

UNIVERSITE DE GENEVE

FACULTE DE MEDECINE

Section de médecine clinique
Département de médecine interne
Service d'endocrinologie,
Diabétologie et nutrition

Thèse préparée sous la direction du Dr Claude Pichard, PD

**EVOLUTION DE LA COMPOSITION CORPORELLE SUR TROIS
ANS DE SUJETS SAINS AGES DE PLUS DE 65 ANS**

Thèse

présentée à la Faculté de Médecine

de l'Université de Genève

pour obtenir le grade de Docteur en médecine

par **Anne-Sylvie Steiner**

de Herzogenbuchsee (BE)

Thèse No xx

Genève, 2004

REMERCIEMENTS

Mes chaleureux remerciements s'adressent à tous celles et ceux dont les compétences professionnelles, la disponibilité, l'ouverture et le sourire m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Dans l'Unité de Nutrition, il s'agit de :

Dr Claude Pichard, Privat-Docent, médecin responsable de l'Unité, qui m'a accueillie dans son service et donné l'occasion de participer à cette étude très gratifiante. Je le remercie pour ses encouragements, sa confiance et ses commentaires stimulants aux moments opportuns...

Dr Comasia Raguso, cheffe de clinique de l'Unité de Nutrition, sans laquelle les rudiments de la statistique m'auraient paru encore plus obscures. Je la remercie tout particulièrement pour son immense disponibilité, ses conseils, sa patiente relecture du mon travail... sans parler bien sûr de ses innombrables compétences professionnelles.

Merci à Ariane pour sa fantaisie sans borne, l'heure du café s'en est trouvé toujours agréablement pimenté, à Sophie pour son éternelle bonne humeur et ses nombreux sauvetages informatiques, à Catherine pour ses traductions patientes et les débats passionnés.

Merci encore à Yves, Gaëlle et Marina pour contribuer à la bonne entente de l'équipe, propice au travail fructueux.

Merci aux participants de l'étude qui m'ont dévoilé les ressources de cette période de la vie.

RESUME

Introduction : Les problèmes de santé liés au vieillissement de la population sont un souci grandissant pour notre société. La composition corporelle change au cours du vieillissement. On note en particulier un gain de masse grasse (MG) (provoquant une augmentation des risques cardiovasculaires) et une perte de masse musculaire. Ces deux éléments sont corrélés à des troubles de la mobilité et une limitation de l'indépendance. La connaissance des variations physiologiques de la composition corporelle est indispensable pour diagnostiquer les variations pathologiques requérant une intervention médicale. Cette étude mesure l'évolution de la composition corporelle sur 3 ans dans un collectif de sujets sains de plus de 65 ans et étudie l'impact de l'exercice physique sur cette évolution.

Méthodes : les masses grasse (MG) et non-grasse (MNG) ont été évaluées par absorptiométrie biphotonique à rayons X, bioimpédance électrique et comptage du potassium corporel total à deux reprises à 3 ans d'intervalle chez des sujets sains de plus de 65 ans. L'influence de l'âge et de l'exercice physique (quantifié par un questionnaire validé) sur l'amplitude de ces changements a été étudiée. Les résultats ont été comparés statistiquement par des tests de Student pairés et non-pairés .

Résultats : Avant 75 ans, les femmes prennent du poids, sous forme de MG. Après 75 ans, elles perdent de la MNG. L'exercice physique empêche le gain de MG avant 75 ans. Chez les hommes, la composition corporelle est stable avant 75 ans. Après 75 ans, ils perdent de la MNG s'ils sont sédentaires. Les sujets actifs gagnent de la MG de manière inattendue. La perte de potassium dépasse celle de MNG.

Conclusion : Dans la population étudiée, les variations de la composition corporelle apparaissent tardivement. L'activité physique limite la perte de MNG chez les hommes > 75 ans et le gain de MG chez les femmes de < 75 ans.

Mots-clés : sujets sains âgés, bioimpédance électrique, BIA, absorbtométrie biphotonique à rayons X, DEXA, potassium corporel total, exercice physique, masse grasse, masse non grasse

Abstract : le suivi longitudinal sur 3 ans d'une population de patients sains âgés de plus de 65 ans a permis de mettre en évidence une perte de masse non grasse et un gain de masse grasse grâce à trois méthodes de mesure indépendantes : bioimpédance électrique, absorbtométrie biphotonique à rayons X et comptage de potassium corporel total. L'exercice physique a été mesuré et quantifié grâce à un questionnaire validé dans la population genevoise.

L'exercice physique limite le gain de masse grasse chez les femmes avant 75 ans et permet, chez les hommes, de diminuer la perte de masse non grasse après 75 ans. Globalement, dans cette population de sujets en bonne santé, les modifications de la composition corporelle surviennent tardivement.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	8
1.1 Composition corporelle, définition	9
1.1.1. Masse non grasse	9
1.1.2. Masse grasse	9
1.2. Variations de la composition corporelle	10
1.2.1. Âge	10
1.2.2. Sexe	11
1.2.3. Race	12
1.3. Composition corporelle et sénescence	13
1.3.1. Sarcopénie	13
1.3.1.a. Définition	13
1.3.1.b. Epidémiologie	14
1.3.1.c. Sarcopénie et diminution des apports énergétiques	14
1.3.1.d. Sarcopénie et stimuli anabolisants	15
1.3.1.e. Sarcopénie et stimuli cataboliques	16
1.3.1.f. Conséquences de la sarcopénie	17
1.3.2. Adiposité	18
1.3.3. Ostéoporose	18
1.3.4. En résumé	19
1.4. Sénescence et options thérapeutiques	19
1.4.1. Exercice physique	19

1.4.2. Alimentation	21
1.4.3. Hormones	21
2. MESURES DE LA COMPOSITION CORPORELLE	23
2.1. Anthropométrie	23
2.2. Bioimpédance électrique	24
2.3. Absorptiométrie biphotonique à rayons X	25
2.4. Mesure du potassium corporel total	26
3. PRESENTATION ET BUTS DE L'ETUDE	28
4. MATERIEL ET METHODE	30
4.1. Population	30
4.2. Mesure de la composition corporelle	31
4.2.1. Anthropométrie	31
4.2.2.a Mesures par BIA	32
4.2.2.b Mesures par DEXA	33
4.3. Définition de l'activité physique	33
4.4. Analyse statistique	35
5. RESULTATS	36
5.1. Données démographiques	36
5.2. Valeurs anthropométriques	37
5.3. Evolution de la composition corporelle selon la DEXA	38
5.4. Variation du contenu corporel total en potassium	43
5.5. Comparaison des résultats de DEXA et de BIA	45
5.6. Analyse du sous-groupe des malades	46

6. DISCUSSION	47
6.1. Age	47
6.2. Activité physique	49
6.3. Evolution du potassium corporel total	52
6.4. Comparaison des résultats obtenus par DEXA et par BIA	54
6.5. Influence de la maladie	54
7. CONCLUSION	56
8. REFERENCES	57

1. INTRODUCTION

Les études sur la composition corporelle ont mis en évidence des associations entre la masse grasse (MG) et les risques cardiovasculaires, entre la masse non grasse (MNG) et la fonction musculaire et permis d'étudier le phénomène de l'ostéoporose. Elles contribuent à améliorer la compréhension des phénomènes pouvant influencer les variations et l'évolution de la composition corporelle au cours de la vie et ses conséquences sur l'organisme. Le vieillissement a été identifié comme un facteur essentiel de cette évolution. Sachant que l'âge moyen de la population générale s'accroît inexorablement (actuellement, 13,7 % de la population dans les pays dits industrialisés est âgée de plus de 65 ans, en 2025, cette proportion atteindra 20,2 % (1)), il deviendra toujours plus important de pouvoir diagnostiquer et comprendre les raisons de ces changements pour tenter de les contrôler mieux. Cette étude évalue l'évolution physiologique (en absence de maladie) de la composition corporelle avec l'âge, dans une population de sujets en bonne santé âgés de plus de 65 ans et d'apprécier l'influence de l'activité physique sur cette évolution.

