'activité des enzymes impliqués dans la chaîne respiratoire, ce qui est à l'origine d'une plus grande fuite d'électrons et donc, d'une surproduction des radicaux libres (Wei et al., 1998). En effet, il y a une augmentation significative du stress oxydatif induit par l'exercice physique chez la personne âgée comparativement aux sujets plus jeunes (Sacheck et al., 2003). De même, un fonctionnement insuffisant des mécanismes de défenses antioxydants contribue au stress oxydatif lors du vieillissement. D'autant plus, les processus d'adaptation et de réparation sont affaiblis chez les sujets âgés (Fulle et al., 2004) et par conséquent, les sujets âgés se trouvent plus susceptibles aux dommages musculaires oxydatifs induits par l'exercice.

Pour se protéger des effets « néfastes » de l'exercice, l'organisme a développé des mécanismes d'adaptation. En effet, l'entraînement chronique permet une production endogène d'enzymes antioxydants et une diminution de la formation des radicaux libres (Bloomer & Goldfarb, 2004). Par contre, l'adaptation des défenses antioxydantes pendant l'exercice diffère chez les jeunes comparativement aux sujets âgés (Kostka et al., 2000). Les sujets âgés auraient en fait une moins bonne habileté à éliminer les radicaux libres des tissus (Hunter et al., 2004; Ji, 2002; Mardones & Rigotti, 2004). Néanmoins, une étude récente démontrent qu'un programme d'exercices impliquant la contraction

musculaire du quadriceps pendant 12 semaines chez des personnes âgées provoquait une augmentation de leur potentiel antioxydant dans le muscle squelettique (Parise et al., 2005) ce qui permet de croire que certains mécanismes chez le sujet âgé seraient encore bien conservés. Or, les défenses antioxydantes dans le muscle squelettique sont relativement faibles comparativement aux autres tissus et surtout chez les personnes âgées (Ji, 2002). À cet égard, il est possible que les personnes âgées qui sont physiquement actives bénéficient d'adaptations cellulaires de leur système de défense antioxydante, améliorant alors la mécanique du muscle, la force et l'endurance, ce qui les rend moins vulnérables aux blessures et aux processus inflammatoires. Même si l'exercice améliore les défenses antioxydantes, ceci n'atténue pas le stress oxydatif induit par l'exercice. Ainsi, ceci suggère fortement le besoin de prévenir les modifications oxydatives au niveau musculaire.

Collectivement, ces résultats démontrent que la personne âgée, dont la masse musculaire décline, est plus susceptible au stress oxydatif pendant l'exercice. Toutefois, le vieillissement ne semble pas abolir complètement les adaptations à l'entraînement, mais plutôt atténuer ces adaptations. Le stress oxydatif pourrait être un acteur important dans le processus de la sarcopénie et pourrait expliquer les divergences de gain de masse musculaire entre les sujets jeunes et les sujets âgés (Rousseau et al., 2006). Étant donné qu'une intensité élevée est nécessaire pour l'hypertrophie musculaire maximale et que le stress oxydatif augmente en fonction de l'intensité (Vollaard et al., 2005), il est impératif de trouver des stratégies pour contrer le stress oxydatif de l'exercice, qui permettraient donc d'optimiser le gain de masse musculaire. La balance entre les effets positifs et négatifs de l'exercice chez les personnes âgées est d'une grande importance en plus des déficiences nutritionnelles qui sont souvent fréquentes chez cette population (Ji, 2002). Des changements au niveau de l'absorption des nutriments et des capacités métaboliques affaiblies influencent les choix alimentaires et peut mener à des déficiences en vitamines antioxydantes et en minéraux chez les aînés (Vaquero, 2002). En conséquence, le défi actuel est que la sarcopénie soit prise en charge de façon préventive chez des sujets en santé avec un entraînement spécifiquement conçu pour atténuer la perte de masse musculaire en plus de minimiser la production de radicaux libres et les dommages qu'ils

induisent. Ainsi, la supplémentation en antioxydants exogènes s'avère une stratégie très pertinente à cette problématique.

## 1.6 Les antioxydants oraux

Les antioxydants sont des molécules qui peuvent réagir avec les espèces oxygénées réactives en les neutralisant directement ou indirectement. Les vitamines A, C, E, le glutathion réduit et l'acide urique constituent principalement le système non-enzymatique. La vitamine E est la principale vitamine antioxydante liposoluble contenue dans les tissus et le plasma. La vitamine E représente le terme générique pour le composé biologique de l' $\alpha$ -tocophérol, forme qui représente l'activité biologique la plus élevée, entreposée dans 90 % des tissus (muscles, tissus adipeux et foie) (Bjorneboe & Drevon, 1990). L'activité vitaminique E peut être exprimée en unité internationale (UI), où 1 mg d' $\alpha$ -tocophérol correspond à 1,49 UI de d- $\alpha$ -tocophérol (forme naturelle, la plus active). Lorsque la vitamine E est sous forme synthétique, 1 mg d' $\alpha$ -tocophérol correspond à 2,22 UI de dl- $\alpha$ -tocophérol (Santé Canada, 2006). La vitamine E est reconnue pour son action antioxydante qui lui confère une protection contre les acides gras polyinsaturés des membranes cellulaires et les lipoprotéines en permettant le maintien de l'intégrité de la membrane cellulaire (Debier & Larondelle, 2005). L' $\alpha$ -tocophérol est considérée comme étant le principal inhibiteur de la peroxydation lipidique.

Une autre vitamine reconnue pour ses propriétés antioxydantes est la vitamine C (Guthrie, 1995). Cette vitamine hydrosoluble favorise l'entretien des tissus (formation de collagène), contribue au bon fonctionnement du système immunitaire, favorise l'absorption du fer et permet la régénération de la vitamine E (Khalil, 2002). Ainsi, elle favorise le maintien de la forme active de la vitamine E. La vitamine C est importante dans le plasma et dans les autres liquides extracellulaires. L'intérêt de la vitamine C réside dans le fait qu'elle agit en synergie avec la vitamine E, en faveur d'une diminution du stress oxydatif.

### 1.6.1 Vieillessement et besoins vitaminiques

Le vieillissement est de plus en plus associé au stress oxydatif (Fulle et al., 2004). Actuellement, les apports nutritionnels recommandés (ARN, ou apports acceptables) pour les personnes âgées sont de 15 mg pour la vitamine E, de 90 mg et 75 mg chez les hommes et les femmes respectivement pour la vitamine C. Les ARN représentent l'apport nutritionnel quotidien moyen permettant de combler les besoins nutritionnels des sujets en bonne santé afin de prévenir les déficiences vitaminiques. L'apport maximal tolérable (AMT) est quant à lui l'apport quotidien le plus élevé qui ne comporte vraisemblablement pas de risques d'effets indésirables pour la santé. Le tableau 2 montre les valeurs de référence relatives à ces vitamines.

Il est intéressant de noter que les recommandations actuelles sont identiques chez les jeunes adultes et les personnes âgées. Toutefois, à cause des changements qui surviennent avec l'âge, ces apports vitaminiques pourraient être insuffisants. D'ailleurs, un faible apport en vitamine C et E peut augmenter le risque de certaines maladies chroniques et accélérer le processus du vieillissement (Hathcock et al., 2005).

Ces effets sont partiellement dus à une protection inadéquate des tissus contre les radicaux libres. Néanmoins, lors du vieillissement, nous observons une diminution de la teneur plasmatique de la vitamine E (Meydani, 2001). Une étude a démontré que la teneur en vitamine E dans les lipoprotéines de haute et basse densité des personnes âgées était 4 fois inférieure à celle mesurée chez les sujets jeunes (Khalil et al., 1998). Meydani *et al.* ont aussi observé une diminution dans la teneur en vitamine E chez les sujets âgés (Meydani, 2001). Or, la vitamine E, ne serait pas le seul antioxydant, dont

Tableau 1. ANR ET AMT DE LA VITAMINE C ET E (Santé Canada, 2006)

	Vitamine E (d'α-tocophérol équivalent) <sup>1</sup>		Vitamine C (acide ascorbique)	
	ARN	AMT	ARN	AMT
<b>Hommes</b>				
9-13 ans	11	600	45	1200
14-18 ans	15	800	75	1800
19-30 ans	15	1000	90	2000
31-50 ans	15	1000	90	2000
51-70 ans	15	1000	90	2000
> 70 ans	15	1000	90	2000
<b>Femmes</b>				
9-13 ans	11	600	45	1200
14-18 ans	15	800	65	1800
19-30 ans	15	1000	75	2000
31-50 ans	15	1000	75	2000
51-70 ans	15	1000	75	2000
> 70 ans	15	1000	75	2000

<sup>1</sup> Les recommandations pour la vitamine E sont exprimées en mg d'équivalent de RRR-α-tocophérol. 1 mg de vitamine E synthétique = 1 UI de vitamine E, mais seulement 0.45 mg de RRR-α-tocophérol. 1 mg de vitamine E naturelle procure 1.5 UI.

les teneurs plasmatiques diminuent au cours du vieillissement. En effet, la vitamine C diminuerait aussi avec l'âge. Lenton *et al.* ont montré que les niveaux cellulaires de la vitamine C et du glutathion réduit diminuent de 10 à 20 % avec l'âge (Lenton et al., 2000). De plus, une méta-analyse a permis de démontrer que les personnes âgées requièrent plus de vitamine C qu'un jeune adulte (Brubacher et al., 2000). De nombreuses études suggèrent que la vitamine E, la vitamine C ou même la combinaison des deux, peuvent contribuer à réduire le risque de maladies telles que la maladie d'Alzheimer, la dégénération maculaire, certains cancers, les cataractes et les maladies cardiovasculaires (Hathcock et al., 2005). Une revue de littérature de Hathcock *et al.* a récemment évalué la dose sécuritaire d'une supplémentation en vitamine E, en vitamine C et la combinaison des deux vitamines (Hathcock et al., 2005). La recension d'études cliniques allant jusqu'à



8 ans et avec un nombre élevé de sujets (jusqu'à n=20 536) a mis en évidence l'innocuité de la vitamine E. En effet, peu d'effets secondaires a été reporté et la vitamine E semble sécuritaire chez la plupart des adultes si la quantité est inférieure à 1600 UI par jour (1073 mg d- $\alpha$ -tocophérol) (Hathcock et al., 2005). La supplémentation en vitamine E semble également sécuritaire chez les sujets âgés de plus de 65 ans (Meydani et al., 1998). À l'opposé, selon la méta-analyse de Miller *et al.*, la vitamine E prise à plus de 400 UI par jour représenterait une augmentation du risque de mortalité. Il est important de noter que cette méta-analyse comporte des biais méthodologiques importants et que la population étudiée étaient les individus souffrant de maladies chroniques ou de cancer. Comme mentionné plus haut, les études effectuées chez les sujets en santé comportent peu d'effets négatifs relativement à la prise quotidienne de vitamine E. D'autre part, la supplémentation en vitamine C inférieure à 2000 mg ne semble pas comporter d'effets secondaires importants pour la plupart des adultes (Hathcock et al., 2005).

### 1.6.2 Exercices et antioxydants oraux

Bien que les études portant sur la supplémentation en vitamines C et E aient traité principalement de la prévention des maladies (Hathcock et al., 2005), d'autres études ont également permis de démontrer que la vitamine C et E réduisait de façon significative le stress oxydatif induit par l'exercice (Sen, 2001; Urso & Clarkson, 2003). D'ailleurs, il a été démontré chez des jeunes femmes adultes qu'un complexe « antioxydant » en vitamines C, E et sélénium permettait d'atténuer l'augmentation de certains marqueurs du stress oxydatif suite à un exercice excentrique de flexion du coude (Goldfarb et al., 2005). En effet, la supplémentation en vitamine C, E et sélénium a permis d'atténuer l'augmentation de l'oxydation des protéines suite à un exercice excentrique (Goldfarb et al., 2005). Or, aucune mesure de la masse maigre n'a été effectuée. À partir cette même étude, Bloomer *et al.* (Bloomer & Goldfarb, 2004) ont observé une diminution de la douleur musculaire et des marqueurs de dommages musculaires. D'un autre côté, McBride *et al.* (McBride et al., 1998) a vérifié d'une part, l'augmentation de radicaux libres suite à un exercice à intensité élevée et d'autre part, l'effet d'une supplémentation en vitamine E sur la formation de radicaux libres ou les dommages induits à la membrane musculaire. Cette étude fût la première à démontrer qu'un programme d'exercices en

musculature augmentait le stress oxydatif. Les deux groupes ont eu une augmentation significative des dommages musculaires post-exercices. La vitamine E a permis de diminuer significativement la créatine kinase, un marqueur utilisé pour identifier les dommages musculaires, comparativement au groupe placebo (McBride et al., 1998). Cependant, la peroxydation lipidique a été augmentée de façon similaire en post-exercice pour les deux groupes (*Placebo* et *Antioxydant*). Puisque l'intensité est un facteur important à considérer, cette étude a permis d'identifier qu'une intensité à 50 % du 1RM est suffisante pour créer un stress physiologique conduisant à la production de radicaux libres. La vitamine E semble donc jouer un rôle au niveau de la restructuration du tissu musculaire chez les adultes et serait d'autant plus importante pour le muscle âgé dont les processus de réparation sont affaiblis (Hunter et al., 2004).

À l'opposé, Viitala *et al.* (2004), n'ont observé aucun effet de la vitamine E à réduire le stress oxydatif de l'exercice suite à un programme d'exercices en musculation à intensité élevée chez de jeunes adultes. Du fait que la mesure plasmatique de vitamine E confirmait un taux plasmatique plus élevé de celle-ci dans le groupe supplémenté et que le contrôle de plusieurs variables externes a été effectué, les résultats présentés par Viitala *et al.* (2004) divergent des autres études. Une explication potentielle de l'absence d'effet de la vitamine est que la production des espèces oxygénées de l'oxygène au site spécifique du muscle est trop grande et la vitesse de transfert de la vitamine E vers le muscle n'est pas suffisante. Comme nous l'avons vu précédemment, le flux d'oxygène vers le muscle durant un exercice peut augmenter jusqu'à 100 fois (Alessio, 1993). À notre connaissance, il y a peu d'information sur la quantité de vitamine E nécessaire au niveau musculaire pour contrer les radicaux libres.

D'autres études ont aussi été menées afin d'évaluer l'effet de la vitamine E sur les dommages oxydatifs, par contre, ces deux études ont été faites avec un exercice aérobie (Meydani et al., 1993; Satchek et al., 2003). Tout d'abord, selon Meydani *et al.* (1993), la vitamine E favorise l'élimination des radicaux libres produits pendant l'exercice et réduit les dommages musculaires. Satchek *et al.* (2003) a aussi démontré les effets bénéfiques de la vitamine E sur certains marqueurs de stress oxydatif bien que l'effet est similaire chez les sujets jeunes et âgés. En effet, les sujets âgés sont affectés de façon similaire aux

jeunes par les dommages musculaires et le stress oxydatif induit par l'exercice. Toutefois, les hommes âgés qui ont participé à cette étude étaient relativement bien entraînés pour leur âge ce qui peut contribuer à une meilleure autorégulation des défenses endogènes antioxydantes. D'autre part, toujours avec des exercices aérobies, une seule étude a été portée uniquement avec des personnes âgées. Jessup *et al.* (2003) a examiné l'effet d'une supplémentation en vitamine E sur les stress oxydatif de 59 participants âgés (Jessup et al., 2003). Cette étude consistait à comparer 4 groupes différents : 1) sédentaire/placebo; 2) sédentaire/vitamine E; 3) entraîné/placebo; 4) entraîné/vitamine E. Les résultats suggèrent que 4 mois d'entraînement ou de supplémentation, seul ou en combinaison, permettent de réduire certains marqueurs biologiques de stress oxydatif. Suite à ces résultats, il est possible de croire que la vitamine E combinée à l'exercice pourrait avoir un effet synergique sur l'élimination de radicaux libres et donc sur la diminution des dommages oxydatifs.

Le tableau 3 regroupe les différentes études qui ont évalué la supplémentation en antioxydants (vitamine E seule ou vitamine C et E) combinée avec l'exercice.

Tableau 2 : Synthèse des recherches ayant étudié les vitamines C et E combinées à l'exercice

ÉTUDES	SUJETS (ÂGE)	DOSAGE DE SUPPLÉMENTATION PAR JOUR ET DURÉE	DURÉE DE L'EXERCICE	TYPE D'EXERCICE ET INTENSITÉ	RÉSULTATS POST-EXERCICE DU GROUPE SUPPLÉMENTÉ V/S PLACEBO	CONCLUSION
<b>ÉTUDES MONTRANT DES EFFETS POSITIFS</b>						
Goldfarb <i>et al.</i> 2005	N=18 (25 ans) Femmes	1. E : 400UI C : 1000mg Se : 90ug 2. Placebo x 14 jours pré-exercice + 2 jours post-exercice	1 test de 4 x 12 répétitions	Flexion du coude excentrique 10 Nm de torque	- ↓ PC et MDA 48h post-exercice - Statut GSSG/TGSH élevé immédiatement après l'exercice et 2 hres après	- ↑ de l'oxydation de protéines après exercice; - La supplémentation ↓ les marqueurs de stress oxydatif.
McBride <i>et al.</i> 1998	N=12 (22 ans) Hommes	1. E : 1200UI 2. Placebo x 14 jours pré-exercice	1 test de 3 x 8 répétitions	Exercice en musculation 7 groupes musculaires à 50% 1RM	- ↓ CK 24h post-exercice - ↑ MDA pour les 2 groupes et aucune différence significative entre les groupes	- La vitamine E permet de ↓ les dommages musculaires.
Bloomer <i>et al.</i> 2004	N=18 (25 ans) Femmes	1. E : 400UI C : 1000mg Se : 90ug 2. Placebo x 14 jours pré-exercice	1 test de 4 x 12 répétitions	Flexion du coude excentrique 10 Nm de torque	- ↓ CK 72 h post-exercice - ↓ DM 48 h post-exercice	- La supplémentation permet de ↓ la douleur et les dommages musculaires.
Jessup <i>et al.</i> 2003	N=59 (76 ans) Hommes et Femmes	1. E : 800UI / entraînés 2. Placebo / entraînés 3. E : 800UI / sédentaires 4. Placebo / sédentaires x 4 mois	2 séances d'une heure/semaine x 4 mois	Exercices aérobies (ergocycle, escaliers, tapis roulant) 50-75% de la fréquence cardiaque maximale	- ↓ LOOH équivalente pour le groupe 1, 2, 3	- La supplémentation et l'exercice seul ou en combinaison permettent de ↓ le stress oxydatif.