Cette recherche clinique prospective est basée sur un modèle théorique qui divise l'organisme en deux compartiments, la MNG (muscles et os) et la MG, afin de préciser la nature de la composition corporelle plus aisément. La première partie du travail sera consacrée aux définitions des notions élémentaires requises pour l'étude de la composition corporelle et à une revue de littérature sur les théories expliquant les modifications de la MG et de la MNG avec la sénescence. Nous avons mesuré deux fois la composition corporelle à trois ans d'intervalle (T0 et T1) afin de quantifier et qualifier son évolution au cours du temps. Trois méthodes (bioimpédance électrique, absorbtion à rayons X, absorbtion biphotonique à rayons X,

comptage du potassium corporel total) ont été utilisées et seront détaillées au chapitre 2, leur utilité en recherche et en clinique sera évoquée. Finalement nous discuterons les résultats et tenterons de formuler quelques recommandations à l'usage des sujets.

1.1. Composition corporelle

Depuis le début du XX^{ème} siècle, de multiples études ont cherché à diviser l'organisme en plusieurs compartiments afin d'en préciser la composition. Actuellement, le modèle le plus utilisé distingue deux compartiments : la MNG et la MG.

1.1.1. Masse non grasse

La masse non grasse (MNG) est l'ensemble des tissus non gras comprenant les muscles, les viscères, les os, les réserves énergétiques non grasses (glycogène) ainsi que l'eau corporelle (73 % du poids total). Elle contient les réserves protéiques, minérales et vitaminiques de l'organisme. Elle comprend environ 3 % de matière grasse située dans le système nerveux central et les organes internes (2). Elle constitue la partie métaboliquement la plus active des tissus, responsable de la majorité des dépenses énergétiques de l'organisme et donc du métabolisme basal (2, 3).

1.1.2. Masse grasse

On peut séparer la masse grasse (MG) en deux catégories :

La graisse essentielle, indispensable au fonctionnement physiologique de l'organisme, située dans la moelle osseuse, le cœur, les poumons, les viscères et le système nerveux central. A cela s'ajoutent les dépôts lipidiques spécifiques au sexe, tels les seins ou les

cuisses chez les femmes. Leur présence est indispensable au fonctionnement physiologique de l'organisme et leur absence est liée à un état pathologique. A priori, il ne s'agit pas d'une source énergétique.

La graisse de dépôt s'accumule principalement sous forme de dépôt sous-cutané où elle assure une fonction isolante ainsi qu'autour des organes internes où elle joue un rôle non négligeable de protection en cas de traumatisme. Elle constitue la réserve énergétique essentielle de l'organisme.

1.2. Variations de la composition corporelle

1.2.1. Age

Le poids corporel augmente, dans les deux sexes, jusque vers l'âge de 55-64 ans, diminue lentement vers l'âge de 65-70 puis plus rapidement (4).

Les études concordent pour décrire une perte de MNG et un gain de MG avec l'âge, indépendamment de l'état de santé (5-12).

La MNG est maximale entre 35 et 44 ans chez les hommes et entre 45 et 55 ans chez les femmes (8). Elle reste ensuite constante jusque vers 60 ans (13). Puis, on note une perte de la masse musculaire, particulièrement aux dépens de la masse appendiculaire (6, 14) avec une accélération du processus aussi bien chez les hommes que chez les femmes après l'âge de 60 ans, d'environ 1,7 respectivement 1,1 kg/decade (6).

La perte d'eau corporelle suit une courbe similaire, on note donc une diminution de l'eau corporelle en pourcent du poids qui survient antérieurement à la perte de masse musculaire (4).

La MG augmente vers l'âge de 15 ans. Une discrète diminution se dessine chez les femmes à partir de 75 ans alors qu'elle reste stable chez les hommes (6).

Ces données ont été extraites d'analyse d'études transversales de populations en bonne santé. Nous discuterons plus bas des limitations que cela comporte.

1.2.2. Sexe

L'homme est, en moyenne, plus grand que la femme. Même après ajustement pour sa taille, il est plus lourd. Cette différence, d'origine multifactorielle (hormone, activité physique plus importante) est à mettre sur le compte d'une MNG (musculaire et osseuse) plus importante (2).

La MNG de l'homme est en moyenne de 36-38 % plus élevée que chez la femme. Cette différence reste quasi constante tout au long de la vie (8).

La MG est plus importante chez la femme (+38 %) et cette différence s'accroît avec l'âge, bien que l'homme gagne également de la MG avec le temps (8). Ces différences ont été mises sur le compte de facteurs hormonaux (plus d'hormones anabolisantes) et comportementaux, les hommes pratiquant en moyenne davantage d'activité physique de moyenne à haute intensité. La répartition de la MG est également déterminée par le sexe. Les femmes localisent leurs réserves en particulier au niveau des cuisses, alors que les hommes constituent leurs réserves au niveau de l'abdomen. Ces différentes distributions sont qualifiées de gynoïde et androïde, respectivement.

1.2.3. Race

En moyenne, les individus de race noire ont une MNG plus abondante que ceux de race blanche. Leur masse osseuse et musculaire est plus importante (15). Ces différences

pourraient être dues à une sécrétion d'hormones anabolisantes (hormone de croissance, 17-bêta-estradiol) plus importante (16), à une densité protéique intramusculaire plus grande (17). La MG est davantage située au niveau du tronc et du dos, ce qui peut induire des erreurs dans l'estimation de la MG par des moyens comme la bioimpédance électrique, qui mesure en particulier la composition des membres (18).

Toutes les populations asiatiques étudiées présentent, pour un même indice de masse corporelle (kg/m^2), un pourcentage de MG plus élevé (18, 19). Les différences d'ossature, de stature et de proportion entre jambes et tronc sont à la base de ces variations.

Il en découle l'obligation d'adapter les normes de la composition corporelle au groupe ethnique examiné. L'impact sur la morbidité et la mortalité liées à un état nutritionnel donné ne peut être défini que pour une population dont on connaît les valeurs de références.

1.3. Composition corporelle et sénescence

Le vieillissement se traduit globalement par une prise de poids jusque vers l'âge de 60 ans suivi par une diminution plus ou moins rapide de la masse totale. La MG suit les courbes du poids, alors que la MNG subit une diminution continue (4).

Ces modifications, bien qu'en partie physiologique, se traduisent par une perte de fonction, et influencent de manière considérable la qualité de vie du patient et de son entourage. Les causes de ces changements sont nombreuses et encore partiellement inconnues, nous en examinerons quelques-unes ci-dessous.

1.3.1. Sarcopénie

1.3.1.a. Définition

La diminution de la masse musculaire, la perte de force et d'endurance liées à l'âge sont des processus physiologiques connus sous le nom de sarcopénie (20).

Il faut distinguer ce processus de la cachexie, une situation induite par un état hypermétabolique et hypercatabolique pathologique et qui est accompagnée d'une perte involontaire de la masse cellulaire totale ou de MNG (21).

La sarcopénie semble significativement associée à une perte de mobilité aussi bien chez les hommes que chez les femmes, indépendamment de l'âge, des co-morbidités, et des facteurs psycho-sociaux, l'association étant d'autant plus forte qu'il existe une obésité concomitante (12).