DC = diène conjugué (produit primaire de la peroxydation lipidique des membranes cellulaires); MDA = malondialdéhyde (produit secondaire de la peroxydation lipidique des membranes cellulaires); PC = protéines carbonylées (indicateur de l'oxydation des protéines); GSSG/TGSH = indicateurs du statut du système antioxydant enzymatique de défense; CK = créatine kinase (indicateur de dommages musculaires); DM = douleur musculaire; LOOH = hydroperoxyde lipidique (produit primaire de la peroxydation lipidique); TBA = acide thiobarbiturique urinaire (marqueur de stress oxydatif); 8-OHdG = 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (marqueur du dommage à l'ADN); iPF<sub>2a</sub> = 8-isoprostane plasmatique (produit secondaire de la peroxydation lipidiques).

Tableau 2 : Synthèse des recherches ayant étudié les vitamines C et E combinées à l'exercice

ÉTUDES		SUJETS (AGE)		DOSAGE DE SUPPLÉMENTATION PAR JOUR ET DURÉE		DURÉE DE L'EXERCICE ET INTENSITÉ		RÉSULTATS POST-EXERCICE DU GROUPE SUPPLÉMENTÉ V/S PLACEBO		CONCLUSION	
<b>ÉTUDES MONTRANT DES EFFETS POSITIFS</b>											
Meydani <i>et al.</i> 1993	N=9 (24 ans) N=12 (65 ans) <i>Hommes</i>	1. E : 800UI 2. Placebo x 48 jours	1 test de 3 x 15 min avec 5 min de repos entre les intervalles	Exercices aérobies (course) à 75% de la fréquence cardiaque maximale	- ↓ de l'excrétion urinaire de TBA - ↓ de la concentration musculaire de vitamine E après l'exercice pour les 2 groupes - Aucune différence significative pour le DC dans le groupe vitamine E alors qu'on observe une tendance à l'↑ dans le groupe placebo - Aucune ↑ significative du MDA	- La supplémentation avec de la vitamine E permet d'↑ la concentration musculaire de la vitamine E et ↓ les dommages oxydatifs de l'exercice.					
Sacheck <i>et al.</i> 2003	N=16 (26 ans) N=16 (71 ans) <i>Hommes</i>	1. E : 1000UI / jeunes 2. Placebo / jeunes 3. E : 1000UI / âgés 4. Placebo / âgés x 3 mois	1 test de 3 x 15 min avec 5 min de repos entre les intervalles	Exercices aérobies (course) à 75% du Vo <sub>2</sub> max	- ↑ CK, iPF <sub>2a</sub> , similaire pour les 4 groupes - La vitamine E permet de ↓ CK post-exercice chez les jeunes v/s aux sujets âgés - ↑ MDA plus grande chez les sujets âgés. La vitamine E ne permet pas de contrer cette ↑ chez les personnes âgées - 8-OHdG ↑ chez les sujets âgés. La vitamine E ↓ les niveaux basaux de 8-OHdG - iPF <sub>2a</sub> plasmatique ↑ chez les 4 groupes et la vitamine E ↓ l'↑ post-exercice de iPF <sub>2a</sub>	- L'exercice provoque la même réponse au stress oxydatif chez les jeunes et les sujets âgés; - Il y a une association entre les dommages musculaires, la peroxydation lipidique et le statut antioxydant seulement chez les jeunes; - La supplémentation en vitamine E permet de supprimer certaines ↑ de dommages musculaires et de peroxydation lipidique chez les sujets jeunes et âgés.					
<b>ÉTUDES NE MONTRANT AUCUN EFFET</b>											
Vitala <i>et al.</i> 2004	N=27 (23 ans) <i>Hommes et Femmes</i>	1. E : 885mg entraînés 2. Placebo entraînés 3. E : 885mg non-entraînés 4. Placebo non-entraînés x 14 jours	1 test	Exercices en musculation 8 exercices de 3 x 10 répétitions à 10 RM	- ↑ plasmatique de vitamine E - ↑ MDA pour tous les groupes - Aucune différence significative entre les groupes	- il y a une augmentation de la peroxydation lipidique après l'exercice mais la vitamine E ne permet pas cette augmentation.					

Dans la littérature, il semble évident qu'une supplémentation en antioxydants ait la capacité de contrer l'effet oxydatif de l'exercice. Du moins, nous observons une majorité d'études ayant démontré les effets positifs d'une supplémentation vitaminique sur le stress oxydatif lors de l'exercice. Cependant, les études à ce jour diffèrent dans plusieurs aspects méthodologiques et sont difficilement comparables. En effet, les études faites chez les jeunes adultes et les personnes âgées diffèrent par le type d'exercice soit, musculaire ou aérobie. Il est effectivement intéressant de noter que chez la population âgée, les études portent seulement sur des exercices aérobies. De plus, les études ont porté principalement sur l'effet aigu de l'exercice combiné à une supplémentation en antioxydants et non à l'effet chronique de l'exercice. Finalement, autant chez les sujets jeunes que chez les sujets âgés, la supplémentation a été relativement courte, soit moins de 4 mois. Il y a donc peu d'études qui se sont intéressées à l'effet chronique d'une supplémentation vitaminique pendant un programme d'exercices en musculation.

Par ailleurs, les études diffèrent entre elles par la méthodologie, soit l'intensité de l'exercice, la durée, la dose de la supplémentation, l'outil de mesure du marqueur de stress oxydatif utilisé, etc. Les mesures effectuées visent surtout les marqueurs de stress oxydatif et de dommages musculaires. Or, il n'existe présentement aucune étude qui a exploré l'effet chronique d'une supplémentation en antioxydants vitaminiques sur la masse musculaire d'individus actifs, particulièrement chez des personnes âgées soumises à un programme d'exercices de musculation. Il semble évident que les adaptations du muscle âgé sont affaiblies et qu'une supplémentation en antioxydants pourrait potentiellement ralentir ou restaurer la perte de fonction musculaire relié au vieillissement.

### **1.7 Énoncé du problème et objectifs de l'étude**

Nous croyons que la production de radicaux libres lors de l'exercice peut être néfaste à l'obtention d'un gain de masse musculaire chez les personnes âgées suite à un programme d'exercices en musculation, d'autant plus que le vieillissement est associé au stress oxydatif. La supplémentation chronique en vitamine C et E pourrait minimiser le stress oxydatif induit lors d'un effort intense et permettrait donc de contrer le stress

oxydatif de l'exercice. Au niveau musculaire, nous croyons que les signaux relatifs aux stress oxydatif peuvent être contrecarrés par une plus grande disponibilité des vitamines antioxydantes. Cette stratégie est intéressante afin de prévenir ou ralentir le phénomène de la sarcopénie chez les aînés. Au regard de cette problématique, l'objectif principal de ce mémoire est de vérifier les effets d'un programme d'exercices de musculation et d'une supplémentation en vitamine C et E sur la masse musculaire des personnes âgées. D'autre part, il est actuellement impossible de se prononcer et de faire des recommandations au sujet des apports nutritionnels recommandés en vitamine C et E chez les personnes âgées soumises à un programme d'exercices en musculation. L'objectif secondaire est donc de mieux cibler les besoins en vitamines C et E chez la population âgée et active.

### **1.8 Hypothèse de recherche**

Alors que l'apport protéique et vitaminique est pris en compte, les personnes âgées soumises à un programme d'exercices de musculation combiné à un traitement d'antioxydants oraux présenteront une augmentation de leur masse musculaire significativement plus grande que des sujets sans supplémentation.

### **1.9 Importance et retombées de l'étude**

La recherche proposée permettra d'acquérir des connaissances d'une importance majeure concernant la problématique complexe de la sarcopénie du vieillissement. De façon plus spécifique, cette étude d'intervention sera la première à examiner l'effet d'un programme d'exercices de musculation combiné à un traitement aux antioxydants oraux sur la masse musculaire chez les personnes âgées et ce, pendant la période d'accélération de la sarcopénie de personnes âgées. Cette étude sera donc la première à étudier l'effet chronique d'un traitement aux antioxydants oraux afin de contrer le stress oxydatif induit par l'exercice et de vérifier cet effet sur la masse maigre. L'utilisation de groupes participant à une seule intervention et du groupe témoin permettra de mesurer l'effet individuel et interactif de chacun des traitements. Le protocole expérimental de cette étude est robuste puisqu'il inclut: 1- un programme d'exercices de musculation dont la progression est optimale et contrôlée, 2- un traitement aux antioxydants optimal puisqu'il

inclut l'utilisation de 2 antioxydants majeurs; 3- l'utilisation de groupes expérimentaux témoins qui permettront, entre autres, de contrôler pour l'effet de l'âge tout au long du protocole expérimental et de comparer l'effet des traitements combinés à leur effet singulier, 4- l'évaluation de l'efficacité d'une stratégie d'intervention accessible (exercice/antioxydants oraux) destinée à contrer la sarcopénie en utilisant des méthodes de mesures directes. Cette étude procurera des renseignements importants afin de développer éventuellement des stratégies de prévention efficaces et accessibles pour améliorer la qualité de vie des individus âgés et diminuer les coûts de soins de santé associés à l'incapacité physique et à la perte d'autonomie fonctionnelle.

Plus de 25 % de la population âgée a de la difficulté ou est incapable d'effectuer les activités de la vie quotidienne (Minister of public Works and Government Services of Canada, 2002). Plusieurs études scientifiques émettent l'hypothèse que la sarcopénie lors du vieillissement explique une partie de ces incapacités fonctionnelles (Janssen et al., 2002; Payette et al., 1998; Zoico et al., 2004). D'autre part, une étude de Janssen (2004), portant sur les coûts estimés des soins de santé aux États-Unis relatifs à la sarcopénie, rapporte des coûts annuels de 18 milliards de dollars (Janssen et al., 2004). La sarcopénie implique donc une charge économique importante qui ne cessera de grandir avec le vieillissement des populations.

Dans l'ensemble, ces données indiquent que la prévention de la sarcopénie est d'une importance capitale et représente des enjeux importants sur la santé publique. Cependant, bien que les recherches aient permis d'identifier plusieurs causes possibles de la sarcopénie, les mécanismes responsables et leur importance relative restent largement inconnus. Actuellement, la seule stratégie qui s'avère efficace pour favoriser le gain de masse musculaire et contrer la sarcopénie est l'exercice en musculation. Or, l'exercice favorise aussi l'augmentation du stress oxydatif et pourrait nuire au gain de masse musculaire particulièrement dans la population âgée, chez qui les mécanismes de défense et de réparation sont affaiblis.

Cette étude d'intervention permettra de vérifier pour la première fois le potentiel d'un programme d'exercices de musculation combiné à un traitement d'antioxydants oraux sur



la masse musculaire à freiner la sarcopénie pendant la période d'accélération de perte de masse musculaire. D'un point de vue scientifique, les connaissances acquises dans le cadre de cette étude contribueront à mieux comprendre les causes biologiques de la sarcopénie alors qu'au point de vue clinique, elle contribuera à vérifier l'efficacité d'une stratégie d'intervention efficace, accessible et peu coûteuse visant à améliorer la masse musculaire des personnes âgées. Cette étude sera également profitable pour mieux se positionner sur les recommandations cliniques des besoins en vitamines antioxydantes (C et E) chez les personnes âgées et actives.

## TROISIÈME CHAPITRE

### 2. MÉTHODOLOGIE : étude maîtresse

Les données utilisées dans le présent projet de maîtrise sont tirées d'une étude de grande envergure, financée par l'Association canadienne du diabète. Plus précisément, cette étude porte sur l'interaction entre les antioxydants oraux et les exercices de musculation pour prévenir la sarcopénie et la résistance à l'insuline. L'objectif est d'évaluer l'efficacité d'un programme d'exercices en musculation combiné à des antioxydants oraux pour freiner la sarcopénie et afin d'améliorer la sensibilité à l'insuline associée au vieillissement et ainsi, prévenir l'apparition du diabète de type 2.

#### 2.1 Recrutement et caractéristiques des sujets

Un total de 73 hommes et femmes, âgés de 60 à 75 ans, généralement en bonne santé, ont été recrutés pour participer à la recherche, par le biais des journaux locaux et des organismes sociaux locaux (Université du troisième âge, Sercovie, Âge d'or). Cette tranche d'âge a été sélectionnée en raison des données qui indiquent que cet âge correspond à une accélération de l'érosion de la masse musculaire (Waters et al., 2000). Les hommes et les femmes ont été inclus dans cette recherche puisque l'accélération de la sarcopénie semble se produire au même âge chez les deux sexes. Les critères d'admissibilité étaient les suivants : 1) absence de maladie métabolique (diabète ou MCV), tension artérielle normale ou contrôlée, sans incapacité physique majeures; 2) aucun médicament influençant le métabolisme; 3) non-fumeurs et buveurs modérés (maximum de 15g/jour d'alcool); 4) ne pas être impliqué dans un programme d'exercices vigoureux depuis 10 ans; 5) indice de masse corporelle  $\leq 30$  kg/m<sup>2</sup> (pour éviter l'influence d'une masse grasse importante sur la masse musculaire); 6) avoir un poids stable ( $\pm 2$  kg) depuis 6 mois (un changement de poids corporel suite à un événement particulier (régime amaigrissant, accident, maladie, etc) peut influencer la masse musculaire); 7) aucune ingestion d'antioxydants pendant le dernier mois.

## 2.2 Protocole expérimental

Les individus recrutés ont d'abord été soumis à un questionnaire téléphonique (Annexe I) afin d'évaluer leur admissibilité. Ensuite, un formulaire de consentement (Annexe II) ainsi que des informations détaillées du déroulement de la première visite leur étaient envoyées par la poste. Lors d'un suivi téléphonique, pour les sujets éligibles et volontaires, une date était fixée pour une première session de tests métaboliques (valeurs de base; pré-intervention) puis les sujets étaient aléatoirement assignés à l'intervention appropriée incluant, le programme d'exercices de musculation de 6 mois et/ou un traitement d'antioxydants oraux ou placebos. La figure 2 montre la répartition des sujets pour cette étude maîtresse.

Figure 1. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

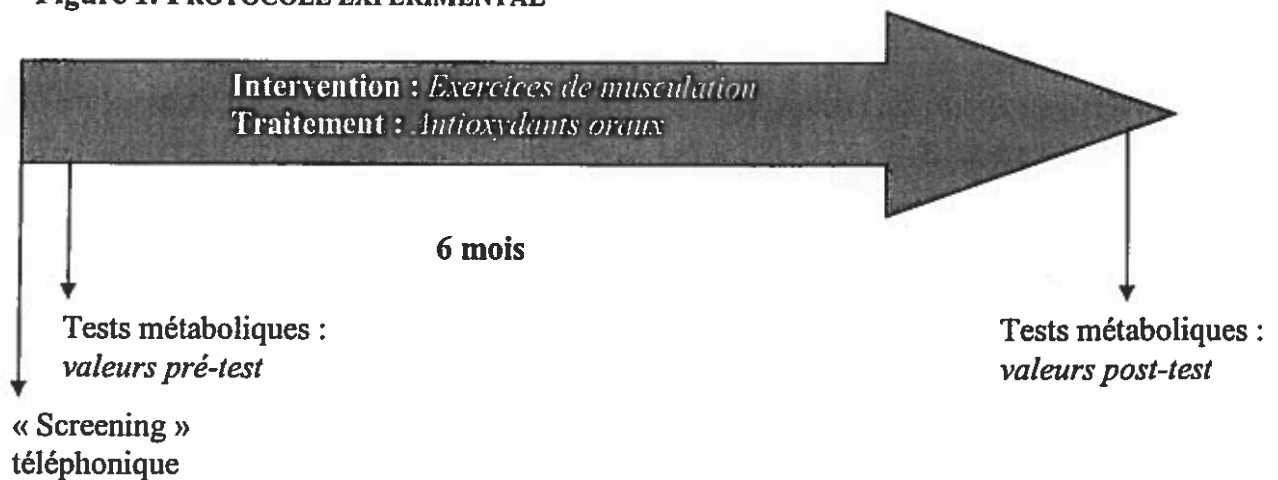
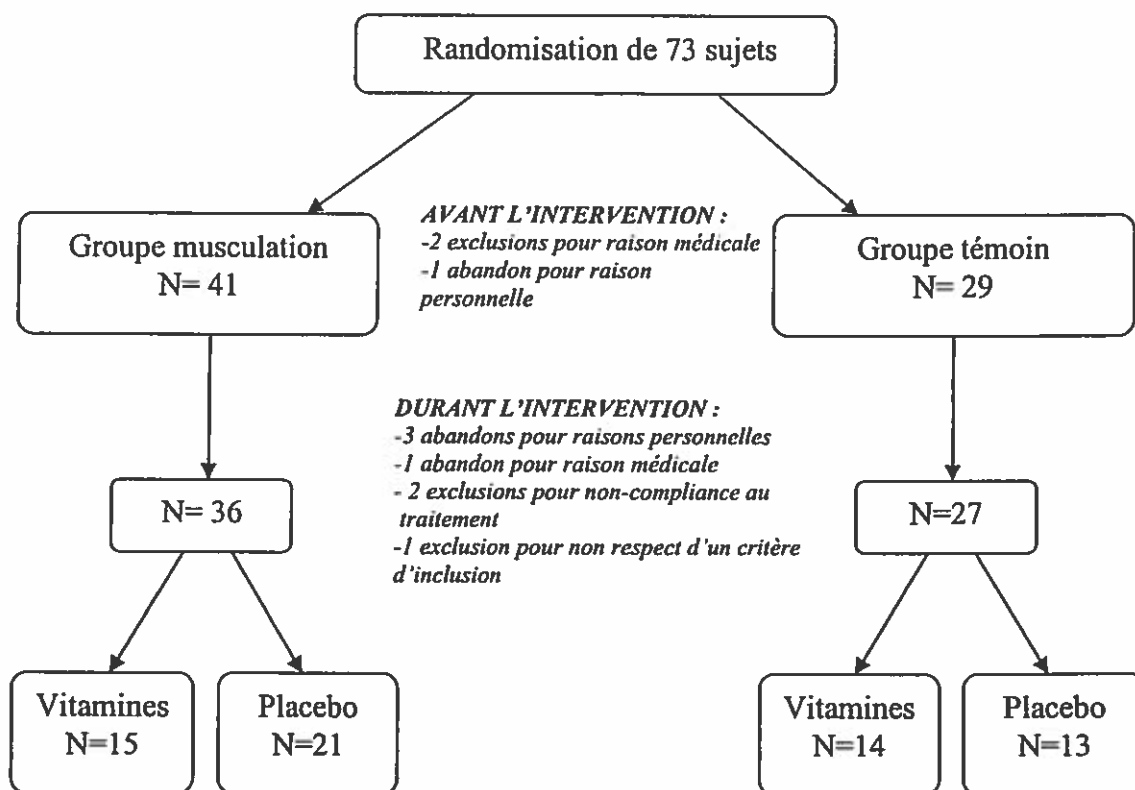