1.3.1.b. Épidémiologie

Puisque physiologique, la sarcopénie est un phénomène fréquent et sa prévalence augmente avec l'âge passant de 13-24 % chez les moins de 70 ans à plus de 50 % chez les plus de 80 ans (12).

1.3.1.c. Sarcopénie et diminution des apports énergétiques

Anorexie : L'anorexie liée à l'âge est bien documentée (22, 23) et multifactorielle. Le seuil de satiété, dû à un défaut de relaxation gastrique par manque d'oxyde nitrique (NO), est abaissé (24). Une sensibilité accrue à la cholécystokinine, hormone responsable de la satiété, est discutée (25, 26). La sécrétion de testostérone, hormone anabolisante et orexigène diminue avec l'âge, ce qui pourrait contribuer également à la réduction de la prise alimentaire. La diminution des œstrogènes, anorexigènes, à la ménopause, pourrait expliquer une diminution plus restreinte de la prise alimentaire chez les femmes par rapport aux hommes (23). Le rôle des leptines est débattu. Il semble cependant que la concentration de leptine diminue plus lentement que la MG, retardant ainsi les signaux provoquant la prise alimentaire (23).

Les personnes âgées présentent des modifications du goût. Le seuil de perception des différents éléments augmente avec l'âge, le salé étant moins bien perçu que l'amer que l'acide, que les acides aminés, que les sucres. L'odorat, qui contribue à l'attractivité des aliments, est également réduit (23). Des altérations des mécanismes de régulation de la prise alimentaire empêchent une compensation adéquate lors de changement temporaire de régime. Ainsi, les sujets âgés qui perdent du poids lors d'un apport calorique réduit ne parviennent pas à normaliser leur poids après le régime car, contrairement aux sujets plus jeunes, ils n'augmentent pas leur consommation d'énergie (22).

Des pathologies de l'appareil dentaire, des troubles cognitifs peuvent limiter une prise alimentaire autonome et adéquate. Des facteurs non physiologiques, tels que la dépression, la solitude, les contraintes économiques ainsi que certains médicaments contribuent également à une diminution non physiologique des prises alimentaires (27).

Diminution de la vascularisation musculaire : la diminution de l'apport calorique peut être accentuée par une diminution de la distribution des éléments énergétiques, par exemple, en cas d'athérosclérose généralisée et/ou une diminution du débit cardiaque, qui empêchent une bonne irrigation du muscle (28).

Ces apports énergéticoprotéiques insuffisants mènent à une balance azotée négative. Afin de mettre à disposition de l'organisme les éléments essentiels aux fonctions vitales (enzymes, anticorps,...) et de diminuer ses dépenses énergétiques, le corps favorise un état catabolique avec en particulier une myolyse (28) provoquant ainsi une réduction de la masse musculaire.

1.3.1.d. Sarcopénie et diminution des facteurs anabolisants

Système nerveux : la stimulation nerveuse joue un rôle anabolisant majeur pour le maintien de la masse musculaire. Une perte d'influx nerveux, lors d'alitement prolongé, d'une simple réduction de l'activité physique ou de paralysie, par exemple, s'accompagne d'une atrophie musculaire. La sénescence s'accompagne également d'une dégénérescence du système nerveux. Au niveau du système moteur, elle se traduit, dans la deuxième moitié de la vie, par une diminution des motoneurones spinaux et des unités motrices qu'ils innervent, et, par conséquent, d'une atrophie (29, 30).

Il s'agit souvent d'un véritable cercle vicieux puisque la diminution de l'exercice physique produit une fonte musculaire engendrant elle-même une péjoration de la mobilité (31).

Hormones : la sénescence s'accompagne d'une diminution de la sécrétion et de l'action de plusieurs hormones de type anabolisant. Ainsi, les œstrogènes, mais surtout la testostérone, qui favorisent le développement de la masse musculaire et de la masse osseuse et réduisent la MG, diminuent (32, 33). Une diminution de la sécrétion de l'hormone de croissance (GH) contribue à la perte de masse musculaire et à la perte de son effet lipolytique, provoquant ainsi un gain de MG, en particulier au niveau abdominal. Ces effets seraient accentués par une augmentation du taux de glucocorticoïde liée au vieillissement (34). L'insuline est l'un des facteurs le plus important pour la synthèse et le métabolisme des protéines et des acides gras. L'absence d'insuline en cas de diabète de type 1 ou une résistance à l'insuline, en cas de diabète de type 2 ou en situation de stress métabolique (infection), se traduit également par une fonte musculaire sévère et une diminution importantes des stocks de graisse (35).

1.3.1.e. Les stimuli cataboliques

Toute maladie chronique ou aiguë, tout état inflammatoire, tout trauma accompagné de lésions tissulaires et d'un état de stress s'accompagnent de besoins métaboliques augmentés. Aussitôt que les réserves en glycogènes sont épuisées, soit après quelques heures de stress, le corps puise dans son propre réservoir protéique, le muscle, pour subvenir à ses besoins énergétiques de base et surtout synthétiser les anti-corps et autres molécules indispensables à la cicatrisation des tissus endommagés. L'organisme entre dans un état catabolique. Le recrutement de ces réserves se fait par l'intermédiaire de cytokines pro-inflammatoires (TNF alpha, Interleukine-1 et 6 (26, 36) qui, en plus d'être anorexigènes et de diminuer la synthèse d'albumine, induisent une myolyse et une lipolyse (27). Ces

phénomènes expliquent en partie l'état de dénutrition très fréquent (20-40% des sujets) observé chez les patients dès leur admission à l'hôpital (37 , 38, 39).

Des évidences s'accumulent pour dire que le vieillissement, même physiologique, s'accompagne d'une stimulation du système inflammatoire, avec, en particulier, une production d'interleukine 6 (IL-6) augmentée. Cette molécule augmente le catabolisme et favorise le développement d'une résistance à l'insuline. Elle pourrait, même être considérée comme un facteur prédictif de la sarcopénie (tout comme d'ailleurs de l'insuffisance cardiaque et de la mortalité) (40).

1.3.1.f. Conséquences de la sarcopénie

Au niveau histologique et moléculaire : L'ensemble de ces éléments mènent à des changements au niveau histologique et moléculaire. On note une diminution progressive de la quantité de fibres musculaires dès l'âge de 20 ans qui touche jusqu'à 50 % de la masse musculaire totale chez les personnes âgées. Elle touche particulièrement les fibres de type II, glycolytique (41).

Une diminution sélective de la synthèse des chaînes lourdes de myosine, maillon central de la contraction musculaire pourrait expliquer en partie ce phénomène (42).

Une altération de la fonction et du nombre des mitochondries productrices d'ATP contribue à la diminution de l'endurance, à l'augmentation de la fatigabilité, voire à une partie de la perte de force (28).

Au niveau fonctionnel : La sarcopénie diminue la force (43), est une entrave à la mobilité et augmente la dépendance (12, 44, 45). Il existe une relation directe entre masse musculaire, mobilité et force (31, 46), cependant des traitements anabolisants augmentant la masse musculaire n'augmentent pas forcément en parallèle la force. De même un

entraînement de type résistance peut augmenter significativement la force et l'endurance sans affecter de manière notable le volume musculaire (31). D'autre part, il n'existe pour le moment pas de critères permettant de déterminer avec précision à quel moment la sarcopénie devient cliniquement relevante (12). Ces observations laissent supposer l'importance de la qualité de la masse musculaire, la quantité n'étant qu'un paramètre plus facilement mesurable.