Figure 2. DEVIS DE L'ÉTUDE MAÎTRESSE



### 2.2.1 Programme d'exercices

Le programme d'exercices a eu lieu au centre d'entraînement de l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke, pavillon Argyll, à raison de 3 séances par semaine pendant 6 mois, sous la supervision d'un kinésologue qualifié. En dehors du programme d'exercices, les participants étaient invités à maintenir leur style de vie habituel (activités, diète, etc.). Chaque session d'entraînement débutait par un échauffement à faible intensité de 5 minutes sur ergocycle, suivi de 5 minutes d'étirements statiques de tous les groupes musculaires. Le programme d'entraînement en musculation (Annexe III) composé de soulèvements de poids libres et appareils Nautilus, comprenait les exercices suivants : "leg press", "bench press", extension de la jambe, "shoulder press", la planche, extension du triceps, flexion du biceps et extension des quadriceps. Pour chaque exercice, 3 séries de 8 répétitions sont effectuées et pour l'exercice de la planche, le temps le plus long en cette position est comptabilisé. Des périodes de repos de 1 minute étaient

permises entre les séries. Le nombre de 8 répétitions à 80% du 1-RM (1 répétition maximale) avait été sélectionné puisqu'il est reconnu optimal pour permettre l'hypertrophie musculaire chez des sujets âgés (Frontera et al., 1988). Chaque session d'exercices durait environ 1 heure, incluant l'échauffement, et était individuellement contrôlée et documentée (assiduité aux séances d'entraînement, charges, répétitions) par l'entraîneur pour assurer une progression optimale.

Le 1-RM est défini comme la quantité maximale de charge qui peut être soulevée dans un mouvement complet pour une répétition seulement. Pour déterminer le 1-RM, chaque sujet exécutera d'abord 3 à 5 répétitions avec le poids le plus léger possible afin de s'assurer que la technique est appropriée. L'entraîneur choisit alors un poids et demande au participant de soulever la charge. Après 3-4 minutes de repos, le prochain poids le plus lourd sera choisi et la tentative répétée jusqu'à ce que le participant ne puisse exécuter le mouvement complet. Le test de 1-RM (exécuté pour chaque exercice) permettra l'évaluation directe des améliorations et, en conséquence, de l'assiduité au programme. Le 1-RM sera évalué à la première session d'entraînement puis à tous les mois (temps de repos et ordre des exercices identiques). La charge pour chaque exercice est réajustée après les tests de 1-RM afin de maintenir, tout au long de la durée du programme, une charge d'entraînement de 80% du 1-RM.

### **2.2.2 Traitement aux antioxydants oraux**

Les antioxydants oraux seront ingérés en une dose quotidienne. Les vitamines E ( $\alpha$ -tocophérol) et C ont été sélectionnées puisqu'ils représentent deux antioxydants majeurs et que la vitamine C est impliquée dans le mécanisme d'action de la vitamine E qui est l'antioxydant le plus important au niveau membranaire (Giuliani & Cestaro, 1997). Pour ce qui est de la vitamine C, il est donné une dose de 1000 mg/j (vitamine C 500 mg; achetée par le biais de la pharmacie de l'hôpital d'Youville; Wampole Brands Inc., Toronto, ON, Canada). Cette concentration correspond à une prise de 4 pilules à prendre le matin au moment du repas. Pour la vitamine E, il s'agit d'une posologie de 600 mg/j, c'est-à-dire 400 UI de forme active (dl-alpha-tocophérol 300 mg; fournie gracieusement par Arkopharma Ltd, Carros, France). Ces doses journalières (vit E:

600mg; vit C: 1000mg) sont suffisantes pour permettre de modifier le profil oxydatif des personnes actives, comme il a déjà été démontré (Schroder et al., 2001). Les capsules vitaminiques sont remises aux participants aux 50 jours par l'entraîneur qui récupérera au même moment les capsules non utilisées, s'il y a lieu, de façon à s'assurer de l'adhérence des participants au traitement.

### 2.2.3 Tests métaboliques

Au début et à la fin de l'intervention, chacun des participants étaient soumis à une session de tests métaboliques similaires (valeurs pré- et post- intervention). Pour ce faire, les participants étaient invités à venir passer une demi-journée au Centre de recherche sur le vieillissement de Sherbrooke. La session de tests métaboliques se déroulait comme suit :

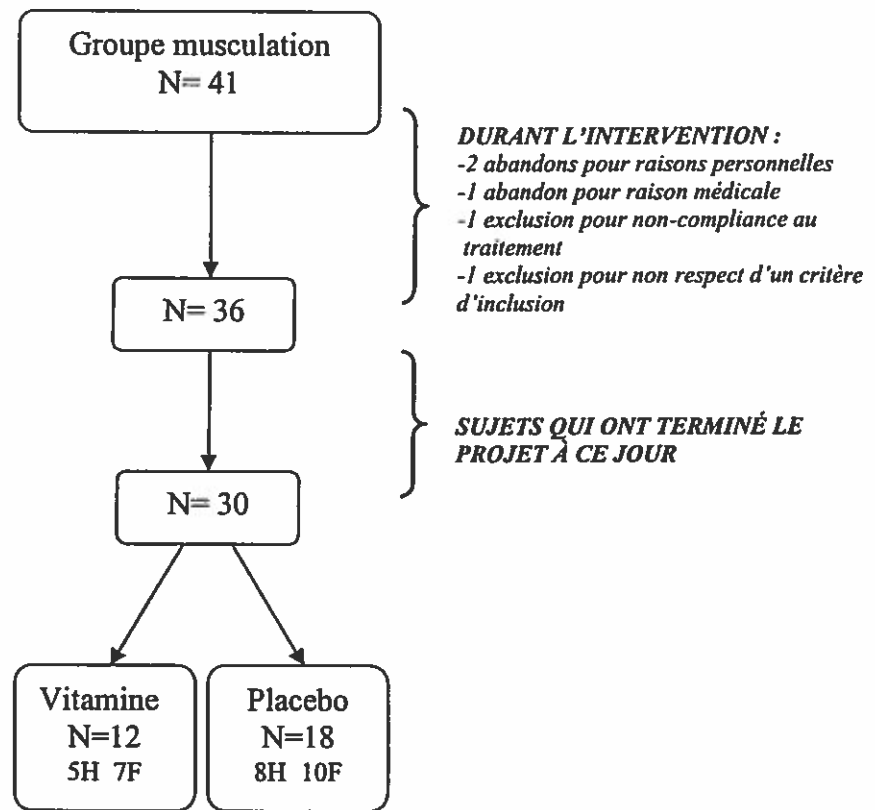
- 06h15 Arrivée du sujet à jeun depuis 12 heures, signature du formulaire de consentement, mesure du poids et de la taille.
- 06h30 Mesure du métabolisme de repos par calorimétrie indirecte (30 min.).
- 07h00 Mesure de la composition corporelle (DXA).
- 07h45 Insertion du cathéter; Prise de sang pour les valeurs sanguines de base et pour les mesures de stress oxydatif.  
Test intraveineux de tolérance au glucose (injection du glucose et prélèvements sanguins aux temps requis).
- 09h00 Directives pour le journal alimentaire (Annexe IV) et la collecte urinaire, pour la prise quotidienne d'antioxydants oraux, ainsi que pour le programme d'exercices de musculation s'il y a lieu.
- 11h15 Fin de la visite.

Environ une semaine après la date de la première visite et de la visite finale, le participant devait remettre le journal alimentaire complété, ainsi que l'urine collectée. La personne pouvait alors revenir au Centre de recherche ou laisser le tout au kinésiologue en charge du programme d'exercices de musculation.

### 2.3 Objet de ce mémoire : étude secondaire

Puisque le but de ce mémoire est de vérifier l'efficacité d'un programme d'exercices de musculation, l'échantillon à l'étude sera constitué uniquement du groupe recevant l'intervention en musculation qui, à ce jour, ont complété leur 6 mois d'exercices. Cet échantillon fait partie de l'étude maîtresse et comporte les mêmes critères d'inclusion. Pour l'analyse des données, les sujets étaient séparés en 2 groupes, soit qu'ils prenaient les vitamines C et E ou le placebo. La figure 2 décrit plus particulièrement les sujets inclus dans cet échantillon.

Figure 3. DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON À L'ÉTUDE



### 2.4 Méthodologie

Dans le cadre de ce projet, les données d'intérêt utilisées étaient celles relatives à la masse musculaire et aux apports alimentaires (vitaminiques et protéiques). Par

conséquent, les mesures relatives à l'ostéodensitométrie (DXA), à l'excrétion de la créatinine ainsi qu'au journal alimentaire étaient utilisées.

#### 2.4.1 Composition corporelle

La masse corporelle des sujets est mesurée au 0.1 kg près à l'aide d'un pèse-personne électronique (Scale-Tronix Inc., Wheaton, IL) et leur taille debout est déterminée grâce à un stadiomètre installé sur le mur. La composition corporelle est mesurée par rayon X à absorption d'énergie de double densité (DXA; GE Prodigy Lunar). Cette méthode mesure la densité spécifique de trois types de tissus, soit la masse osseuse, la masse grasse et la masse maigre totale et ce, pour trois différentes régions corporelles telles que les membres supérieurs, les membres inférieurs et le tronc (Annexe V). La masse musculaire squelettique appendiculaire est, par conséquent, l'addition de la masse maigre des membres inférieurs et supérieurs. La méthode ne permet donc pas la mesure de la masse musculaire totale. Toutefois, la masse maigre des membres inférieurs et supérieurs totalise environ 75 % de la masse musculaire totale (Wang et al., 1996). La méthode DXA permet donc une mesure directe de la masse maigre et de la masse musculaire des membres inférieurs et supérieurs. L'indice de masse musculaire (IMM), soit le quotient de la masse maigre en kilogramme sur la taille des sujets en mètre au carré, est calculé pour chacun des sujets. Selon cet IMM, la sarcopénie de type I est retrouvée chez les sujets ayant un IMM entre une à deux déviations standards au-dessous des valeurs de jeunes adultes et la sarcopénie de type II est présente chez les sujets ayant un IMM de plus de deux déviations standards au-dessous des valeurs de jeunes adultes (Janssen et al., 2002). Ces données de prévalence ont également été effectuées dans notre laboratoire de composition corporelle et métabolisme au Centre de recherche sur le vieillissement de l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke chez 30 femmes et 31 hommes âgés entre 20 et 35 ans. Par ailleurs, le coefficient pour la masse maigre chez 10 sujets adultes est de 1.1% de variation et ce, pour un intervalle de temps de 7 jours. La méthode DXA permet donc une mesure directe, précise et est appropriée pour une population âgée autant au plan méthodologique que technique. De plus, elle permet de mesurer les petits changements. Toutefois, la mesure par le DXA peut être influencée par l'hydratation cellulaire. Suite à une intervention comme l'activité physique, il se peut que des



changements d'hydratation cellulaire induisent une marge d'erreur dans la mesure. Également, avec le vieillissement, il se produit une diminution dans la quantité d'eau corporelle totale, ce qui induit une marge d'erreur dans la mesure du DXA (Proctor et al., 1999). Afin de contrer ce problème, nous mesurerons la masse musculaire protéique à l'aide d'excrétion de créatinine urinaire.

#### 2.4.2 Excrétion de la créatinine

La créatinine est un métabolite de la créatine qui se trouve dans le muscle. Lors de la production d'énergie au niveau musculaire, il y a transformation rétroactive de créatine et de phosphocréatine. Un petit pourcentage de la créatine et de la phosphocréatine est transformé en créatinine par un processus biochimique. Lorsque la créatinine est formée, elle se diffuse à travers les cellules pour ensuite être entièrement éliminée dans l'urine. Comme la créatinine produite par les muscles à chaque jour n'est pas réabsorbée au niveau des tubules du rein, cela signifie conséquemment qu'elle doit être obligatoirement éliminée au niveau de l'urine. La créatinine produite par les muscles à chaque jour est une bonne prédictrice de la masse musculaire autant chez les sujets jeunes que chez les sujets âgés (Welle et al., 1993). Brièvement, les urines des sujets sont recueillies dans des contenants fournis à cet effet pendant trois jours totalisant 72 heures consécutives. Cette méthode peut présenter par contre une certaine lourdeur pour le participant, mais certains outils (petits contenants d'appoints, chapeau Napoléon pour les dames) permettent de faciliter la tâche. Le volume urinaire total est mesuré dans un cylindre gradué et les concentrations urinaires de créatinine sont déterminées à l'aide d'un auto-analyseur (DCA 2000+, Bayer, USA) qui a été préalablement calibré selon les normes du fabricant et la quantité de créatinine présente dans l'urine collectée est déterminée par principe de colorimétrie tel que décrit par Welle *et al.* (1993). De même, cette formule rapportée par Welle sera utilisée pour calculer la masse musculaire protéique en fonction de l'excrétion urinaire de créatinine :

$$\text{Masse musculaire} = \left[ (\text{Quantité d'urine}/100) * (\text{Quantité de créatinine}) \right] * 2.18$$

Cette méthode s'avère une des méthodes les plus valides, moins dispendieuses et sécuritaires pour les sujets afin de déterminer leur masse musculaire. Chez les personnes

saines et en santé, la variation normale d'excrétion de créatinine de jour en jour est de l'ordre de 4 à 8 %. Ces variations ne peuvent être expliquées par des facteurs comme la diète ou l'exercice physique (Welle et al., 1993). D'ailleurs, l'apport alimentaire protéique sera pris en compte. Ainsi, les participants doivent remplir des journaux alimentaires simultanément à la collecte urinaire de 3 jours en détaillant précisément le contenu de leur alimentation. Enfin, ces deux outils de mesure, soit le DXA et l'excrétion de la créatinine, sont très bénéfiques à déterminer si les programmes d'intervention combinés et séparés permettent le gain significatif de la masse musculaire totale, des bras et des jambes et de la masse protéique (masse fonctionnelle) des muscles.

### **2.4.3 Journal alimentaire**

Chaque sujet reçoit un document, lequel est conçu pour recevoir la description de tous les aliments et boissons ingérés. La nature des aliments, la composition, la quantité ainsi que le moment de la journée sont notés dans le document à cet effet pour une période consécutive de 3 jours. Une balance diététique et des précisions sur différents aliments sont aussi fournies. Les participants reçoivent des explications verbales complètes quant aux détails de l'utilisation du registre alimentaire et de la balance. Après la durée respective de 3 jours, les journaux alimentaires sont remis au responsable de l'étude et l'analyse des bilans alimentaires est réalisée à l'aide du logiciel CANDAT version 5.1 (London, Ontario) dans lequel les données sont codifiées. Le logiciel CANDAT utilise le fichier canadien des aliments (version 2001b) comme base de données. L'édition 2001 est très complète et renferme 4 943 aliments et 112 éléments nutritifs. Un bilan alimentaire quotidien moyen est alors émis pour chaque sujet et nous informe sur l'apport énergétique total, l'apport en macronutriments et en micronutriments. Pour nos analyses, l'apport en macronutriments est exprimé en g/kg de poids corporel et comme pourcentage de l'apport énergétique journalier. Dans le cas des vitamines antioxydantes qui nous intéressent, la vitamine C (mg) et la vitamine E (mg) sont exprimés dans les unités mentionnées précédemment. L'apport alimentaire et protéique sera utilisé comme covariante dans les analyses portant sur les gains de masse musculaire suite aux interventions.

## 2.5 Aspects éthiques de l'étude

Toutes les méthodes utilisées dans le cadre de cette recherche sont sécuritaires et aucune méthode ne présente un danger déraisonnable pour les participants. Ceux-ci obtiennent également des bénéfices à participer à l'étude en recevant des informations sur leur santé (tension artérielle, glycémie, mesures de composition corporelle, cholestérol, etc.) et en bénéficiant d'un programme d'entraînement personnalisé gratuit et/ou, s'il y a lieu, des antioxydants oraux gratuits. De plus, à la fin de l'étude, s'il s'avère que leur bilan alimentaire nécessite certains changements, des conseils alimentaires leur seront fournis au besoin. Un montant forfaitaire de 15\$, correspondant aux frais de déplacement pour les visites métaboliques, était offert à chacun des participants. Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique à la recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke.