1.3.2. Adiposité

La sénescence est associée à une diminution du métabolisme de base, liée en premier lieu à une diminution de la masse cellulaire musculaire. Entre la 3^{ème} et la 8^{ème} décennie, le métabolisme de base diminue de 15 % environ. Cette diminution associée à une réduction de l'activité physique entraîne une dépense énergétique journalière moindre. Ces effets s'additionnent aux changements provoqués par la diminution des hormones anabolisantes et contribuent à l'accumulation de MG et au développement de la résistance à l'insuline (28).

1.3.3. Ostéoporose

La déminéralisation, responsable du développement de l'ostéoporose avec l'âge, contribue pour une part quantitative infime mais fonctionnellement importante à la perte de MNG. Elle est causée par une diminution de l'activité ostéoblastique, due à une perte des stimuli anabolisants. En effet, une réduction de l'activité physique, une baisse de la sécrétion des hormones sexuelles, classiquement d'œstrogène après la ménopause, mais également dans le cadre de maladie, endocrinologique (acromégalie, hypogonadisme) sont

corrélées avec une densité osseuse moindre. Des apports protéiques et calciques moins importants, un déficit vitaminiq (en particulier C et D) en cas de malnutrition, un catabolisme augmenté par une sécrétion ou un apport en glucocorticoïdes augmentés entraînent également une déminéralisation.

Ce processus est fréquent et physiologique : jusqu'à 30 % des femmes de plus de 50 ans en sont atteintes. Il est associé à une morbidité importante (une diminution de la densité osseuse d'une déviation standard par rapport à la moyenne corrigée pour l'âge, augmente le risque relatif de fracture de la hanche de 2,6 fois (47)), et peut être accéléré dans les situations susnommées.

1.3.4. En résumé

Le vieillissement est associé à une perte de masse maigre et à un gain de MG d'origine multifactorielle. Les deux phénomènes contribuent à une diminution du métabolisme de base et de la mobilité, qui provoquent à leur tour une perte de masse maigre et un gain de MG.

1.4. Sénescence et options thérapeutiques

La compréhension des mécanismes sous-tendant à la perte de MNG donne les clés des interventions thérapeutiques en option.

1.4.1. Exercice physique

Nous avons vu que la diminution des influx nerveux liés aux processus de sénescence prive le muscle d'un facteur anabolisant important (1.3.1.f.). Une stimulation extrinsèque par un effort physique ciblé pourrait être un moyen efficace pour compenser ce phénomène.

Ainsi, des études interventionnelles ont montré que l'exercice physique régulier améliorerait la fonction musculaire en terme de force et d'endurance (48, 49) en permettant l'augmentation du volume du groupe musculaire ciblé par l'entraînement (49). Une amélioration de la fonction mitochondriale semble également y contribuer (50, 51). La masse musculaire totale, par contre, n'est pas systématiquement augmentée (49, 52). Ces améliorations se retrouvent dans des collectifs de patients variés, indépendamment de leur âge et de leur sexe (48, 53, 54) jusque dans des populations de plus de 70 ans, institutionnalisées (54). L'exercice physique réduit la prise de poids liée à l'âge, contribuant aussi à l'amélioration de la performance physique (55).

La MG est inversement proportionnelle à la performance physique (43, 53, 56). Son action semble diminuer principalement la MG abdominale (56, 57).

Globalement donc, l'exercice physique régulier se traduit par une amélioration de la fonction musculaire et une diminution de la graisse intra-abdominale. Ceci permet, d'une part, de favoriser la mobilité des sujets (54). D'autre part, en raison d'une diminution spécifique de la graisse intraabdominale, un effet spécialement bénéfique sur la réduction des risques cardio-vasculaires peut être spéculé (58, 59).

1.4.2. Alimentation

Le manque d'apport protéique mène à une dégradation des stocks de l'organisme et à une fonte musculaire. Cette relation est évidente et observée au quotidien dans les populations où les apports protéino-caloriques sont insuffisants (60).

Il serait donc logique qu'un ajustement des apports protéino-caloriques empêche la dégradation et favorise le développement de la masse musculaire.

L'analyse de la littérature est nettement moins simple. Les suppléments nutritifs favorisent une prise de poids sans amélioration fonctionnelle (61, 62). Certaines études notent même une augmentation de MG et de MNG mais, sans amélioration des performances physiques (63).

Dans les études interventionnelles, les suppléments nutritifs n'apportent, à court terme (10-17 semaines), pas de bénéfice additionnel en terme de force et de fonction par rapport à un entraînement physique exclusif (54, 62-64). À long terme (9 mois), on trouve une amélioration fonctionnelle (dans des épreuves telles que se lever de sa chaise, monter les escaliers), sans augmentation de la force, la masse musculaire ne s'accroissant que de manière non significative (65).

Ceci suggère une amélioration de la qualité du muscle, peut-être par amélioration de la fonction mitochondriale (50, 51). Un effet positif sur le psychisme et les fonctions cognitives pourrait avoir, à long terme un effet bénéfique sur la masse et la fonction musculaire en favorisant la mobilisation (61).

1.4.3. Hormones

Une revue détaillée de la littérature de l'effet d'une substitution en testostérone chez des hommes âgés en bonne santé, note une augmentation de la MNG (muscle et densité osseuse) et la diminution de la MG dans la plupart des études. L'impact de ces changements en termes d'amélioration de la fonction ne semble être relevant qu'en cas de taux de testostérone sanguin infra normal (33).

L'augmentation du Prostatic Specific Antigen (PSA) et de l'hématocrite constatés, après des traitements même de courte durée ainsi qu'une augmentation possible des risques cardiovasculaires, empêchent, pour le moment, la recommandation systématique d'une substitution chez des patients asymptomatiques (33).

La ménopause est associée à une diminution du métabolisme basal, une perte de masse musculaire et osseuse. La MG augmente (66) et est redistribuée au niveau abdominal, selon le mode androïde (66-68). Une substitution hormonale ralentit ces changements (66) et favorise une redistribution de la MG au niveau appendiculaire (67). Si son bénéfice sur la masse osseuse est admis, la sarcopénie n'est pas une indication thérapeutique reconnue pour le moment et son bénéfice sur la fonction musculaire ne semble pas (69) ou peu (67, 70) supérieur au bénéfice fourni par la pratique régulière de l'exercice physique (67, 69, 70). Une substitution ne diminuerait la perte de masse musculaire que dans la période autour de la ménopause (71).

En raison d'un coût très élevé, il est peu probable qu'un traitement à l'hormone de croissance puisse un jour être employé de routine pour le traitement à large échelle de la sarcopénie (28).

2. MESURES DE LA COMPOSITION CORPORELLE

L'état nutritionnel d'un sujet est grossièrement évalué par mesure de son poids et de sa taille et calcul de l'indice de masse corporelle (IMC). Cependant cette méthode n'est pas en mesure d'identifier une variation non harmonieuse des stocks protéinoénergétiques. Ainsi, un sujet obèse ayant perdu de la masse musculaire, peut conserver un IMC au-dessus de la norme et pourtant présenter des signes de dénutrition. De même, un athlète présentant une masse musculaire très importante, ne pourra pas être distingué d'un sujet obèse de poids et taille égal.

Ainsi par souci d'apprécier avec précision les réserves énergétiques, protéiques et calciques de l'organisme, leurs variations et l'impact de celles-ci sur la santé, diverses méthodes ont été développées.

2.1. Anthropométrie

La mesure du poids, de la taille et de l'IMC sont des mesures anthropométriques de base.

La mesure des plis sous-cutanés dans différentes régions du corps (tricipital, sous-scapulaire, supra-iliaque, abdominal et au niveau de la cuisse) permet grâce à une équation, d'estimer la composition corporelle (72, 73).