## 2.6 Analyses statistiques

Tous nos résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  écart-type. Les statistiques descriptives ont été utilisées pour caractériser la population à l'étude. Un test *t* indépendant de Student a été réalisé, en pré-test, afin de comparer les deux groupes (*Placebo* et *Antioxydant*) pour toutes les variables indépendantes. Puisqu'il s'avère qu'aucune différence ne soit significative entre ces deux groupes, aucune covariable n'a été utilisée lors de nos analyses. Ensuite, un test-t dépendant a été effectué pour connaître l'effet de l'intervention et comparer les valeurs de masse maigre en pré-test v/s en post-test pour tous les sujets ( $n=30$ ) et dans chacun des groupes (*Placebo* et *Antioxydant*).

Une analyse de variance (ANOVA) à mesure répétée a été effectuée afin de mesurer l'effet du traitement (*Placebo* v/s *Antioxydant*) sur la masse maigre suite à 6 mois d'entraînement en musculation en utilisant le sexe comme covariable. Puisque nous observons un effet du sexe sur l'intervention, nous avons utilisé des statistiques non-paramétriques (U de Mann-Whitney) pour ensuite analyser l'effet du traitement chez les hommes et les femmes, respectivement. Le logiciel statistique SPSS a été utilisé pour

effectuer les différentes analyses statistiques (SPSS Inc., Chicago, IL., Version 14.0). Un niveau de signification de  $P < 0.05$  a été établi.

### **3. RÉSULTATS**

---

#### **3.1 Caractéristiques descriptives des participants**

Des 41 sujets qui ont été inclus à l'étude dans le groupe d'exercice, 36 ont complété les 6 mois de l'étude et 6 autres sujets sont en cours. Un nombre total de 30 individus ont été inclus dans notre échantillon d'analyse, soit 13 hommes et 17 femmes, d'un âge moyen de  $66.1 \pm 3.6$  ans. Les 30 individus ont complété l'étude ce qui nous a permis d'obtenir des données complètes de la masse maigre pour le DXA en pré-test et post-test. Les caractéristiques descriptives des sujets sont présentées dans le Tableau 3. Les analyses statistiques ne révèlent aucune différence significative en pré-test entre les 2 groupes (*Placebo* et *Antioxydant*) pour les variables alimentaires et pour les variables de composition corporelles ( $P > 0.05$ ; Tableau 3).

#### **3.2 Assiduité au protocole de recherche**

Les participants de cette étude ont été très assidus aux séances d'exercices. Sur une période de 6 mois, le taux d'adhérence au programme fut de  $93.9\% \pm 3.7\%$  séances d'entraînement, ce qui est relativement très bien compte tenu la fréquence hebdomadaire de 3 fois. De plus, un programme d'exercices et des bandes élastiques ont été fournies à quelques participants qui ont dû s'absenter pour des raisons particulières. De la même manière, le suivi étroit de la supplémentation nous a permis de conclure une excellente assiduité au protocole de recherche de la part des participants.

#### **3.3 Masse musculaire**

Nous avons d'abord vérifié que notre programme d'exercices en musculation était efficace et permettait une augmentation significative de la masse maigre (Tableau 3). Pour un nombre total de 30 sujets, l'ANOVA à mesures répétées démontre une

augmentation significative de la masse maigre des bras, du tronc, de la masse maigre appendiculaire et totale. L'IMM et l'ASMMI se trouvent aussi améliorés significativement suite au programme d'exercices. Cependant, nous n'observons pas d'effet de traitement probablement dû à un manque de puissance statistique. Lorsque nous entrons le sexe comme covariable, l'effet du programme d'exercices en musculation n'est plus significatif sur les changements de masse maigre. Nous avons donc fait des analyses distinctes chez les hommes et les femmes. Nos résultats démontrent un effet de traitement chez les hommes seulement.

Afin de caractériser davantage notre échantillon, nous avons effectué un test-t dépendant dans les groupes *Placebo* et *Antioxydant* respectivement. Nos résultats démontrent que le groupe *Antioxydant* augmente significativement sa masse maigre suite à 6 mois d'intervention et ce pour la masse maigre des bras, du tronc, la masse maigre appendiculaire et totale, l'IMM et finalement l'ASMMI. Or, le groupe *Placebo* n'obtient aucune augmentation significative de la masse maigre.

**TABLEAU 3. CARACTÉRISTIQUES DESCRIPTIVES DES SUJETS ET GAIN DE MASSE MAIGRE POUR CHAQUE GROUPE**

CARACTÉRISTIQUES	TOUS LES PARTICIPANTS (N=30)		GROUPE PLACEBO (N=18)		GROUPE ANTIOXYDANT (N=12)	
	PRÉ-TEST	POST-TEST	PRÉ-TEST	POST-TEST	PRÉ-TEST	POST-TEST
Âge (années)	66.1 ± 3.6	66.7 ± 3.6	66.7 ± 3.6	67.2 ± 3.7	65.3 ± 3.6	66.0 ± 3.6
Poids (kg)	71.3 ± 11.0	71.8 ± 11.7	73.0 ± 11.9	73.7 ± 12.7	68.7 ± 9.4	68.8 ± 9.7
IMC	26.3 ± 2.8	26.5 ± 3.0	27.0 ± 2.7	27.3 ± 3.1	25.3 ± 2.7	25.3 ± 2.5
Apport calorique total (Kcal)	2267 ± 630	2099 ± 583	2137 ± 551	2116 ± 531	2463 ± 205	2072 ± 677
Apport protéique total (g/kg de poids)	1.4 ± 0.4	1.2 ± 0.3	1.3 ± 0.3	1.2 ± 0.3	1.5 ± 0.6	1.2 ± 0.6
Vitamine A (UI)	11173 ± 7446	12771 ± 11955	10863 ± 7707	12812 ± 12697	11641 ± 7346	12707 ± 9321
Vitamine C (mg)	137 ± 74	132 ± 88	132 ± 55	133 ± 96.4	144 ± 97	130 ± 78
Vitamine E (mg)	6.0 ± 2.8	4.6 ± 1.9	5.5 ± 2.2	4.6 ± 1.5	6.8 ± 3.4	4.5 ± 2.4
Sélénium (mcg)	107 ± 46	103 ± 47	99 ± 30	100 ± 43	118 ± 63	107 ± 55
Masse maigre bras (kg)	5.2 ± 1.7	5.4 ± 1.9**	5.4 ± 1.6	5.6 ± 1.8	4.9 ± 1.8	5.2 ± 2.0*
Masse maigre tronc (kg)	20.5 ± 4.8	20.9 ± 4.7*	21.1 ± 4.9	21.4 ± 4.6	19.5 ± 4.5	20.2 ± 5.0*
Masse maigre jambes (kg)	16.3 ± 4.1	16.5 ± 4.1	16.5 ± 3.6	16.7 ± 3.5	16.0 ± 4.9	16.2 ± 5.0
Masse maigre appendiculaire (kg)	21.5 ± 5.6	21.9 ± 5.9**	21.9 ± 5.0	22.3 ± 5.2	20.9 ± 6.6	21.4 ± 7.0**
Masse maigre totale (kg)	45.6 ± 10.8	46.3 ± 11.0**	46.7 ± 10.3	47.2 ± 10.1	43.9 ± 11.7	45.1 ± 12.7**
ASMMI (kg/m <sup>2</sup> )	7.8 ± 1.3	8.0 ± 1.4*	8.1 ± 1.3	8.2 ± 1.3	7.5 ± 1.5	7.7 ± 1.6**
IMM total (kg/m <sup>2</sup> )	16.7 ± 2.4	16.9 ± 2.5**	17.2 ± 2.4	17.4 ± 2.3	15.9 ± 2.3	16.3 ± 2.6**
Masse musculaire protéique (kg)	28.5 ± 8.4	28.5 ± 9.4	28.6 ± 7.2	28.4 ± 8.5	28.4 ± 10.3	28.6 ± 10.9

Les résultats sont exprimés en moyenne ± l'écart-type. IMC= indice de masse corporelle; MM=masse maigre; IMM = indice de masse maigre; ASMMI= indice de masse maigre appendiculaire.

\*P ≤0.05 SIGNIFICATIVEMENT DIFFÉRENT DES VALEURS PRÉ-TEST

\*\*P ≤0.01 SIGNIFICATIVEMENT DIFFÉRENT DES VALEURS PRÉ-TEST

Puisque nous avons un groupe de sujets mixte, il est intéressant de vérifier comment le sexe influence nos résultats. Le tableau 4 montre les caractéristiques descriptives des hommes et des femmes pour chaque groupe. Nous observons que les hommes du groupe *Antioxydant* augmentent significativement l'IMM. Les hommes du groupe *Placebo* et les femmes des 2 groupes n'ont aucune augmentation significative de leur masse maigre. De plus, le groupe *Antioxydant-hommes* présente une augmentation significative de la masse maigre totale ( $2.3 \pm 1.1$  kg v/s  $0.17 \pm 1.8$  kg;  $p=0.04$ ) comparativement au groupe *Placebo-hommes* (Tableau 5; Figure 3) alors que chez les femmes, il n'y a aucune amélioration significative de la masse maigre, et ce pour les différents groupes musculaires (Figure 4). De plus, bien qu'il semble y avoir une augmentation plus grande de la masse maigre pour tous les groupes musculaires dans le groupe *Antioxydant*, cette différence n'est pas significative. Dans le groupe *Placebo*, nous observons une perte de masse maigre des jambes et des bras chez les hommes et les femmes respectivement, néanmoins, nos analyses statistiques ne permettent pas de considérer ces changements significatifs.

TABLEAU 4. CARACTÉRISTIQUES DESCRIPTIVES ET GAIN DE MASSE MAIGRE SELON LE SEXE

CARACTÉRISTIQUES	GROUPE ANTIOXYDANT N=12				GROUPE PLACEBO N=18			
	HOMMES (n=5)		FEMMES (n=7)		HOMMES (n=8)		FEMMES (n=10)	
	PRÉ-TEST	POST-TEST	PRÉ-TEST	POST-TEST	PRÉ-TEST	POST-TEST	PRÉ-TEST	POST-TEST
Âge (années)	63.8 ± 1.8	64.4 ± 2.1	66.4 ± 4.2	67.1 ± 4.2**	68.1 ± 3.2	68.6 ± 3.3*	65.6 ± 3.7	66.1 ± 3.7**
Poids (kg)	74.7 ± 8.1	75.8 ± 7.4	64.4 ± 9.2	63.8 ± 8.2	81.9 ± 9.3	82.2 ± 9.9	65.9 ± 8.6	66.9 ± 10.7
IMC	24.2 ± 1.8	24.5 ± 2.2	26.1 ± 3.1	25.9 ± 2.7	28.0 ± 2.5	28.1 ± 2.7	26.2 ± 2.6	26.6 ± 3.3
Apport calorique total (Kcal)	2805 ± 562	2668 ± 607	2217 ± 742	1646 ± 294	2158 ± 609	2438 ± 556*	2119 ± 534	1858 ± 355
Apport Protéines totales (g/kg de poids)	1.5 ± 0.3	1.4 ± 0.4	1.5 ± 0.8	1.0 ± 0.3	1.2 ± 0.2	1.3 ± 0.3*	1.3 ± 0.3	1.1 ± 0.2**
Vitamine A (UI)	9227 ± 7370	15638 ± 12383	13364 ± 7376	10615 ± 6692	10409 ± 6722	9549 ± 6541	11226 ± 8759	15424 ± 17437
Vitamine C (mg)	171 ± 120	188 ± 95	126 ± 82	88 ± 20	134 ± 71	91 ± 38*	132 ± 44	166 ± 117**
Vitamine E (mg)	6.6 ± 3.1	6.0 ± 3.0	6.9 ± 3.9	3.4 ± 1.3*	4.5 ± 1.9	4.3 ± 1.5	6.3 ± 2.2	4.9 ± 1.6
Sélénium (mcg)	129 ± 40	121 ± 39	110 ± 78	97 ± 65	101 ± 376	128 ± 47	98 ± 26	78 ± 23*
ASMMI (kg/m <sup>2</sup> )	9.0 ± 0.8	9.3 ± 1.0	6.5 ± 0.5	6.6 ± 0.6	9.3 ± 0.6	9.4 ± 0.7	7.1 ± 0.5	7.2 ± 0.7
IMM total (kg/m <sup>2</sup> )	18.2 ± 1.3	19.0 ± 1.5*	14.3 ± 0.8	14.4 ± 1.0	19.7 ± 1.3	19.7 ± 0.8	15.2 ± 0.6	15.5 ± 0.9
Masse musculaire protéique (kg)	38.8 ± 6.0	40.0 ± 5.2	21.0 ± 4.1	20.4 ± 3.8	33.0 ± 8.5	33.7 ± 9.7	25.1 ± 3.3	24.1 ± 4.1

Les résultats sont exprimés en moyenne ± l'écart-type. IMC= indice de masse corporelle; MM=masse maigre; IMM = indice de masse maigre; ASMMI= indice de masse maigre appendiculaire.

\*P ≤0.05 SIGNIFICATIVEMENT DIFFÉRENT DES VALEURS PRÉ-TEST

\*\*P ≤0.01 SIGNIFICATIVEMENT DIFFÉRENT DES VALEURS PRÉ-TEST



**TABLEAU 5. EFFET D'UN PROGRAMME EN MUSCULATION ET D'UNE SUPPLÉMENTATION EN VITAMINES C ET E SUR LA MASSE MAIGRE**

CARACTÉRISTIQUES	GROUPE <i>PLACEBO</i>		GROUPE <i>ANTIOXYDANT</i>	
	HOMMES (N=8)	FEMMES (N=10)	HOMMES (N=5)	FEMMES (N=7)
Δ masse maigre bras (kg)	0.44 ± 0.60	-0.002 ± 0.25	0.53 ± 0.36	0.09 ± 0.17
Δ masse maigre tronc (kg)	0.13 ± 1.81	0.42 ± 0.79	1.32 ± 0.99	0.30 ± 0.44
Δ masse maigre jambes (kg)	-0.09 ± 0.49	0.30 ± 0.77	0.37 ± 0.57	0.17 ± 0.26
Δ masse maigre appendiculaire (kg)	0.35 ± 0.61	0.30 ± 0.94	0.90 ± 0.71	0.26 ± 0.28
Δ masse maigre totale (kg)	0.17 ± 0.18	0.62 ± 1.22	2.31 ± 1.07*	0.40 ± 0.58

SIGNIFICATIVEMENT DIFFÉRENT DU GROUPE *PLACEBO-HOMMES* ; P=0.04 (U Mann-Whitney test)

Un test-t indépendant du Student entre les hommes et les femmes permet de constater que la différence de gain de masse musculaire se situe principalement au niveau des bras. En effet, les hommes ont une augmentation relative de la masse maigre des bras de 7% contre 1% chez les femmes (p=0.019).

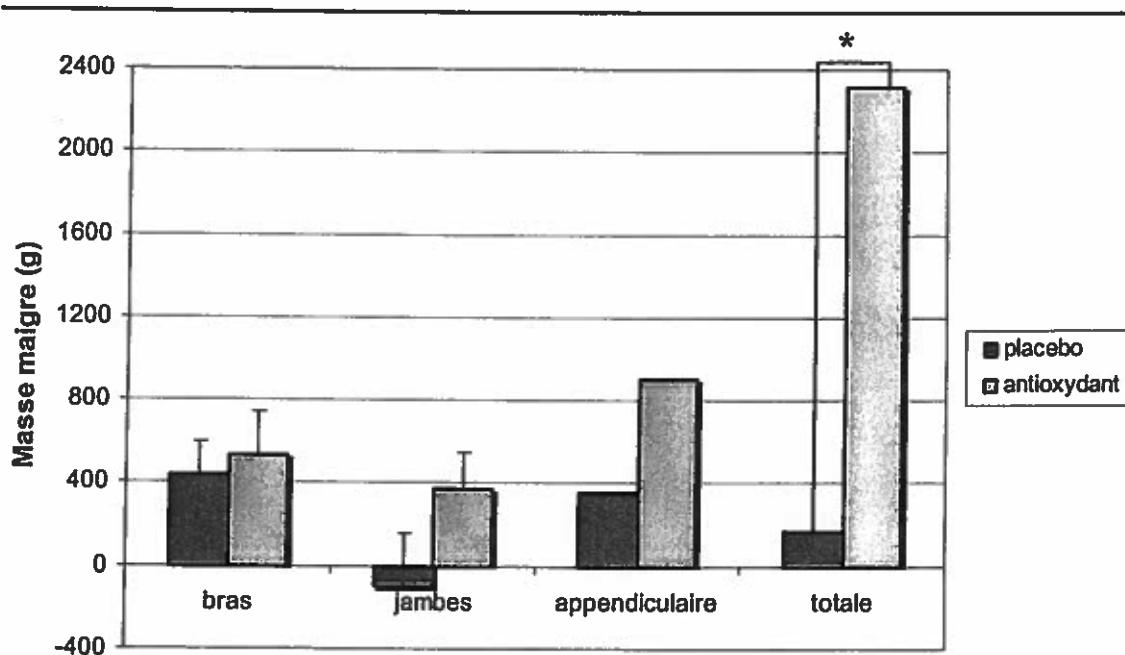


Figure 3. CHANGEMENT PRÉ-TEST À POST-TEST POUR LA MASSE MAIGRE CHEZ LES HOMMES. Bras = delta masse maigre des bras; Jambes = delta masse maigre des jambes; Appendiculaire = delta masse maigre appendiculaire; Totale = delta masse maigre totale. \* $P < 0.05$

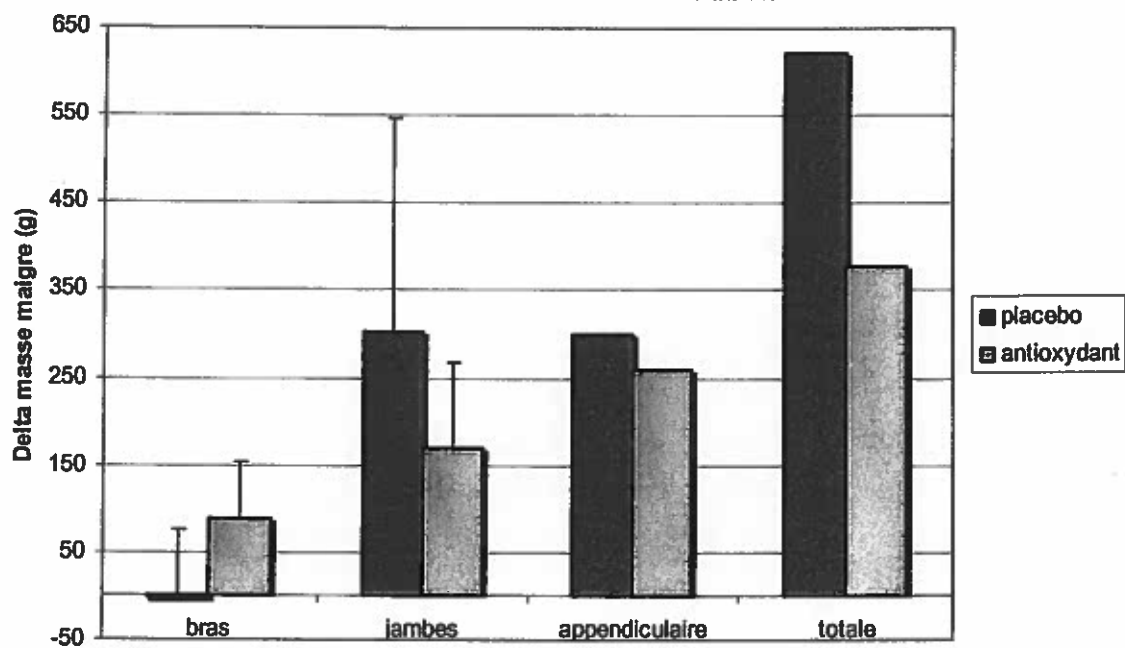


Figure 4. CHANGEMENT PRÉ-TEST À POST-TEST POUR LA MASSE MAIGRE CHEZ LES FEMMES. Bras = delta masse maigre des bras; Jambes = delta masse maigre des jambes; Appendiculaire = delta masse maigre appendiculaire; Totale = delta masse maigre totale. \* $P < 0.05$

## **4. DISCUSSION**

L'objectif principal de ce mémoire est de vérifier les effets d'un programme d'exercices en musculation combiné à une supplémentation en vitamine C et E sur la masse musculaire des personnes âgées. Cette étude a été développée dans le but de répondre à l'hypothèse que les personnes âgées soumises à un programme d'exercices en musculation combiné à un traitement d'antioxydants oraux présenteront une augmentation de leur masse musculaire significativement plus grande que les sujets sans supplémentation vitaminique. Bien que nous sachions que le stress oxydatif puisse intervenir dans le développement de la sarcopénie, à notre connaissance, il n'existe aucune étude qui s'est intéressée à l'effet de la combinaison d'une supplémentation vitaminique et d'un programme en musculation sur le gain de masse musculaire. Cette recherche a donc été réalisée dans le but de parfaire nos connaissances sur les interventions envisageables pour contrer la sarcopénie lors du vieillissement mais aussi pour nous informer, s'il y a lieu, sur les besoins vitaminiques en vitamines C et E chez la population âgée et active.

### **4.1 Effet d'un programme d'exercices en musculation sur la masse maigre**

Les résultats de cette étude confirment qu'un programme en musculation d'une durée de 6 mois à intensité élevée permet des gains significatifs de la masse maigre des bras, du tronc, la masse maigre totale, la masse maigre appendiculaire, l'ASMMI et l'IMM chez des hommes et des femmes âgés. Ces résultats supportent les études scientifiques menées auprès de la population âgée (Binder et al., 2005; Campbell et al., 1994; Treuth et al., 1994) et sous-tendent que les processus de gains de masse musculaire sont en partie conservés lors du vieillissement. En effet, une durée de 6 mois avec 3 séances de musculation à 80% du 1RM est suffisante pour permettre une augmentation significative de la masse maigre et ce, même pendant la période d'accélération de perte de masse musculaire (65 à 70 ans). Par contre, nous n'observons pas d'augmentation de la masse maigre des jambes. Ceci peut s'expliquer par le fait que les muscles des jambes sont ceux les plus sollicités quotidiennement. Rappelons que nos critères d'inclusion étaient entre autre, de ne pas avoir participé à un programme d'exercices en musculation depuis les 10

dernières années. Notre échantillon était constitué de gens qui ne participaient pas à un programme d'exercices en musculation avant l'étude mais qui étaient majoritairement actifs et en meilleure santé que la population âgée sédentaire. Ils pratiquaient la marche, le vélo ou d'autres activités qui sollicitaient la masse maigre des jambes. Il est donc plus difficile de percevoir une amélioration significative de la masse maigre des jambes si nos participants débutent l'étude avec une masse maigre relativement élevée. Toutefois, il est intéressant de noter que lorsque nous combinons la masse musculaire des bras et des jambes, nous avons une amélioration significative de la masse maigre appendiculaire. Ceci démontre bien que dans l'ensemble, notre programme d'exercices en musculation s'avère une stratégie efficace pour contrer la perte de masse musculaire chez les aînés.

#### **4.2 Effet de l'intervention et du traitement**

L'effet d'un apport élevé en antioxydants vitaminiques lors de l'exercice a été très étudié ces dernières années (Bloomer & Goldfarb, 2004; Clarkson & Thompson, 2000; Goldfarb et al., 2005; Sen, 2001). Récemment, les dommages oxydatifs induits par les radicaux libres oxygénés au niveau du muscle squelettique âgé ont été pointés en tant que facteur important contributif au développement de la sarcopénie (Fulle et al., 2004). Quoique nous n'ayons pu établir d'effet de traitement des antioxydants sur le gain de masse maigre, nous avons démontré que le groupe soumis au traitement de vitamines obtient une augmentation significative de la masse maigre alors que le groupe soumis au traitement placebo n'obtient aucun changement de masse maigre. Même si nous manquons de puissance statistique pour confirmer totalement un effet du traitement, nos résultats suggèrent fortement que le stress oxydatif produit lors d'exercices musculaires pourrait être un acteur important à considérer dans la prévention de la sarcopénie.

En résumé, nos résultats suggèrent que la supplémentation en vitamines C et E chez les personnes âgées pourrait limiter les dommages induits par la contraction musculaire. Nos résultats supportent l'hypothèse selon laquelle les vitamines C et E interviennent possiblement sur la réponse inflammatoire suite à une contraction musculaire et pourraient aussi jouer un rôle protecteur contre la protéolyse du muscle squelettique. Donc, c'est une stratégie efficace pour augmenter l'effet de l'exercice chez les

personnes âgées.

### 4.3 Différence entre les sexes

Nos analyses démontrent une influence du sexe sur le gain de masse maigre. En effet, le sexe module l'effet du programme d'exercices en musculation sur les changements de masse maigre. Un test-t indépendant de Student entre les hommes et les femmes permet de constater que les hommes ont une augmentation relative de la masse maigre des bras de 7% contre 1% chez les femmes ( $p=0.019$ ). Cette différence entre les hommes et les femmes âgés est connue dans la littérature (Bamman et al., 2003; Ryan et al., 2004). Plus particulièrement, Bamman *et al.* (2003) ont démontré qu'avec le même stimulus musculaire, l'hypertrophie relative de la fibre musculaire est 6 fois plus grande chez l'homme que chez la femme âgée suite à un programme d'exercices en musculation d'une durée de 6 mois. Bien que Bamman *et al.* aient mesuré l'hypertrophie de la fibre musculaire par biopsie, nos résultats vont dans le même sens pour la masse musculaire des bras seulement. De même, Tracy *et al.* (1999) et Ivey *et al.* (2000) ont déterminé le volume musculaire par résonance magnétique et les 2 groupes ont démontré un effet du sexe chez les sujets âgés avec une hypertrophie significativement supérieure chez les hommes par rapport aux femmes. Ainsi, il semble que les hommes démontrent des adaptations différentes aux femmes et répondent mieux à l'exercice musculaire.

De plus, il est bien connu que le déclin des hormones anaboliques, tels que la testostérone et les hormones androgènes jouent un rôle dans le processus de la perte de masse musculaire lors du vieillissement (Fulle et al., 2004). Ces hormones semblent être un facteur important dans le maintien de la masse musculaire et la force chez l'homme et non chez la femme (Baumgartner et al., 1999). Certaines études ont démontré que le muscle squelettique de l'homme âgé avait plus de dommages oxydatifs que celui de la femme âgée (Fano et al., 2001; Fulle et al., 2005). Cette différence avec les femmes dans les taux plasmatiques hormonaux, diffère aussi dans la réponse au stimulus anabolique. De plus, les hormones oestrogéniques contribueraient aux défenses antioxydantes des muscles des femmes (Lamberts et al., 1997). Ainsi, au cours d'une vie, les femmes sont protégées de par leurs niveaux d'oestrogènes plus élevés, atténués avec l'âge. Compte

tenu que le stress oxydatif pourrait jouer un rôle important dans le processus du vieillissement, ceci pourrait en partie expliquer que les hommes âgés ont une plus grande perte de masse musculaire que les femmes (Doherty, 2001). Il est possible de croire que les hommes répondent plus favorablement au même stimulus musculaire que les femmes et aussi, à la supplémentation en vitamines C et E.

Il est intéressant de noter qu'un programme d'exercices ayant pour but d'induire une augmentation de la masse musculaire a été conduit auprès de femmes âgées et démontre que seulement 2 séances par semaine seraient efficaces pour permettre une augmentation de la masse musculaire chez les femmes âgées (Hakkinen et al., 2001). Cette étude a également montré qu'avec une réduction de la fréquence hebdomadaire des séances d'exercices (2 fois au lieu de 3 fois), les femmes avaient une hypertrophie supérieure de la masse musculaire aux hommes. Il semblerait donc que les femmes âgées répondent mieux à un programme d'exercices en musculation d'une fréquence moindre à une intensité élevée (Lemmer et al., 2001). Ces données suggèrent que les femmes qui ont participé à notre étude auraient pu bénéficier davantage d'un programme d'exercices d'une fréquence de 2 fois par semaine afin de maximiser la récupération entre les séances d'exercices et ainsi, obtenir des gains significatifs de masse maigre.

D'autre part, malgré un faible nombre de participants de sexe masculin (n=13), nous pouvons affirmer que la supplémentation en vitamines permet un gain de masse maigre totale supérieur au groupe témoin. Les résultats de cette étude suggèrent que 6 mois d'exercices en musculation combiné à une supplémentation en vitamines C et E permettent d'induire une augmentation significativement plus grande de la masse maigre totale chez les hommes seulement. À notre connaissance, cette étude est la première à vérifier l'effet d'une supplémentation en vitamines C et E sur la masse maigre. De plus, après 6 mois d'exercices en musculation, nos analyses démontrent une amélioration de la masse maigre seulement pour le groupe *Antioxydant* et ce, pour la masse maigre des bras, du tronc, la masse maigre appendiculaire, l'IMM et l'ASMMI. Ces changements n'ont pas eu lieu dans le groupe placebo.

#### 4.4 Apports nutritionnels (ANRs)

Nos analyses alimentaires révèlent que l'apport en vitamine C est adéquat pour tous les groupes, par contre, celui en vitamine E est inférieur aux ANRs (6 mg v/s 15 mg). Il est probable que les sujets qui ont un apport inférieur aux recommandations en vitamines E bénéficient davantage d'une supplémentation d'autant plus que les recommandations actuelles représentent la quantité minimale requise pour éviter les symptômes liés aux déficiences alimentaires. Dans cette optique, le fait de mesurer la vitamine E plasmatique ou la production endogène d'enzymes antioxydants serait un atout important dans les recherches futures pour être en mesure de faire des recommandations cliniques sur les besoins vitaminiques chez les personnes âgées actives. Notre étude ne procure pas suffisamment d'informations pour se positionner face aux ANRs actuels mais des recommandations prudentes pour les personnes âgées seraient d'assurer une diète riche et variée en antioxydants. D'autres études sont nécessaires afin de mieux connaître les besoins en vitamine E nécessaires à la diminution du stress oxydatif lors de l'exercice. Il est important de noter que les aînés réduisent majoritairement leurs apports en lipides, soit dans le but de maintenir leur poids ou par perte d'appétit. Les aliments riches en vitamines E se retrouvent en grande partie dans les aliments à teneur calorique élevée tels que les huiles, le beurre, les noix, le germe de blé et le soja. D'un autre côté, les bienfaits de la vitamine E sont connus pour plusieurs conditions, telles que les maladies cardiovasculaires, et impose forcément que l'alimentation doive rencontrer les besoins minimums en cette vitamine.

L'apport protéique est un facteur important à considérer dans l'alimentation des aînés. À part l'exercice pour contrer la sarcopénie, la disponibilité adéquate des acides aminés est très importante pour faciliter la resynthèse des protéines musculaires. Il est démontré que la perte de masse maigre, associée au vieillissement, se situe au niveau des protéines du muscle squelettique (Proctor et al., 1998). Dans notre étude, les sujets consommaient  $1.4 \pm 0.4$  g/kg de poids, ce qui est au-delà des ANRs actuels, qui est de 0.8 g/kg de poids. Il est important d'assurer la disponibilité d'acides aminés pour maintenir une balance positive entre la synthèse et la dégradation des protéines. Une balance négative en azote sur une longue période de temps diminue le « turnover » protéique et accélère la perte de

masse musculaire (Castaneda et al., 1995; Marcell, 2003). Il a été démontré, chez les personnes âgées, que la consommation des ARNs pour l'apport protéique est insuffisante (Campbell et al., 2001). Bien que les sujets de notre étude comblent entièrement leurs besoins protéiques, Campbell *et al.* (Campbell et al., 1995) ont démontré qu'un apport protéique de 1.6g/kg de poids combiné à un programme d'exercice en musculation chez des personnes âgées permettait un gain de masse musculaire supérieur aux sujets consommant 0.8g/kg de poids de protéines. Il est possible que la consommation de 1.4g/kg de poids chez nos sujets soit insuffisante compte tenu qu'ils participent à un programme régulier d'exercices en musculation. Outre la quantité, la qualité de protéine, soit de source animale, semble jouer un rôle important dans le maintien de la masse maigre (Lord C et al., 2005; Volpi et al., 2003). Enfin, l'aspect nutritionnel de même que l'exercice sont deux stratégies efficaces et accessibles à la population âgée. La sensibilisation auprès de cette population est très importante afin de retarder ou prévenir la sarcopénie et ainsi, améliorer la qualité de vie des aînés.

#### 4.5 Forces et limites de l'étude

Notre étude comporte certaines limites. Premièrement, nous avons analysé un échantillon de sujets mixtes (hommes et femmes), ce qui a peut-être sous-estimé l'amplitude des changements de masse musculaire. En effet, nos résultats démontrent de grands écarts-types, probablement dû au fait que les hommes avaient des valeurs plus grandes de masse maigre que les femmes. Deuxièmement, notre échantillon est relativement petit considérant que 2 groupes (*Placebo* et *Antioxydant*) sont impliqués et limite notre puissance statistique pour l'ANOVA à mesures répétées. Des précautions doivent être prises quant à la généralisation de ces résultats à d'autres populations. Cependant, nous avons utilisé des analyses non-paramétriques pour palier à ce problème et nous avons obtenu une augmentation de la masse maigre significativement plus grande dans le groupe *Antioxydant-Hommes* comparativement au groupe *Placebo-Hommes* et ce, avec un faible nombre de sujets. Un plus grand nombre d'hommes aurait permis de mieux se positionner au sujet de ce résultat. Troisièmement, notre échantillon n'est pas exactement représentatif de la population générale des aînés. Il est toutefois important de se rappeler que notre objectif était de recruter des sujets suffisamment en bonne santé pour participer



au programme d'exercices mais aussi, pour nous aider à trouver des stratégies pour contrer la sarcopénie avant même son apparition. Quatrièmement, la durée du traitement, soit 6 mois, peut être trop courte pour permettre d'induire des changements au niveau musculaire. Non seulement il n'y a pas de consensus dans la littérature relativement à la durée d'exercices nécessaire pour obtenir des gains de masse musculaire chez les individus âgés, mais nous n'avons aucune information non plus sur la durée nécessaire de supplémentation en vitamines antioxydantes pour permettre de modifier suffisamment le statut oxydatif du muscle pour lui permettre d'atteindre son plein potentiel. D'autre part, nous n'avons pas mesuré le niveau plasmatique ni musculaire de stress oxydatif. Il est possible que certaines personnes bénéficient davantage d'une supplémentation en antioxydants pendant l'exercice contrairement à d'autres.

Enfin, la quantification de la masse musculaire squelettique appendiculaire à l'aide du DXA a démontré sa précision (Wang et al., 1996). Or, cette méthode assume que la contribution de la peau, du tissu conjonctif et du gras interstitiel à la masse musculaire squelettique est négligeable. La déshydratation fréquente chez les personnes âgées peut avoir eu un impact sur nos résultats quoi que nous ayons complété la méthode du DXA avec l'analyse de la créatinine. De plus, le même intervenant a effectué les mesures et les analyses pour tous les sujets ce qui implique que le risque de biais dus à la variabilité inter-juge est moindre. Le même entraîneur a aussi suivi étroitement les sujets pendant les séances d'exercices pour assurer l'assiduité et le bon fonctionnement de l'étude. Pour certains sujets qui ont eu des blessures mineures, des exercices spécifiques ont dû être ajustés à leur capacité afin de maintenir une charge maximale. Nous sommes donc confiants que la méthodologie utilisée et la rigueur dans les procédures assure que les résultats sont bien le fruit des interventions.

## 4.6 Conclusion

La sarcopénie lors du vieillissement peut mener à des incapacités fonctionnelles chez les personnes âgées. Actuellement, l'exercice en musculation est la seule stratégie accessible à tous qui permet efficacement d'améliorer la qualité de vie et de retarder l'apparition de la sarcopénie. Toutefois, l'exercice et le vieillissement contribuent à augmenter le stress oxydatif. L'objectif principal de la présente étude était de vérifier l'effet d'un programme d'exercices en musculation et d'une supplémentation en vitamine C et E sur la masse musculaire des personnes âgées de 60-75 ans en bonne santé. L'objectif secondaire était de mieux cibler les besoins en vitamines C et E chez la population âgée et active.