Cette méthode est peu coûteuse et n'exige aucun matériel sophistiqué. Cependant, elle est peu précise lorsque le sujet présente des grandes variations de sa composition corporelle (obésité morbide, œdème important) et présente une reproductibilité douteuse entre les différents observateurs.

2.2. Bioimpédance électrique

La bioimpédance électrique (BIA) est une méthode précise, peu coûteuse, rapide et reproductible.

Elle permet de déterminer précisément la répartition d'eau, de MNG et de MG de l'organisme. Il est important pourtant que la formule utilisée pour calculer la MNG et la MG à partir des mesures soit validée dans la population examinée, certains facteurs, par exemple, l'appartenance ethnique pouvant induire des erreurs systématiques.

L'impédance (Z) définit la notion de résistance lorsqu'un conducteur est parcouru par un courant alternatif. Elle est composée de la résistance pure (R) du conducteur et de la réactance (X_c) produite par la capacitance des membranes cellulaires, les interfaces tissulaires et les tissus non ioniques (74) : $Z^2 = R^2 + X_c^2$. L'impédance peut également se définir ainsi : $Z = \cos \varphi R$ où φ correspond à l'angle de phase, c'est-à-dire à l'avance du courant sur la tension. Les appareils de BIA mesurent soit la réactance et la résistance, soit directement l'impédance et l'angle de phase (φ).

L'utilisation de la BIA pour mesurer la composition corporelle repose sur la relation entre l'impédance (Z), la longueur (L) et le volume d'un conducteur (V) (75) : $V = \rho L^2 / Z$ (ρ = résistivité en Ohm qui est une constante). Bien que cette équation suppose à tort

que le corps humain est un conducteur cylindrique homogène (ρ constante), elle a le mérite de mettre en évidence le lien entre V et le facteur L^2/Z , utilisé dans de nombreuses formules de bioimpédance. L correspond alors à la taille du sujet et V au volume de la MNG.

Pratiquement, l'examen s'effectue en décubitus dorsal sur un lit d'examen électriquement neutre. Les bras et les jambes sont légèrement écartés de façon à ne toucher aucune autre partie du corps (76). L'examen dure 3 à 5 minutes.

Après nettoyage de la peau avec l'alcool, quatre électrodes cutanées (3M Red Dot TM, 3M Health Care, Borken, Germany) sont collées sur la main, le poignet, la cheville et le pied droits. Une électrode est appliquée sur la face dorsale du poignet entre l'apophyse styloïde du radius et du cubitus, une autre collée sur la main, un doigt en-dessous de la tête du 3^{ème} métacarpien, une autre au niveau de la face dorsale de la cheville entre la malléole interne et la malléole externe, et la dernière un doigt en-dessous de la tête du 3^{ème} métatarsien.

Un générateur applique alors un courant alternatif non perceptible, de faible intensité (0.8 mA) et de haute fréquence (50 KHz) au sujet. L'impédance et l'angle de phase sont mesurés et permettent de calculer la résistance et la réactance. Ces valeurs sont converties en MG et eau corporelle totale à l'aide d'équations validées : les équations de Kushner (77) sont utilisées pour les adultes de poids normal et les équations de Segal pour les adultes obèses (cf. ci-dessous) (78). La MNG est obtenue en soustrayant la MG au poids corporel.

2.3. Absorbtiométrie biphotonique à rayons X

Le corps est balayé par deux faisceaux de rayons X d'énergie différente (100 KeV et 140 KeV) qui permet d'individualiser trois composants : la masse calcique, la MG et la masse maigre. En passant à travers le corps, les rayons sont absorbés par les tissus et subissent une atténuation. Cette atténuation, différente pour les deux faisceaux est mesurée pour chaque pixel de la surface corporelle. La pente d'atténuation de chacun des composants de l'organisme étant connue, il est possible de séparer la masse osseuse des tissus adipeux et des tissus musculaires (10, 79). Cette méthode est très précise, le poids recalculé par la somme des trois compartiments est exact à 1% et 2% près respectivement pour la MNG et la MG (10, 79). Les mesures de masses osseuse et grasse ne sont pas influencées par les variations de l'état d'hydratation puisqu'elles seront interprétées comme des variations de la MNG (80). Cette méthode est souvent utilisée comme une méthode de référence. Son intérêt réside dans sa précision et dans la prise en compte de la masse osseuse, ses limitations sont posées par son coût, par la lourdeur de l'installation nécessaire pour l'effectuer et donc l'impossibilité de l'utiliser au lit du malade lors de l'utilisation clinique.

2.4. Mesure du potassium corporel total

Le potassium, étant un ion surtout intracellulaire, reflète la masse cellulaire. Une infime proportion du potassium total se trouve sous forme de K^{40} , ion radioactif, constituant la seule source radioactive significative de l'organisme. Afin d'éviter des interactions avec des sources de radioactivités liées à l'environnement, la mesure est effectuée dans une chambre blindée (81). Les photons gamma émis par le sujet interagissent avec un détecteur de

radioactivité constitué de cristal de sodium. Ceci provoque un signal analysé par le compteur. Sachant que le potassium 40 représente 0,0012% du potassium corporel total, la masse cellulaire peut être calculée selon la relation développée par Moore et al (82). Ensuite, il est possible de calculer la masse cellulaire et d'extrapoler la masse maigre.

Dans ce travail, nous avons mesuré le potassium total et calculé le rapport potassium en (mmol)/MNG en (kg), afin d'évaluer la variation du contenu cellulaire en potassium par unité de masse musculaire et d'obtenir une idée de la qualité du muscle.

3. PRESENTATION ET BUTS DE L'ETUDE

Les changements de la composition corporelle liés à l'âge décrits ci-dessus ont été mesurés et calculés sur la base d'études transversales. Le désavantage de cette méthode est qu'il n'est pas possible de dissocier l'effet de l'âge de l'effet de génération. C'est-à-dire, des changements de la composition corporelle pourraient être interprétés comme des changements dus à l'âge alors qu'il s'agit possiblement de modifications dues à des variations de l'environnement dans lequel les individus se développent, notamment à des changements des ressources et habitudes alimentaires. Les mêmes raisons empêchent de formuler des évaluations prédictives et donc, d'émettre des recommandations thérapeutiques.

Cette étude se propose d'étudier un collectif de sujets âgés de plus de 65 ans en bonne santé, à deux reprises, à trois ans d'intervalle, afin de déterminer par une triple méthode (bioimpédance électrique, absorptiométrie biphotonique à rayons X et comptage du potassium corporel total) la composition corporelle. De ces mesures, nous essayerons de tirer des renseignements sur 1) l'évolution physiologique de la masse musculaire, de la MG et du contenu cellulaire total en potassium et 2) les facteurs (exercice physique, âge, maladie) permettant d'influencer ce processus.

L'originalité du travail réside en particulier dans le fait d'avoir réussi à récolter les données à deux reprises chez un grand nombre de sujets (117) et d'avoir cherché à vérifier, en plus des méthodes de références (DEXA, comptage du potassium), l'utilisation d'une

méthode peu coûteuse et rapide, la BIA pour saisir les variations de la composition corporelle dans ce laps de temps.

4. MATERIEL ET METHODE

4.1. Population

Entre 1999 et 2000, 191 sujets (100 femmes, 91 hommes) entre 65 et 95 ans en bonne santé ont été recrutés par annonces auprès d'associations de loisirs du 3^{ème} âge et de l'Université du 3^{ème} âge. Bien que l'échantillon de population soit sélectionné de manière non randomisée, une analyse statistique n'a pas noté de différence significative en termes de poids, taille et IMC par rapport à une population contrôle de la région de Genève. Les critères d'exclusion étaient : affection médicale aiguë, hospitalisation ou perte de poids involontaire de plus de trois kilogrammes dans les derniers trois mois, incapacité à marcher 300 mètres ou handicap physique interférant avec la mesure de la composition corporelle (amputation, paralysie).