Les résultats obtenus confirment notre hypothèse chez les hommes en particulier. En effet, les hommes âgés soumis au traitement en antioxydant et à un programme d'exercices en musculation d'une durée de 6 mois ont eu un gain de masse maigre significatif mais pas les sujets témoins. Il semble que les femmes ne bénéficient pas de la même façon que les hommes d'une supplémentation en antioxydants pendant le programme d'exercices. Or, les connaissances acquises dans cette étude ont des retombées cliniques puisqu'elles nous indiquent un programme d'exercices efficace pour maximiser la masse maigre chez les sujets âgés. De plus, cette recherche nous informe sur l'importance de tenir compte des différences entre les sexes lors de l'applicabilité de ce programme d'exercices. Nos résultats suggèrent aussi que la production de radicaux libres lors d'un exercice musculaire est un facteur important qui peut limiter les bénéfices de l'exercice chez les personnes âgées. En effet, il est pertinent d'étudier l'impact du stress oxydatif sur la masse musculaire lors d'un exercice en musculation. Des recherches au niveau des mécanismes qui ont lieu dans le muscle squelettique sont nécessaires afin de mieux comprendre ce phénomène. Somme toute, la supplémentation en vitamine C et E combinée à l'exercice en musculation présente des pistes intéressantes de recherches dans l'étude de la prévention de la sarcopénie.

## 5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alessio, H. M. (1993). Exercise-induced oxidative stress. Med Sci Sports Exerc, 25(2), 218-24.
- Bamman, M. M., Hill, V. J., Adams, G. R., Haddad, F., Wetzstein, C. J., Gower, B. A., Ahmed, A., & Hunter, G. R. (2003). Gender differences in resistance-training-induced myofiber hypertrophy among older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 58(2), 108-16.
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., Garry, P. J., & Lindeman, R. D. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. Am J Epidemiol, 147(8), 755-63.
- Baumgartner, R. N., Waters, D. L., Gallagher, D., Morley, J. E., & Garry, P. J. (1999). Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women. Mech Ageing Dev, 107(2), 123-36.
- Bejma, J., & Ji, L. L. (1999). Aging and acute exercise enhance free radical generation in rat skeletal muscle. J Appl Physiol, 87(1), 465-70.
- Binder, E. F., Yarasheski, K. E., Steger-May, K., Sinacore, D. R., Brown, M., Schechtman, K. B., & Holloszy, J. O. (2005). Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized, controlled trial. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 60(11), 1425-31.
- Bjorneboe, A., Bjorneboe, G. E., & Drevon, C. A. (1990). Absorption, transport and distribution of vitamin E. J Nutr, 120(3), 233-42.
- Bloomer, R. J., & Goldfarb, A. H. (2004). Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. Can J Appl Physiol, 29(3), 245-63.
- Borst, S. E. (2004). Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. Age Ageing, 33(6), 548-55.
- Bosy-Westphal, A., Eichhorn, C., Kutzner, D., Illner, K., Heller, M., & Muller, M. J. (2003). The age-related decline in resting energy expenditure in humans is due to the loss of fat-free mass and to alterations in its metabolically active components. J Nutr, 133(7), 2356-62.
- Brubacher, D., Moser, U., & Jordan, P. (2000). Vitamin C concentrations in plasma as a function of intake: a meta-analysis. Int J Vitam Nutr Res, 70(5), 226-37.
- Campbell, W. W., Crim, M. C., Young, V. R., & Evans, W. J. (1994). Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. Am J Clin Nutr, 60(2), 167-75.
- Campbell, W. W., Crim, M. C., Young, V. R., Joseph, L. J., & Evans, W. J. (1995). Effects of resistance training and dietary protein intake on protein metabolism in older adults. Am J Physiol, 268(6 Pt 1), E1143-53.
- 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. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 56(6), M373-80.
- Carmeli, E., Coleman, R., & Reznick, A. Z. (2002). The biochemistry of aging muscle. Exp Gerontol, 37(4), 477-89.
- Castaneda, C., Dolnikowski, G. G., Dallal, G. E., Evans, W. J., & Crim, M. C. (1995). Protein turnover and energy metabolism of elderly women fed a low-protein diet. Am J Clin Nutr, 62(1), 40-8.

- Childs, A., Jacobs, C., Kaminski, T., Halliwell, B., & Leeuwenburgh, C. (2001). Supplementation with vitamin C and N-acetyl-cysteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise. Free Radic Biol Med, 31(6), 745-53.
- Clarkson, P. M., & Thompson, H. S. (2000). Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? Am J Clin Nutr, 72(2 Suppl), 637S-46S.
- Davies, K. J., Quintanilha, A. T., Brooks, G. A., & Packer, L. (1982). Free radicals and tissue damage produced by exercise. Biochem Biophys Res Commun, 107(4), 1198-205.
- Debier, C., & Larondelle, Y. (2005). Vitamins A and E: metabolism, roles and transfer to offspring. Br J Nutr, 93(2), 153-74.
- Dillard C. J., litov R. E., Savin W. M., Dumelin E. E., Tappel A. A. (1978). Effects of exercise, vitamin E and ozone on pulmonary function and lipid peroxydation. J Apply physiol, 45(6), 927-32.
- Dionne, I. J., Melancon, M. O., Brochu, M., Ades, P. A., & Poelhman, E. T. (2004). Age-related differences in metabolic adaptations following resistance training in women. Exp Gerontol, 39(1), 133-8.
- Dirks, A. J., & Leeuwenburgh, C. (2005). The role of apoptosis in age-related skeletal muscle atrophy. Sports Med, 35(6), 473-83.
- Doherty, T. J., Vandervoort, A. A., Taylor, A. W., & Brown, W. F. (1993). Effects of motor unit losses on strength in older men and women. J Appl Physiol, 74(2), 868-74.
- Doherty, T. J. (2003). Invited review: Aging and sarcopenia. J Appl Physiol, 95(4), 1717-27.
- Evans, W. (1997). Functional and metabolic consequences of sarcopenia. J Nutr, 127(5 Suppl), 998S-1003S.
- Evans, W. J., Meredith, C. N., Cannon, J. G., Dinarello, C. A., Frontera, W. R., Hughes, V. A., Jones, B. H., & Knuttgen, H. G. (1986). Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. J Appl Physiol, 61(5), 1864-8.
- Evans, W. J. (2004). Protein nutrition, exercise and aging. J Am Coll Nutr, 23(6 Suppl), 601S-609S.
- Fano, G., Mecocci, P., Vecchiet, J., Belia, S., Fulle, S., Polidori, M. C., Felzani, G., Senin, U., Vecchiet, L., & Beal, M. F. (2001). Age and sex influence on oxidative damage and functional status in human skeletal muscle. J Muscle Res Cell Motil, 22(4), 345-51.
- Ferrara, C. M., Goldberg, A. P., Ortmeier, H. K., & Ryan, A. S. (2006). Effects of aerobic and resistive exercise training on glucose disposal and skeletal muscle metabolism in older men. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 61(5), 480-7.
- Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., Roberts, S. B., Kehayias, J. J., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. N Engl J Med, 330(25), 1769-75.
- Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H. G., & Evans, W. J. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. J Appl Physiol, 64(3), 1038-44.
- Fulle, S., Protasi, F., Di Tano, G., Pietrangelo, T., Beltramin, A., Boncompagni, S., Vecchiet, L., & Fano, G. (2004). The contribution of reactive oxygen species to sarcopenia and muscle ageing. Exp Gerontol, 39(1), 17-24.

- Fulle, S., Belia, S., & Di Tano, G. (2005). Sarcopenia is more than a muscular deficit. Arch Ital Biol, 143(3-4), 229-34.
- Gallagher, D., Ruts, E., Visser, M., Heshka, S., Baumgartner, R. N., Wang, J., Pierson, R. N., Pi-Sunyer, F. X., & Heymsfield, S. B. (2000). Weight stability masks sarcopenia in elderly men and women. Am J Physiol Endocrinol Metab, 279(2), E366-75.
- Galvao, D. A., Newton, R. U., & Taaffe, D. R. (2005). Anabolic responses to resistance training in older men and women: a brief review. J Aging Phys Act, 13(3), 343-58.
- Gianni, P., Jan, K. J., Douglas, M. J., Stuart, P. M., & Tarnopolsky, M. A. (2004). Oxidative stress and the mitochondrial theory of aging in human skeletal muscle. Exp Gerontol, 39(9), 1391-400.
- Giuliani, A., & Cestaro, B. (1997). Exercise, free radical generation and vitamins. Eur J Cancer Prev, 6 Suppl 1, S55-67.
- Goldfarb, A. H., Bloomer, R. J., & McKenzie, M. J. (2005). Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. Med Sci Sports Exerc, 37(2), 234-9.
- Guthrie A Helen, P. M. F. (1995). Human Nutrition. (, Chap. ISBN 0-8151-4043-6, pp. 438-450). McGraw-Hill.
- Hakkinen, K., Kraemer, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (2001). Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. Acta Physiol Scand, 171(1), 51-62.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., Hakkinen, A., Valkeinen, H., & Alen, M. (2001). Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. J Appl Physiol, 91(2), 569-80.
- Harman, D. (1956). Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. J Gerontol, 11(3), 298-300.
- Harris, M. I. (1998). Diabetes in America: epidemiology and scope of the problem. Diabetes Care, 21 Suppl 3, C11-4.
- Hathcock, J. N., Azzi, A., Blumberg, J., Bray, T., Dickinson, A., Frei, B., Jialal, I., Johnston, C. S., Kelly, F. J., Kraemer, K., Packer, L., Parthasarathy, S., Sies, H., & Traber, M. G. (2005). Vitamins E and C are safe across a broad range of intakes. Am J Clin Nutr, 81(4), 736-45.
- Hawley, J. A. (2004). Exercise as a therapeutic intervention for the prevention and treatment of insulin resistance. Diabetes Metab Res Rev, 20(5), 383-93.
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004a). Effects of resistance training on older adults. Sports Med, 34(5), 329-48.
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004b). Effects of resistance training on older adults. Sports Med, 34(5), 329-48.
- Ivey, F. M., Roth, S. M., Ferrell, R. E., Tracy, B. L., Lemmer, J. T., Hurlbut, D. E., Martel, G. F., Siegel, E. L., Fozard, J. L., Jeffrey Metter, E., Fleg, J. L., & Hurley, B. F. (2000). Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 55(11), M641-8.
- Jackson M.J., Edwards R.H., Symons M.C. (1985). Electron spin resonance studies of intact mammalian skeletal muscle. Biochim Biophys Acta, 20;847(2), 185-90

- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. J Appl Physiol, *89*(1), 81-8.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., & Ross, R. (2002). Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. J Am Geriatr Soc, *50*(5), 889-96.
- Janssen, I., Shepard, D. S., Katzmarzyk, P. T., & Roubenoff, R. (2004). The healthcare costs of sarcopenia in the United States. J Am Geriatr Soc, *52*(1), 80-5.
- Janssen, I., Baumgartner, R. N., Ross, R., Rosenberg, I. H., & Roubenoff, R. (2004). Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. Am J Epidemiol, *159*(4), 413-21.
- Janssen, I. (2006). Influence of sarcopenia on the development of physical disability: the Cardiovascular Health Study. J Am Geriatr Soc, *54*(1), 56-62.
- Jessup, J. V., Horne, C., Yarandi, H., & Quindry, J. (2003). The effects of endurance exercise and vitamin E on oxidative stress in the elderly. Biol Res Nurs, *5*(1), 47-55.
- Ji, L. L. (2002). Exercise-induced modulation of antioxidant defense. Ann N Y Acad Sci, *959*, 82-92.
- Kamel, H. K. (2003). Sarcopenia and aging. Nutr Rev, *61*(5 Pt 1), 157-67.
- Karakelides, H., & Sreekumaran Nair, K. (2005). Sarcopenia of aging and its metabolic impact. Curr Top Dev Biol, *68*, 123-48.
- Katz, L. D., Glickman, M. G., Rapoport, S., Ferrannini, E., & DeFronzo, R. A. (1983). Splanchnic and peripheral disposal of oral glucose in man. Diabetes, *32*(7), 675-9.
- Khalil, A., Jay-Gerin, J. P., & Fulop, T. Jr. (1998). Age-related increased susceptibility of high-density lipoproteins (HDL) to in vitro oxidation induced by gamma-radiolysis of water. FEBS Lett, *435*(2-3), 153-8.
- Khalil, A. (2002). [Molecular mechanisms of the protective effect of vitamin e against atherosclerosis]. Can J Physiol Pharmacol, *80*(7), 662-9.
- 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. J Appl Physiol, *101*(2), 531-44.
- Kostka, T., Draï, J., Berthouze, S. E., Lacour, J. R., & Bonnefoy, M. (2000). Physical activity, aerobic capacity and selected markers of oxidative stress and the anti-oxidant defence system in healthy active elderly men. Clin Physiol, *20*(3), 185-90.
- Lamberts, S. W., van den Beld, A. W., & van der Lely, A. J. (1997). The endocrinology of aging. Science, *278*(5337), 419-24.
- Leborgne, L., Maziere, J. C., Maziere, C., & Andrejak, M. (2002). [Oxidative stress, atherogenesis and cardiovascular risk factors]. Arch Mal Coeur Vaiss, *95*(9), 805-14.
- Lemmer, J. T., Ivey, F. M., Ryan, A. S., Martel, G. F., Hurlbut, D. E., Metter, J. E., Fozard, J. L., Fleg, J. L., & Hurley, B. F. (2001). Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. Med Sci Sports Exerc, *33*(4), 532-41.
- Lenton, K. J., Therriault, H., Cantin, A. M., Fulop, T., Payette, H., & Wagner, J. R. (2000). Direct correlation of glutathione and ascorbate and their dependence on age and season in human

lymphocytes. Am J Clin Nutr, 71(5), 1194-200.

- Lord C, C. J. A.-L. M. L. M. I. D. (2005a). Animal and vegetal protein intake: association with muscle mass index. Journal of Nutrition, Health and Aging.
- Lord C, C. J. A.-L. M. L. M. I. D. (2005b). Animal and vegetal protein intake: association with muscle mass index. Journal of Nutrition, Health and Aging.
- Manfredi, T. G., Fielding, R. A., O'Reilly, K. P., Meredith, C. N., Lee, H. Y., & Evans, W. J. (1991). Plasma creatine kinase activity and exercise-induced muscle damage in older men. Med Sci Sports Exerc, 23(9), 1028-34.
- Manfredini, G., Ermini, M., Scopsi, L., Bonaguidi, F., & Ferrannini, E. (1985). Internal biliary diversion improves glucose tolerance in the rat. Am J Physiol, 249(4 Pt 1), G519-27.
- Marcell, T. J. (2003). Sarcopenia: causes, consequences, and preventions. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 58(10), M911-6.
- Mardones, P., & Rigotti, A. (2004). Cellular mechanisms of vitamin E uptake: relevance in alpha-tocopherol metabolism and potential implications for disease. J Nutr Biochem, 15(5), 252-60.
- McBride, J. M., Kraemer, W. J., Triplett-McBride, T., & Sebastianelli, W. (1998). Effect of resistance exercise on free radical production. Med Sci Sports Exerc, 30(1), 67-72.
- Melton, L. J. 3rd, Khosla, S., & Riggs, B. L. (2000). Epidemiology of sarcopenia. Mayo Clin Proc, 75 Suppl, S10-2; discussion S12-3.
- Meydani, M., Evans, W. J., Handelman, G., Biddle, L., Fielding, R. A., Meydani, S. N., Burrill, J., Fiatarone, M. A., Blumberg, J. B., & Cannon, J. G. (1993). Protective effect of vitamin E on exercise-induced oxidative damage in young and older adults. Am J Physiol, 264(5 Pt 2), R992-8.
- Meydani, M. (2001). Nutrition interventions in aging and age-associated disease. Ann N Y Acad Sci, 928, 226-35.
- Meydani, S. N., Meydani, M., Blumberg, J. B., Leka, L. S., Pedrosa, M., Diamond, R., & Schaefer, E. J. (1998). Assessment of the safety of supplementation with different amounts of vitamin E in healthy older adults. Am J Clin Nutr, 68(2), 311-8.
- Minister of public Works and Government Services of Canada. (2002).
- Morley, J. E., Baumgartner, R. N., Roubenoff, R., Mayer, J., & Nair, K. S. (2001). Sarcopenia. J Lab Clin Med, 137(4), 231-43.
- Nair, K. S. (2005). Aging muscle. Am J Clin Nutr, 81(5), 953-63.
- Narici, M. V., Reeves, N. D., Morse, C. I., & Maganaris, C. N. (2004). Muscular adaptations to resistance exercise in the elderly. J Musculoskelet Neuronal Interact, 4(2), 161-4.
- Parise, G., Brose, A. N., & Tarnopolsky, M. A. (2005). Resistance exercise training decreases oxidative damage to DNA and increases cytochrome oxidase activity in older adults. Exp Gerontol, 40(3), 173-80.
- Payette, H., Hanusaik, N., Boutier, V., Morais, J. A., & Gray-Donald, K. (1998). Muscle strength and functional mobility in relation to lean body mass in free-living frail elderly women. Eur J Clin Nutr, 52(1), 45-53.
- Proctor, D. N., Balagopal, P., & Nair, K. S. (1998). Age-related sarcopenia in humans is associated with

- reduced synthetic rates of specific muscle proteins. J Nutr, 128(2 Suppl), 351S-355S.
- Proctor, D. N., O'Brien, P. C., Atkinson, E. J., & Nair, K. S. (1999). Comparison of techniques to estimate total body skeletal muscle mass in people of different age groups. Am J Physiol, 277(3 Pt 1), E489-95.
- Quindry, J. C., Stone, W. L., King, J., & Broeder, C. E. (2003). The effects of acute exercise on neutrophils and plasma oxidative stress. Med Sci Sports Exerc, 35(7), 1139-45.
- Reid, M. B., Haack, K. E., Franchek, K. M., Valberg, P. A., Kobzik, L., & West, M. S. (1992). Reactive oxygen in skeletal muscle. I. Intracellular oxidant kinetics and fatigue in vitro. J Appl Physiol, 73(5), 1797-804.
- Reid, M. B., & Durham, W. J. (2002). Generation of reactive oxygen and nitrogen species in contracting skeletal muscle: potential impact on aging. Ann N Y Acad Sci, 959, 108-16.
- Roth, S. M., Zmuda, J. M., Cauley, J. A., Shea, P. R., & Ferrell, R. E. (2004). Vitamin D receptor genotype is associated with fat-free mass and sarcopenia in elderly men. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 59(1), 10-5.
- Roubenoff, R. (2000a). Sarcopenia and its implications for the elderly. Eur J Clin Nutr, 54 Suppl 3, S40-7.
- Roubenoff, R. (2000b). Sarcopenia and its implications for the elderly. Eur J Clin Nutr, 54 Suppl 3, S40-7.
- Roubenoff, R. (2003). Sarcopenia: effects on body composition and function. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 58(11), 1012-7.
- Rousseau, A. S., Margaritis, I., Arnaud, J., Faure, H., & Roussel, A. M. (2006). Physical activity alters antioxidant status in exercising elderly subjects. J Nutr Biochem, 17(7), 463-70.
- Ryan, A. S., Ivey, F. M., Hurlbut, D. E., Martel, G. F., Lemmer, J. T., Sorkin, J. D., Metter, E. J., Fleg, J. L., & Hurley, B. F. (2004). Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. Scand J Med Sci Sports, 14(1), 16-23.
- Sacheck, J. M., Milbury, P. E., Cannon, J. G., Roubenoff, R., & Blumberg, J. B. (2003). Effect of vitamin E and eccentric exercise on selected biomarkers of oxidative stress in young and elderly men. Free Radic Biol Med, 34(12), 1575-88.
- Santé Canada. (Apports nutritionnels de référence [Web Page]. URL [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt\\_formats/hpfb-dgpsa/pdf/nutrition/dri\\_tables\\_f.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/nutrition/dri_tables_f.pdf) [2006].
- Schroder, H., Navarro, E., Mora, J., Galiano, D., & Tramullas, A. (2001). Effects of alpha-tocopherol, beta-carotene and ascorbic acid on oxidative, hormonal and enzymatic exercise stress markers in habitual training activity of professional basketball players. Eur J Nutr, 40(4), 178-84.
- Seguin, R., & Nelson, M. E. (2003). The benefits of strength training for older adults. Am J Prev Med, 25 (3 Suppl 2), 141-9.
- Sen, C. K. (2001). Antioxidants in exercise nutrition. Sports Med, 31(13), 891-908.
- Sergi, G., Coin, A., Bussolotto, M., Beninca, P., Tomasi, G., Pisent, C., Peruzza, S., Inelmen, E. M., & Enzi, G. (2002). Influence of fat-free mass and functional status on resting energy expenditure in underweight elders. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 57(5), M302-7.
- Tesch, P. A. (1988). Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. Med Sci Sports Exerc, 20(5 Suppl), S132-4.



- Toth, M. J., Beckett, T., & Poehlman, E. T. (1999). Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues. Med Sci Sports Exerc, 31(11 Suppl), S590-6.
- Tracy, B. L., Ivey, F. M., Hurlbut, D., Martel, G. F., Lemmer, J. T., Siegel, E. L., Metter, E. J., Fozard, J. L., Fleg, J. L., & Hurley, B. F. (1999). Muscle quality. II. Effects Of strength training in 65- to 75-year-old men and women. J Appl Physiol, 86(1), 195-201.
- Treuth, M. S., Ryan, A. S., Pratley, R. E., Rubin, M. A., Miller, J. P., Nicklas, B. J., Sorkin, J., Harman, S. M., Goldberg, A. P., & Hurley, B. F. (1994). Effects of strength training on total and regional body composition in older men. J Appl Physiol, 77(2), 614-20.
- Urso, M. L., & Clarkson, P. M. (2003). Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. Toxicology, 189(1-2), 41-54.
- Vaquero, M. P. (2002). Magnesium and trace elements in the elderly: intake, status and recommendations. J Nutr Health Aging, 6(2), 147-53.
- Viitala, P. E., Newhouse, I. J., LaVoie, N., & Gottardo, C. (2004). The effects of antioxidant vitamin supplementation on resistance exercise induced lipid peroxidation in trained and untrained participants. Lipids Health Dis, 3, 14.
- Vollaard, N. B., Shearman, J. P., & Cooper, C. E. (2005). Exercise-induced oxidative stress : myths, realities and physiological relevance. Sports Med, 35(12), 1045-62.
- Volpi, E., Kobayashi, H., Sheffield-Moore, M., Mittendorfer, B., & Wolfe, R. R. (2003). Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. Am J Clin Nutr, 78(2), 250-8.
- Walrand, S., & Boirie, Y. (2005). Optimizing protein intake in aging. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 8(1), 89-94.
- Wang, Z. M., Visser, M., Ma, R., Baumgartner, R. N., Kotler, D., Gallagher, D., & Heymsfield, S. B. (1996). Skeletal muscle mass: evaluation of neutron activation and dual-energy X-ray absorptiometry methods. J Appl Physiol, 80(3), 824-31.
- Waters, D. L., Baumgartner, R. N., & Garry, P. J. (2000). Sarcopenia: current perspectives. J Nutr Health Aging, 4(3), 133-9.
- Wei, Y. H., Lu, C. Y., Lee, H. C., Pang, C. Y., & Ma, Y. S. (1998). Oxidative damage and mutation to mitochondrial DNA and age-dependent decline of mitochondrial respiratory function. Ann N Y Acad Sci, 854, 155-70.
- Welle, S., Thornton, C., Jozefowicz, R., & Statt, M. (1993). Myofibrillar protein synthesis in young and old men. Am J Physiol, 264(5 Pt 1), E693-8.
- Yamada, M., Suzuki, K., Kudo, S., Totsuka, M., Simoyama, T., Nakaji, S., & Sugawara, K. (2000). Effect of exhaustive exercise on human neutrophils in athletes. Luminescence, 15(1), 15-20.
- Zoico, E., Di Francesco, V., Guralnik, J. M., Mazzali, G., Bortolani, A., Guariento, S., Sergi, G., Bosello, O., & Zamboni, M. (2004). Physical disability and muscular strength in relation to obesity and different body composition indexes in a sample of healthy elderly women. Int J Obes Relat Metab Disord, 28(2), 234-41.

ANNEXE I

FICHE CONTACT DU PARTICIPANT

**FICHE CONTACT**

Nom :

DATE :

ID :

GROUPE : \_\_\_\_\_

Adresse :

Tél :

DDN :

(60-75 ans incl)

MD TRAITANT:

Pré-sélection

1) **absence de maladie métabolique (DB ou MCV, TA normale ou contrôlée – x 1an, Ø incapacité physique majeure)**

2) **Ø Rx influençant le métabolisme (HRT accepté)**

Médicaments prescrits :

Médicaments non-prescrits :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3) Non-fumeur

Buveur modéré

4) **Ne pas être impliqué dans un programme d'exercices vigoureux x 10 ans (3 séances par semaine d'une heure en musculaire)**

5) **IMC  $\leq$  30** Poids :

Taille :

6) **Poids stable ( $\pm$  2 kg) x 6 mois**

7) **Aucune ingestion d'antioxydants - vitamines A, C, E, sélénium (sinon arrêt 1 mois)**

## VISITE 1

ID : \_\_\_\_\_

DATE : \_\_\_\_\_

GROUPE : \_\_\_\_\_

Poids :

Taille :

Tt :

Journal alimentaire

Urine

DXA

## VISITE 2

DATE : \_\_\_\_\_

Poids :

Tt :

Journal alimentaire

Collecte urine

DXA

**Titre du projet :** L'interaction entre les antioxydants oraux et l'exercice en musculation pour prévenir la sarcopénie et la résistance à l'insuline.

**Responsables du projet :** Isabelle Dionne, PhD et Abdel Khalil, Ph.D

**Déclaration de responsabilité :**

Les chercheurs principaux ci-dessus désignés sont responsables du déroulement du présent projet de recherche et s'engagent à respecter les engagements qui y sont énoncés.

Signature d'un des responsables du projet : \_\_\_\_\_

**Objectif du projet :**

La sarcopénie est la perte de masse musculaire qui survient avec l'âge. La perte de masse musculaire est associée à divers problèmes de santé incluant la diminution de la sensibilité à l'insuline. Le but de la présente étude est de vérifier l'effet de la combinaison d'exercice en musculation et d'une supplémentation aux antioxydants oraux sur la masse musculaire et la sensibilité à l'insuline de personnes âgées.

**Nature de la participation :**

Les individus recrutés seront d'abord soumis à une visite préliminaire au centre de recherche sur le vieillissement afin d'évaluer leur admissibilité et obtenir leur consentement. Par la suite, tous les participants éligibles seront soumis à une session complète de tests métaboliques (valeurs de base; pré-intervention) qui se déroulera comme suit :

**Séquence de la session de tests métaboliques :**

- 07h00 Arrivée du sujet (*à jeun*), mesure du poids et de la taille, échantillon d'haleine;
- 07h15 Insertion des cathéters; Prise de sang (valeurs de base) et début du test intraveineux de tolérance au glucose;
- 07h45 Test de métabolisme du glucose (durée : 3hrs); Directives pour l'utilisation du journal alimentaire, de la collecte d'urinaire et la prise d'antioxydants oraux;
- 11h00 Repas léger;
- 11h20 Mesure de la composition corporelle (DXA);
- 11h45 Fin de la visite.

À la fin de cette séance, les participants seront aléatoirement assignés à un des 4 groupes :

Groupes (n/groupe = 20)	Intervention exercice	Intervention antioxydants oraux
Groupe TÉMOIN	<i>Aucune</i>	<i>Placebo</i>
Groupe EXERCICE	<i>Exercice<sup>1</sup></i>	<i>Placebo</i>
Groupe ANTI-OXYDANTS	<i>Aucune</i>	<i>Antioxydants<sup>2</sup></i>
Groupe EXERCICE ET ANTI-OXYDANTS	<i>Exercice<sup>1</sup></i>	<i>Antioxydants<sup>2</sup></i>

**<sup>1</sup>Programme d'exercice.** Le programme aura lieu au centre d'entraînement de l'Université de Sherbrooke à raison de 3 séances par semaine pendant 6 mois, sous la supervision d'un kinésologue (spécialiste de l'activité physique). Il s'agit d'un programme d'exercice en musculation (levées de charges) dont la durée de chacune des séances est d'environ une heure. En dehors du programme d'exercice, les participants seront invités à maintenir leur style de vie habituel (activités, diète, etc.).

**<sup>2</sup>Traitement d'antioxydants oraux.** Les antioxydants vitamines E (600 UI) et vitamine C (1000 mg) seront ingérés en une dose quotidienne unique. Les doses journalières (vit E: 600mg; vit C: 1000mg) sont suffisantes pour permettre de modifier le profil oxydatif de personnes actives. Toutefois, ces doses sont considérées comme sécuritaires et ne représentent donc pas un danger pour la personne âgée. Les suppléments seront remis au participant à chaque mois soit par le kinésologue (pour le groupe EXERCICE ET ANTI-OXYDANTS) ou par un agent de recherche qui pourra se déplacer au domicile du participant.

À la fin des 6 mois de traitement, les participants seront invités à une seconde séance de tests métaboliques, identique à la première (post-intervention). Les procédures utilisées à chacune des séances de tests métaboliques sont les suivantes :

#### Échantillon d'haleine

Lorsque le corps produit de l'énergie, il peut se former des corps cétoniques que l'on retrouve dans l'haleine. Des valeurs élevées de corps cétoniques, sont associés à une présence de diabète de type II. Nous voulons vérifier si la production de corps cétonique est en lien avec la masse musculaire.

Nous vous demanderons donc de souffler dans un petit tuyau relié à un sac qui se gonflera en se remplissant de l'air contenue dans vos poumons. Des mesures de corps cétoniques seront ensuite obtenues dans un échantillon de votre haleine.

#### Échantillons sanguins

Nous procéderons à une seule prise de sang de 36 ml faite au creux de votre avant-bras. Nous vous demanderons d'être à jeun depuis 12 heures pour cette prise de sang.

La prise de sang est sans danger, mais peut causer des inconforts minimes comme des douleurs et de petits bleus. Si vous acceptez de participer à cette étude, votre état de santé sera évalué par un médecin. Il est très important, pour l'étude, que nous connaissions tous vos problèmes médicaux, de même que tous les médicaments que vous avez pris durant les six (6) derniers mois (médicaments prescrits par votre médecin ou achetés sans prescription en pharmacie).

Pour nous assurer de votre bonne santé à partir du sang recueilli, nous ferons l'étude de votre taux de sucre (glycémie) et d'insuline dans le sang, de votre taux hormonal, de votre cholestérol. Nous ferons également des tests des fonctions rénale et hépatique et un test de coagulation. Finalement, des mesures de stress oxydatif seront aussi obtenues.

### **Composition corporelle**

**DXA.** La composition corporelle est la proportion de masse osseuse, masse grasse et masse maigre (qui comprend les muscles). La composition corporelle sera mesurée par la méthode d'ostéodensitométrie. Cette méthode est la même que celle utilisée pour mesurer la densité osseuse (ostéoporose). Il s'agit d'un rayon-x à double énergie qui détecte la différence de densité de chacun des tissus : os, muscles et organes, gras. Le participant s'allonge sur le dos sur une table conçue à cet effet et un lecteur de densité circule au-dessus du corps, de la tête aux pieds. La mesure totale prend environ 5 minutes. La dose de radiation émise est très faible (0.037 mrem) et se situe largement sous les normes annuelles de radiation permises. À titre de comparaison, deux radiographies dentaires équivalent à 20 mrem. Le test ne représente donc aucun risque déraisonnable pour le participant.

**Excrétion de créatinine.** Avec le vieillissement, des changements d'hydratation cellulaire induisent une marge d'erreur dans la mesure de DXA. Afin de contrer ce problème, nous mesurerons la masse musculaire protéique à l'aide de l'excrétion de créatinine urinaire. La créatinine est produite dans le muscle et est entièrement éliminée dans l'urine. La créatinine produite par les muscles à chaque jour est une bonne prédictrice de la masse musculaire. Pour ce faire, vous devrez recueillir vos urines pendant 3 jours dans des contenants que nous vous fournirons à cet effet puis la rapporter au centre de recherche. Cette méthode présente une certaine lourdeur pour le participant. Toutefois, des outils (petits contenants d'appoints, chapeau Napoléon pour les dames) permettront de vous faciliter la tâche.

**Journal alimentaire.** Pendant les 3 jours de collecte d'urine, vous devrez noter, dans un carnet fourni à cette fin, tous les aliments et les boissons consommées (description détaillée : quantité, nature, garniture, etc.). Ces informations seront compilées puis entrées dans un logiciel informatique qui nous permettra d'obtenir votre bilan alimentaire (apport énergétique, protéines, vitamines, minéraux, gras, etc.). Évidemment, cet exercice peut sembler lourd et demande une certaine discipline. Toutefois, des outils (cuillères à mesurer, photos, exemples) vous seront fournis pour vous faciliter la tâche.

### **Métabolisme de repos par calorimétrie indirecte**

Le métabolisme de repos est la dépense d'énergie minimale nécessaire aux fonctions vitales. La dépense énergétique étant grandement proportionnelle à la masse

musculaire, nous voulons vérifier l'hypothèse selon laquelle la perte de masse musculaire influence le métabolisme de repos. La mesure du métabolisme de repos se fait en position allongée, dans une chambre silencieuse, sombre et de température ambiante confortable. Un canopie (bulle transparente) est placé sur la tête du participant. Ce canopie est relié à un analyseur de gaz par un tuyau flexible qui recueille le CO<sup>2</sup> expiré et mesure l'oxygène consommé par le participant. La mesure dure 30 minutes. Cette mesure fournit des informations comme la dépense énergétique et la proportion des substrats brûlés (sucres, graisses) au repos. Cette méthode ne représente aucun danger pour le participant.

### **Métabolisme du glucose**

La sensibilité à l'insuline nous donne un indice de la capacité de votre corps à réguler le métabolisme du glucose. Par exemple, une mauvaise régulation du métabolisme du glucose pourrait mener au diabète. La sensibilité à l'insuline sera mesurée par un test intra-veineux de tolérance au glucose (IVGTT). Pour se faire, deux cathéters seront insérés dans l'avant-bras gauche. L'un d'eux servira à injecter du glucose et de l'insuline et l'autre, à recueillir du sang à plusieurs reprises pendant le test. Brièvement, après avoir collecté un échantillon sanguin de valeurs de base (8 ml), une dose intraveineuse de glucose sera administrée suivi d'une dose d'insuline 20 minutes plus tard. Des échantillons de sang (2 ml) seront prélevés aux temps suivants : -5, 2, 4, 8, 20, 22, 30, 40, 50, 70, 100, 180 minutes. Il est à noter que tout au long du test, vous devrez demeurer confortablement allongé ou à demi-allongé. Il vous sera permis de lire, écouter de la musique ou écouter la télévision. L'ensemble du test est réalisé par une infirmière d'expérience. Un(e) assistant(e) de recherche sera aussi présent(e) pour la première heure du test afin de s'occuper des échantillons sanguins et aider l'infirmière en cas de besoin. Chaque test est fait sous supervision médicale et il est entendu qu'une procédure d'urgence a été mise en place par le médecin et l'infirmière en cas de problème. À la fin du test, vous devrez rester en position allongée ou semi-allongée pour une période de 30 minutes pendant laquelle un repas vous sera offert tout en continuant à contrôler votre glycémie.