Entre 2002 et 2003, les 191 sujets ayant participé au premier volet de l'étude ont été reconvoqués par téléphone ou par lettre. Les sujets devenus malades, répondant aux critères d'exclusion ont été recrutés de manière identique, puis analysés dans un sous-groupe indépendant. Au total, 117 sujets ont pu être inclus, dont 62 hommes et 55 femmes. 44 ont refusé de participer, 2 étaient trop malades, 18 avaient quitté la région, 7 étaient décédés et 3 ne se sont pas présentés le jour de l'examen.

Tous les 117 patients recrutés ont subi une BIA et ont rempli un formulaire décrivant leur activité physique. Cent-onze ont participé à l'examen d'absorptiométrie bipotonique à rayons X (DEXA) et 107 seulement ont accepté de se soumettre au

comptage du potassium corporel total, invoquant, dans leur refus de participer, des accès de claustrophobie.

4.2. Mesures de composition corporelle

Après avoir mesuré le poids et la taille, la composition corporelle a été déterminée selon une triple méthode, BIA, DEXA et comptage du potassium corporel total.

4.2.1. Anthropométrie

La taille a été mesurée à 0,5 cm près, et le poids à 0,1 kg près grâce à une balance électronique. Ces paramètres ont permis de calculer l'indice de masse corporel :

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

Table 1 : Valeurs standards de l'indice de masse corporelle (IMC)

Valeurs de l'indice de masse corporelle	Interprétation
< 15 kg/m ²	cachexie
15 – 18.4 kg/m ²	maigreur
18.5 – 25 kg/m ²	poids normal
25.1 – 30 kg/m ²	surcharge pondérale
30.1 – 35 kg/m ²	obésité modérée
35.1 – 40 kg/m ²	obésité sévère
> 40 kg/m ²	obésité morbide

D'après Ferro-Luzzi A. et al : a simplified approach of assessing adult chronic energy deficiency. European Journal of Clinical Nutrition. 1992, 46 : 173-186

4.2.2. Mesure de la composition corporelle BIA et par DEXA

4.2.2.a. Par BIA

La MNG a été évaluée selon les formules de Kushner (77) pour un IMC < 30 et selon celle de Segal (78) pour les obèses, à l'aide d'un appareil Xytron 4000b, spectrum analyzer :

Femmes, IMC < 30 kg/m² :

eau corporelle totale (kg) (ECT) = 0.3821 taille² / (R + 0.1052 poids + 8.3148)

MNG (kg) = ECT/0,73 en assumant un degré d'hydratation constant

MG (kg) = poids corporel total (kg) - MNG (kg)

Femmes, IMC ≥ 30 kg/m² :

% MNG = 9.3794 + 0.000912 taille² - 0.01466 R + 0.2999 poids - 0.07012 âge

MG (kg) = poids corporel (kg) - MNG (kg)

eau corporelle totale (kg) = 0.73 MNG (kg)

Hommes, IMC < 26 kg/m² :

eau corporelle totale (ECT) (kg) = 0.3963 taille² / (R + 0.143 poids + 8.3999999)

MNG (kg) = ECT/0.73, en assumant un degré d'hydratation constant

MG (kg) = poids corporel total - MNG (kg)

Hommes, IMC ≥ 26 kg/m² :

% MNG = 14.5244 + 0.000886 taille² - 0.02299 R + 0.42688 poids - 0.07002 âge

MG (kg) = poids corporel (kg) - MNG (kg)

eau corporelle totale (kg) = 0.73 MNG (kg)

4.2.2.b. Par DEXA

La masse musculaire et la MG ont été mesurées selon les principes décrits au point 2.3. à l'aide du logiciel Hologic QDR-4500, validé et reconnu comme méthode de référence par Visser et al (83). La masse musculaire appendiculaire a été calculée selon la formule de Heymsfield (84) comme étant la somme de la MNG des bras et des jambes.

Afin de limiter les variations liées au poids et à la taille, un indice de masse musculaire relative a été calculé, corrigeant la masse musculaire par la taille au carré (12) :

$$\text{Masse musculaire relative (kg/m}^2\text{)} = \text{Masse musculaire appendiculaire (kg)}/\text{Taille(m}^2\text{)}$$

L'indice de sarcopénie a été défini comme une masse musculaire relative inférieure de 2 déviations standard à la moyenne, par rapport aux valeurs observées dans une population saine entre 18-54 ans (12). Les valeurs limites utilisées sont : < 7.06 kg/m², chez les hommes et < 5.53 kg/m², chez les femmes. Elles ont été adaptées à la population genevoise (85).

4.3. Définition de l'activité physique

L'activité physique a été quantifiée sur la base d'un questionnaire validé dans la population genevoise (86). Le temps (en minute/semaine) passé à réaliser chacune des activités a été comptabilisé. Chaque activité s'est vue attribuer un facteur d'intensité en MET (équivalent d'oxygène brûlé par rapport à une consommation d'oxygène en position calme assise) sur la base des données de la dernière version du compendium d'activités

physiques développé et révisé par Ainsworth (87). Sur la base de la valeur de ce facteur d'intensité, les activités ont été classifiées en activité de *haute*, de *moyenne* ou de *basse* intensité sur la base de l'article de Pates et al (88). Une activité d'intensité moyenne a été définie comme une activité dépensant au minimum 4 MET/min. Entre 0,9 et 3,9 MET, l'activité a été considérée comme de faible intensité, au-delà de 5,9 MET, de haute intensité. Pour évaluer la dépense énergétique quotidienne, nous avons ajouté à la dépense énergétique liée à l'activité physique, la dépense énergétique au repos en multipliant le nombre de minutes de sommeil par le facteur d'intensité 0,9. Afin d'ajuster l'activité sur une base de 24 heures, nous avons sommé les heures d'activités et les heures de sommeil, en cas de résultat inférieur à 24, nous avons considéré les heures restantes comme des heures consacrées à de l'activité légère et leur avons attribué un facteur d'activité de 1. Sur la base d'une étude de la population genevoise, les sujets sédentaires ont été définis comme les sujets consacrant moins de 10% de leur dépense énergétique totale à de l'activité de moyenne ou haute intensité (86).

Il faut noter que les codes d'intensité ont été calculés à partir de mesures effectuées chez des adultes en bonne santé, pesant un poids standard. Il est connu que le même exercice effectué par un sujet d'âge très différent (plus âgé, plus jeune) et de poids beaucoup plus élevé ou plus bas que la normale ne s'accompagne pas d'une dépense énergétique identique (2). Cette variation n'a pas été prise en compte dans cette étude. Cependant, étant donné qu'il s'agit de déterminer une valeur relative de la dépense énergétique et non une valeur absolue, ces variations ne devraient pas influencer de manière significative les résultats.

4.4. Analyse statistique

Toutes les informations ont été répertoriées dans une feuille de calcul Microsoft Excel logiciel 2000. Puis, à l'aide de ce programme, la moyenne et les déviations standards (SD) ont été calculées. Les minima et maxima sont indiqués. L'utilisation du test de Student (paire et non paire) a permis d'analyser et de comparer les résultats des mesures obtenues au T0 avec celles obtenues au T1. Selon la définition, une valeur de $p < 0.05$ est statistiquement significative.

5. RESULTATS

5.1. Données démographiques

La table 2 met en évidence les caractéristiques démographiques de l'échantillon de notre population.