Même si dans les faits, la dose d'insuline administrée est minime, il est réaliste d'envisager que le principal problème pouvant survenir est une hypoglycémie (baisse du taux de sucre dans le sang). Afin de rendre la procédure plus sécuritaire, votre glycémie (taux de sucre dans le sang) sera vérifiée régulièrement. Advenant le rare cas où la glycémie chuterait sous des valeurs normales, une dose de glucose vous sera injectée à toutes les 4 minutes. Après la 3<sup>e</sup> dose, le médecin pourra être appelé à intervenir. Toutefois, ce genre de problème est très rare et lorsqu'il survient, l'intervention de l'infirmière suffit généralement à le régler.

### **Avantages pouvant découler de ma participation :**

Outre le fait de contribuer à faire avancer les connaissances sur l'effet de l'activité physique et des antioxydants sur le maintien de la masse musculaire reliée à l'âge, je recevrai des informations utiles sur ma santé suite à ma visite (tension artérielle, glycémie, densité osseuse, masse grasse, etc.). Selon le cas, je pourrais bénéficier d'un programme d'exercice physique supervisé offert dans le cadre de cette étude.

### **Inconvénients pouvant découler de ma participation :**

Un inconfort associé à l'insertion des cathéters et à l'apparition d'une contusion sont possibles. Ces inconvénients sont cependant mineurs et de courte durée. Je serai aussi soumis à une faible radiation lors du test de composition corporelle. Il est aussi possible de ressentir un certain état de frustration, de stress ou de fatigue suite aux mesures effectuées. Toutefois, ces états disparaissent généralement dans un délai de quelques heures.

### **Risques :**

Il est entendu que ma participation à ce projet de recherche ne me fait courir aucun risque déraisonnable sur le plan médical. Il est également entendu que ma participation n'aura aucun effet sur tout traitement auquel je serai éventuellement soumis.

### **Compensation financière :**

Un montant forfaitaire de 15\$ par visite sera offert au participant pour défrayer les coûts reliés au déplacement.

### **Retrait de ma participation :**

Il est entendu que ma participation au projet de recherche décrit ci-dessus est tout à fait volontaire et que je reste, à tout moment, libre de mettre fin à ma participation sans avoir à motiver ma décision, ni à subir de préjudice de quelque nature que ce soit.

### **Arrêt du projet par le chercheur :**

S'il advenait que le chercheur décide d'arrêter le projet ou de discontinuer ma participation, il est entendu qu'il m'en fera part dans les plus brefs délais et justifiera une telle démarche. À ce moment, les résultats obtenus jusqu'à ce jour me seront communiqués.

### **Autorisation de transmettre les résultats :**

J'autorise les personnes responsables du projet à transmettre les résultats de mon évaluation à mon médecin traitant si cela s'avérait pertinent, par exemple, dans le cas où l'évaluation permettait de suspecter une anomalie.

Oui

Non

### **Études ultérieures :**

Il se peut que les résultats obtenus dans le cadre de cette étude donnent lieu à une autre recherche. Dans cette éventualité, j'autorise les personnes responsables de ce projet à me contacter et à me demander si je suis intéressé (e) à participer à une nouvelle recherche.

Oui

Non



**Information :**

J'accepte que l'information recueillie puisse être utilisée pour fins de communication scientifique et professionnelle.

Oui

Non

**Confidentialité :**

Il est entendu que l'anonymat sera respecté à mon égard, que l'information contenue dans mon dossier demeurera confidentielle et que je ne serai identifié(e) dans aucune publication. Les données seront conservées sous clé au laboratoire de composition corporelle et métabolisme pendant une période de 10 ans.

**Personne à contacter :**

Vous pouvez rejoindre, tout au long de l'étude, Dr Isabelle Dionne au numéro 819-821-1170 \*2671 pour toute information supplémentaire ou tout problème relié au projet de recherche. Pour tout problème éthique concernant les conditions dans lesquelles se déroule votre participation à ce projet, vous pouvez, après avoir discuté avec la responsable du projet, expliquer vos préoccupations à la présidente du comité d'éthique de l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (829-7131).

**Déclaration du participant :**

Je déclare avoir eu suffisamment d'explications sur la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai lu et/ou compris les termes du présent formulaire de consentement et j'en ai reçu un exemplaire. Je reconnais avoir été informé(e) de façon suffisante sur la nature et le motif de ma participation au projet. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu, à ma satisfaction.

Signature du participant : \_\_\_\_\_

Signature du témoin : \_\_\_\_\_

**Déclaration du responsable de l'obtention:**

Je soussigné \_\_\_\_\_ certifie avoir expliqué au signataire intéressé les termes du présent formulaire, avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard et lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un terme à sa participation au projet décrit ci-dessus.

Signature du représentant : \_\_\_\_\_

Signature du témoin : \_\_\_\_\_

Signé à \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_.

## ANNEXE III


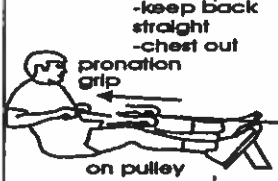
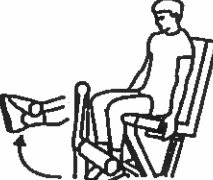
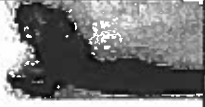
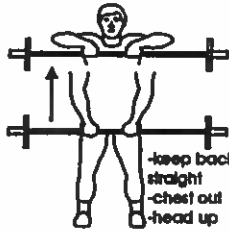

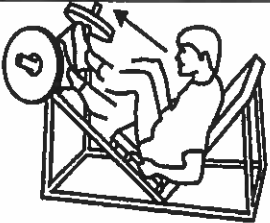

### PROGRAMME D'EXERCICES EN MUSCULATION

#### ÉVALUATION DU 1 RM :

1. 3-5 répétitions avec une charge très faible pour évaluer la technique.
2. L'entraîneur sélectionne un poids qui semble approprié pour faire 1 seule répétition.
3. Si la répétition n'est pas maximale on augmente la charge et on reprend la charge après 3-4 minutes de repos.
4. Refaire la procédure pour chaque groupe musculaire.

NOM : \_\_\_\_\_

MOIS :    1        2        3        4        5        6

EXERCICE	CHARGE	1 RM	EXERCICE	CHARGE	1 RM
 <p style="font-size: small;">Pronation</p>	1. 2. 3.		 <p style="font-size: small;">-keep back straight -chest out pronation grip on pulley</p>		
	1. 2. 3.			1. 2. 3.	
 <p style="font-size: small;">-keep back straight -chest out -head up</p>	1. 2. 3.		 <p style="font-size: small;">neutral grip</p>	1. 2. 3.	
	1. 2. 3.		 <p style="font-size: small;">semi-pronation</p>	1. 2. 3.	

#### **Progression du 1RM :**

	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6		Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
1.							5.						
2.							6.						
3.							7.						
4.							8.						

ANNEXE IV

Journal alimentaire  
Questionnaire à remplir par le participant

Isabelle J. Dionne, Ph.D.

## Voici certaines précisions qu'il ne faut pas oublier : \*\*Bien peser tous les aliments sans exception

- Jus ? vrai jus, boisson sucrée, en poudre, cocktail
- Pain ? blanc, de blé, aux céréales
- Garniture ? quantité de : beurre, beurre d'arachides, margarine, confiture, fromage
- Muffin ?  
Contenu : fruits, noix, chocolat, raisins secs,...
- Oeuf ? frit, à la coque, brouillé, poché
- % m.g. produits laitiers ? lait, fromage, yogourt, crème
- Sucre, crème ou sirop ajouté ? dans café, céréales, sur crêpes,...
- Gras ajouté pour cuisson ? quantité de beurre, margarine ou huile
- Barre de céréales? noix, arachides, guimauves, fruits, enrobage au chocolat,...  
Indiquez la marque et le poids pour la barre
- Soupe? maison, en conserve, en sachet et son contenu
- Salade?  
Composantes : quantité de légumes, fromage, croûtons, graines et noix,...
- Vinaigrette : a) type : crémeuse, italienne,... b) quantité : ml, c. à thé, c. à table, gramme
- Sandwich ?  
Pain : blanc, de blé, aux céréales

Condiments : quantité de mayonnaise, beurre, moutarde,...

### • Viande?

Cuisson : four, autocuiseur, poêle Téfalon, sur le gril,...

Type : ne pas oublier de préciser la partie de viande (côtes de bœuf, surlonge, filet mignon...)

Est-ce que vous l'avez pesée cuite ou crue ?

• Volaille? Avez-vous consommé la peau ?

### • Dessert?

Garniture : glaçage, crème, crème glacée, sirop, sauce, coulis,...

Tarte : une croûte ou 2?

### • Grignotines ?

Type : croustilles, Bretzels, craquelins salés,...

Quantité : en gramme

### • Bonbons?

### • Gruau?

Type : nature ou avec saveur ?

L'avez-vous pesé cuit ou sec ?

### • Fruits et légumes?

Avez-vous consommé la pelure ?

Est-ce cuit ou cru ?

### • Céréales?

Type : indiquez la marque de céréales et le nom

## Comment remplir ce questionnaire ?

1. Indiquer votre nom ainsi que la date sur chaque feuille lorsque vous la remplissez.
2. Inscrire tout aliment ou boisson ingéré pendant 3 jours.
3. Pour les portions, utilisez la balance diététique qui vous a été fournie ou bien mesurez les liquides avec une tasse à mesurer.

**4. IL EST IMPORTANT D'INSCRIRE LA QUANTITÉ POUR CHAQUE ALIMENTS INDIVIDUELLEMENT. Les unités en grammes sont suggérés car il permettent d'être plus précis .**

5. Cocher sur chaque feuille s'il s'agit d'un déjeuner, dîner, souper ou collation (*Lorsqu'il s'agit d'une collation, veuillez cocher l'endroit qui correspond au moment précis ou cette dernière a été prise, ex : (am), (pm) ou (soir)*).
6. Prendre une feuille distincte pour chaque repas ou collation.
7. Inscrire aussi tous vos médicaments ou suppléments alimentaires que vous prenez dans la journée.

**EXEMPLE :**

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_ : 2004-01-01

Déjeuner   
  Collation (am)   
  Dîner   
  Collation (pm)   
  Souper   
  Collation (soir)

Aliments	Marque / portion / % de gras / cuisson / frais ou conserve / pelé ou non...	Grammes ou ml
Bœuf haché maigre	Cuit dans la poêle	94 g cuit
Margarine	Bécel	1c. thé (5ml)
Haricots verts	Choix du Président, congelés	102 g
Pomme de terre	Avec pelure cuite su four micro-onde	180 g
Huile olive		10 ml
Brevages	Marque / diète ou non / avec sucres ajoutés ou sans sucre.....	
Eau		1 tasse (250ml)
Café	Instantané + 1c. table de lait 2% + 2 sucres	1 tasse
Thé		
Boissons gazeuses		
Boissons alcoolisées		
% alcool :		
<b>SUPPLÉMENTS OU MÉDICAMENTS :</b>	1 comprimé de carbocal D-400	

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

Déjeuner   
  Collation (am)   
  Dîner   
  Collation (pm)   
  Souper   
  Collation (soir)

	Marque / portion / % de gras / cuisson / frais ou conserve / pelé ou non...	Grammes / ml / tasse c. à thé...
Aliments		
Brevages	Marque / diète ou non / avec sucres ajoutés ou sans sucre.....	
Eau		
Café / thé		
Jus		
Boissons gazeuses		
Boissons alcoolisées % alcool :		
<b>SUPPLÉMENTS OU MÉDICAMENTS</b>		

## ANNEXE V

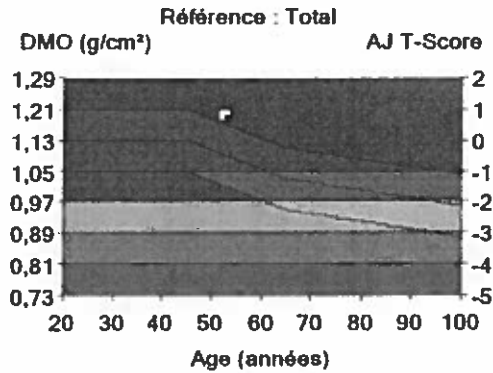
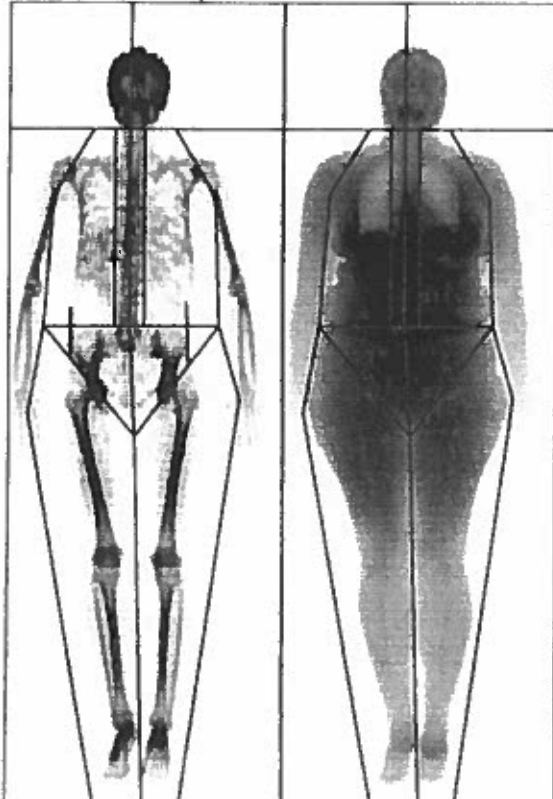
### MESURE DE COMPOSITION CORPORELLE (DXA)

## Laboratoire de composition corporelle et métabolisme

1036, rue Belvédère Sud  
Sherbrooke, QC J1H 4C4, (819) 829-7131 2623\*

<b>Patient :</b>			
<b>Date de naissance :</b>			
<b>Taille / Poids :</b>	64,0 po. (in.) 170,0 lbs (lbs.)	<b>Mesuré :</b>	2004-11-08 08:57:13 (6,70)
<b>Sexe / Ethnie :</b>	Femme Blanc	<b>Analysé :</b>	2004-11-08 08:59:34 (6,70)

Corps Entier Densité osseuse



Région	<sup>1</sup>	<sup>2</sup>	<sup>3</sup>
	DNO (g/cm <sup>3</sup> )	Adulte-Jeune T-Score	Age-Egal Z-Score
Tête	2,506	-	-
Bras	0,883	-	-
Jambes	1,236	-	-
Tronc	0,972	-	-
Côtes	0,721	-	-
Bassin	1,165	-	-
Rachis	1,194	-	-
<b>Total</b>	<b>1,189</b>	<b>0,8</b>	<b>1,3</b>

Commentaires :

Image non diagnostique  
Imprimé : 2004-11-08 11:23:02 (6,70) 76.0,15;153,85;31,2 0,00;-1,00  
4,80;13,00 12,2;%Gras=48,3%  
0,00;0,00 0,00;0,00  
Nom de fichier : lareah\_l6v56ab8k.dfb  
Mode de balayage : Standard

1 - Statistiquement, 68% des balayages répétés sont à  $\pm 1DS$  ( $\pm 0,010$  g/cm<sup>3</sup> pour Corps Entier Total)  
2 - EU, Corps Entier Population de Référence, Age 20-40 ans  
3 - Ajusté pour l'Age



# Laboratoire de composition corporelle et métabolisme

1036, rue Belvédère Sud

Sherbrooke, QC J1H 4C4, (819) 829-7131 2623\*

<b>Patient :</b>						
<b>Date de naissance :</b>						
<b>Taille / Poids :</b>	64,0 po. (in.)	170,0 lbs (lbs.)	<b>Mesuré :</b>	2004-11-08	08:57:13	(6,70)
<b>Sexe / Ethnie :</b>	Femme	Blanc	<b>Analysé :</b>	2004-11-08	08:59:34	(6,70)

## RÉSULTATS DÉRIVÉS [Corps Entier]

Région	<sup>1</sup> DMO (g/cm <sup>2</sup> )	<sup>2</sup> Adulte-Jeune (%) T-Score		<sup>3</sup> Age-Egal (%) Z-Score		DMO (g)	Area (cm <sup>2</sup> )
Tête	2,506	-	-	-	-	508	203
Bras	0,883	-	-	-	-	299	339
Jambes	1,236	-	-	-	-	1 145	927
Tronc	0,972	-	-	-	-	921	948
Côtes	0,721	-	-	-	-	310	429
Bassin	1,165	-	-	-	-	311	267
Rachis	1,194	-	-	-	-	300	252
Total	1,189	106	0,8	109	1,3	2 874	2 416

## COMPOSITION CORPORELLE

Région	Tissus (%Grasses)	Région (%Grasses)	Tissus (g)	Gras (g)	Maigre (g)	DMO (g)	Masses Totales (kg)
Bras Gauche	39,4	37,6	3 046	1 200	1 846	149	-
Jambe Gauche	50,8	48,8	13 942	7 078	6 864	551	-
Tronc Gauche	50,1	48,9	18 922	9 483	9 439	473	-
Gauche Entier	48,0	46,2	38 281	18 385	19 896	1 499	-
Bras Droit	39,7	37,7	2 888	1 145	1 743	151	-
Jambe Droite	50,7	48,7	14 417	7 315	7 102	594	-
Tronc Droit	50,1	48,8	16 835	8 439	8 397	447	-
Droit Entier	48,6	46,8	35 519	17 264	18 256	1 375	-
Bras	39,5	37,6	5 934	2 345	3 589	299	-
Jambes	50,8	48,8	28 359	14 393	13 966	1 145	-
Tronc	50,1	48,9	35 757	17 921	17 836	921	-
Total	48,3	46,5	73 800	35 649	38 151	2 874	76,7

1 - Statistiquement, 68% des balayages répétés sont à  $\pm 1DS$  ( $\pm 0,010$  g/cm<sup>2</sup> pour Corps Entier Total)

2 - EU, Corps Entier Population de Référence, Age 20-40 ans

3 - Ajusté pour l'Age

Nom de fichier: lareeh\_iv56abst.dfb

GE Medical Systems  
LUNAR

Prodigy  
DF+14564