Table 2 : Répartition démographique, éducation et activité physique

	Femmes, n=55	Hommes, n=62
Age < 75 ans	34 (61.8%)	42 (67.7%)
Age > 75 ans	21 (38.2%)	20 (32.3%)
Ecole obligatoire seule	23 (42.3%)	26 (40.9%)
+ 3 ans	20(35.6%)	10 (16.4%)
> + 3ans	12 (22.1%)	26 (42.6%)
Sédentaires	28 (50.9%)	27 (43.5%)
Actifs	27 (49.1%)	35 (56.5%)
Malades	n=0	n=8

On note une répartition, selon l'âge, équivalente entre les sexes.

Notre population se distingue également par un taux d'activité physique élevé puisqu'en utilisant la même définition que Bernstein et al nous trouvons un taux de sédentarité entre 40 et 50% chez les hommes aussi bien que chez les femmes contre respectivement 79,5% et 87.2% dans la population genevoise générale (86).

La population étudiée jouit d'un degré de formation nettement supérieur à celui de la population générale. Alors que dans les années 70, 34% de la population suisse suivait une formation au-delà de l'école obligatoire (89), dans notre collectif 58,3% des sujets jouissent d'une formation supérieure. Davantage d'hommes ont suivi un cursus universitaire (22,1% vs 42,6%). Une étude américaine a montré une corrélation entre instruction et degré d'activité physique, les participants jouissant d'un certain degré d'instruction universitaire faisant chuter le taux de sédentarité de 48% à 20,1% par rapport à une population ne jouissant pas d'une telle éducation (90). Ce lien n'a pas pu ici être mis en évidence, le taux de sédentarité étant équivalent chez les sujets quel que soit leur degré d'instruction.

5.2. Valeurs anthropométriques

Si l'on considère la globalité de la population, sans effectuer des sous-groupes par rapport à l'âge, les femmes (tableau 3) aussi bien que les hommes (tableau 4) ont tendance, au cours des trois ans séparant les deux enquêtes, à prendre du poids, cependant, cette différence reste non significative.

Tableau 3 : Caractéristiques anthropométriques des femmes (n=55)

	T0	T1	p=
Poids (kg)	65.9+/-12.5	67.1+/-14.3	0.078
Taille (cm)	160.6+/-4.2	159.5+/-5.3	<0.001
IMC (kg/m ²)	25.5+/-4.2	26.2+/-4.6	0.003

Tableau 4 : Caractéristiques anthropométriques des hommes (n=62)

	T0	T1	p=
Poids (kg)	75.3+/-10.5	74.9+/-10.5	0.45
Taille (cm)	170.5+/-7.4	168.7+/-7.4	<0.001
IMC (kg/m ²)	25.9+/-3.2	26.3+/-3.3	0.004

Le gain significatif d'IMC aussi bien chez les femmes (table 3) que chez les hommes (table 4) est expliqué par une diminution significative de la taille.

5.3. Variations de la composition corporelle selon les valeurs de DEXA

Les modifications significatives de l'évolution de la composition corporelle apparaissent lorsque l'on subdivise la population par catégorie d'âge.

Chez les femmes sédentaires (table 5), jusqu'à 75 ans (moyenne d'âge 70 ans), on note, durant la période d'observation, une augmentation significative du poids (+1.9 kg, $p = 0.01$) due à une augmentation de la MG (+ 1.6 kg, $p < 0.01$). Ce changement provoque une diminution du pourcentage de MNG, bien que l'on ne note pas de changement quantitatif en termes de valeur absolue.

Une perte significative de masse musculaire (-200 gr, $p=0.02$) survient après 75 ans (moyenne d'âge 80.1 ans). Le poids et la MG restent stables. En pourcentage, la perte de masse musculaire appendiculaire observée durant l'étude est plus importante que la perte de masse musculaire totale (-2.7% vs -1.8%, $p=0.06$).

Table 5: Variation de la composition corporelle chez les femmes sédentaires

	<75 ans, n=16			>75 ans, n=11		
	T0	T1	p=	T0	T1	p=
Poids	67.2+/-14	69.1+/-15.1	0.01	63.1+/-14.8	64.0+/-16.2	0.34
Masse musculaire (kg)	40.7+/-5.0	40.8+/-5.4	0.69	38.6+/-7.7	38.4+/-7.9	0.02
% Masse musculaire	62.0+/-8.5	60.7+/-9.2	0.009	63.2+/-4.2	62.9+/-5.3	0.7
Masse musculaire appendiculaire (kg)	16.8+/-2.3	16.8+/-2.3	0.9	16.3+/-1.6	15.7+/-1.5	0.001
Masse grasse (kg)	24.6+/-10.5	26.2+/-11.2	<0.01	22.8+/-8.6	23.6+/-9.5	0.71
% Masse grasse	35.1+/-8.9	36.4+/-8.9	0.02	33.6+/-4.3	33.6+/-4.7	0.9

Chez les femmes actives (table 6), les changements sont similaires, si ce n'est que l'augmentation de la MG, avant 75 ans (moyenne d'âge 69.7 ans), n'est plus significative.

Tableau 6: Variation de la composition corporelle chez les femmes actives

	<75 ans, n=16			>75 ans, n=10		
	T0	T1	p=	T0	T1	p=
Poids (kg)	66.4+/-10.6	66.0+/-11.4	<0.01	57.3+/-6.1	56.7+/-5.7	0.35
Masse musculaire (kg)	41.0+/-4.5	41.06+/-4.8	0.96	37.3+/-4.0	36.6+/-4.0	0.04
% Masse musculaire	62.3+/-3.8	60.8+/-3.8	0.02	65.4+/-6.1	64.8+/-6.3	0.25
Masse musculaire appendiculaire (kg)	17.0+/-2.2	17.1+/-2.5	0.6	15.4+/-1.7	15.1+/-1.9	0.02
Masse grasse (kg)	24.7+/-8.04	25.0+/-7.9	0.76	18.2+/-5.2	18.6+/-5.3	0.39
% Masse grasse	36.8+/-8.8	36.4+/-5.1	0.8	31.3+/-6.7	32.4+/-7.1	0.09

Notons que la moyenne d'âge des femmes actives de plus de 75 ans est de 76.6 ans.

Chez les hommes, avant 75 ans (moyenne d'âge 70 ans), la composition corporelle reste stable sur la période d'observation.

Après 75 ans (moyenne 80.5 +/- 2.9 ans), chez les hommes sédentaires (table 7), on observe, sur trois ans, une perte de masse musculaire significative (-1.2 kg, p=0.013). Par conséquent, on note une augmentation du % de MG (+ 1.2%, p=0.01), laissant le poids inchangé.

Table 7 : Variation de la composition corporelle chez les hommes sédentaires

	<75 ans, n=12			>75 ans, n=11		
	T0	T1	p=	T0	T1	p=
Poids (kg)	75.3+/-13.5	75.3+/-13.5	0.78	73.9+/-6.5	73.5+/-6.7	0.63
Masse musculaire (kg)	53.2+/-7.7	52.4+/-8.2	0.116	52+/-5.1	50.8+/-5	0.013
% Masse musculaire	71.3+/-5.1	72.0+/-5.3	0.16	70.4+/-2.6	69.1+/-3.1	0.01
Masse musculaire appendiculaire (kg)	22.7+/-3.2	22.3+/-3.4	0.45	22.7+/-2.8	22.1+/-2.9	0.03
Masse grasse (kg)	19.7+/-6.4	20.3+/-6.2	0.27	19.6+/-2.5	20.4+/-3.1	0.15
% Masse grasse	25.6+/-5.0	26.5+/-5.5	0.26	26.5+/-2.7	27.7+/-3.3	0.01

Chez les hommes actifs (table 8) âgés de plus de 75 ans (moyenne 78.2 +/- 2.35 ans), la masse musculaire reste stable bien que son pourcentage diminue, en relation avec une augmentation significative de la MG totale (+1.6 kg, p=0.013).

Table 8: Variation de la composition corporelle chez les hommes actifs

	<75 ans, n=26			>75 ans, n=9		
	T0	T1	p=	T0	T1	p=
Poids (kg)	75.7+/-9.2	76.1+/-8.5	0.48	71.7+/-6.9	72.8+/-8.2	0.24
% Masse musculaire	72.5+/-4.7	71.8+/-3.3	0.19	75.0+/-4.7	73.4+/-5.2	0.004
Masse musculaire (kg)	54.6+/-4.8	54.5+/-5.1	0.63	53.7+/-4.7	53.1+/-4.8	0.34
Masse musculaire appendiculaire (kg)	23.9+/-2.7	23.7+/-2.7	0.15	23.1+/-2.3	22.9+/-2.4	0.39
Masse grasse (kg)	18.6+/-5	16.1+/-4	0.35	15.4+/-3.9	17.02+/-4.8	0.013
% Masse grasse	24.2+/-4.4	24.8+/-3.4	0.24	21.3+/-4.7	23.0+/-5.2	0.006

Chez les sujets de sexe masculin, l'activité physique semble non seulement préserver la masse musculaire (pas de perte significative sur trois ans) mais encore permettre la constitution d'un capital musculaire plus important, ce qui est illustré par une masse musculaire significativement plus importante chez les actifs, indépendamment de l'âge (p=0.032) (voir table 9).

Table 9 : Hommes actifs versus sédentaires, selon les mesures de DEXA

	actifs, n=33	sédentaires, n=23	p=
Poids	75.3+/-8.7	74.3+/-111.1	0.23
MNG (kg)	54.3+/-5	51.6+/-7.1	0.032
Masse musculaire appendiculaire (kg)	23.4+/-2.8	22.3+/-3.4	0.2
MG (kg)	18.5+/-4.4	20.3+/-4.7	0.09
Indice sarcopénique < 7.06 kg/m ²	n=3	n=6	

Cette relation n'est pas vraie chez les femmes (table 10).

Table 10 : Femmes actives versus sédentaires, selon mesure de DEXA

	actives, n=46	sédentaires, n=13	p=
Poids	63.7+/-10.8	65.6+/-13.8	0.58
MNG (kg)	39.3+/-4.8	39.5+/-5.0	0.57
Masse musculaire appendiculaire (kg)	16.3+/-2.6	16.4+/-2.2	0.94
MG (kg)	22.6+/-7.5	24.0+/-9.5	0.57
Indice sarcopénique < 5.53 kg/m ²	n=2	n=4	

Nous avons ensuite classifié les patients sur la base de l'index sarcopénique (masse musculaire appendiculaire/m²) défini au point 4.1.2. (voir Tableaux 9 et 10). Six femmes et neuf hommes entraient dans cette catégorie. Quatre des femmes et six hommes considérés comme sarcopéniques étaient définis comme sédentaires. Un seul sujet de sexe masculin appartenait au sous-groupe des malades (voir point 5.6).

5.4. Variations du contenu corporel total en potassium

Les résultats de cet examen ont été obtenus que chez 54 hommes et 53 femmes, un certain nombre de sujets ayant refusé de subir cette analyse exigeant un séjour prolongé dans un espace clos.

L'analyse de la composition corporelle par le comptage du potassium corporel total a montré une diminution globale, toujours significative, du potassium total, indépendamment du degré d'activité, ce résultat n'est donc pas montré séparément dans le tableau ci-dessous.

Table 11: Evolution du potassium corporel en fonction de l'âge

	<75 ans, n=71			>75 ans, n=36		
	T0	T1	p=	T0	T1	p=
Femmes, n=53						
Poids (kg)	68.5+/-12.2	70.2+/-13.5	<0.01	60.0+/-8.3	59.5+/-9.2	0.34
Masse musculaire (kg)	41.2+/-4.6	41.4+/-4.9	0.5	38.1+/-3.7	37.5+/-4.1	0.02
PCT/MNG (mmol/kg)	57.9+/-5	54.8+/-5	0.002	57.4+/-5.9	55.5+/-5.7	0.29
Hommes, n=54						
Poids (kg)	75.6+/-10.6	76.1+/-9.7	0.27	71.4+/-6.4	72.5+/-7.6	0.08
Masse musculaire (kg)	54.2+/-5.8	54.6+/-6.0	0.38	51.9+/-4.8	51.6+/-4.8	0.33
PCT/MNG (mmol/kg)	61.4+/-5.3	53.6+/-10.3	<0.01	58.6+/-3.8	53.9+/-3.8	0.0008

PCT=potassium corporel total, MNG = masse non grasse=masse musculaire

La perte de potassium est plus importante que la perte de MNG, ce qui est illustré par la diminution significative du rapport PCT/MNG, dans tous les sous-groupes examinés, (données relatives à l'activité physique pas montrées) mis à part chez les femmes de plus de 75 ans.

Le contenu cellulaire en potassium diminue de manière plus rapide et plus importante chez les hommes que chez les femmes (-6.8+/-10.7 mmol/kg vs -2,7 +/-6.2 mmol/kg, p<0.001). Notons cependant que la variabilité interindividuelle est grande.

Les différences entre T0 et T1 étant déjà hautement significatives dans la population masculine en bonne santé, l'analyse du sous-groupe des malades n'a pas apporté d'information complémentaire.

5.5. Comparaison des résultats de DEXA avec les valeurs obtenues par BIA

Afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle la BIA permet d'obtenir une évaluation fidèle de la composition corporelle, nous avons calculé les variations de MG et de masse maigre par DEXA et par BIA puis comparé les résultats à l'aide d'un test de student.

Pour la masse maigre, les différences sont comparables, aussi bien chez les hommes que chez les femmes (voir Table 11).

En ce qui concerne la MG, les différences vont toutes dans le sens d'une accumulation de MG, mais semble être légèrement sous-estimée par la BIA chez les femmes (+0.8 kg avec la DEXA vs +0.4 kg avec la BIA, $p=0.03$).

Table 12 : Comparaison des différences moyennes entre DEXA et BIA

	d moyen DEXA (kg)	d moyen BIA (kg)	p=
Femmes, n=53			
MNG	-0.4+/-1.2	-0.1+/-1.7	0.4
MG	+0.8+/-1.6	+0.4+/-2.1	0.03
Hommes, n=54			
MNG	-0.2+/-1.4	-0.6+/-3.2	0.3
MG	+0.4+/-3.9	+0.9+/-3.3	0.4

5.6. Analyse du sous-groupe des sujets malades

Dans le groupe des patients recrutés, huit ont été considérés comme malades, remplissant les critères d'exclusion établis lors du premier volet de l'étude.

Tous appartiennent au groupe des hommes. Deux avaient subi une intervention orthopédique (prothèse du genou, prothèse de la hanche), un patient avait eu un infarctus du myocarde, deux souffraient d'une insuffisance cardiaque, l'un avait un problème pulmonaire d'origine indéterminée, un autre avait subi un pontage aorto-fémoral en urgence sur embolie, et un dernier souffrait d'un lymphome en cours de traitement.

Table 13 : Evolution de la composition corporelle chez les sujets malades

	T0	T1	p=
Poids (kg)	73.8+/-11	71.1+/-11.8	0.016
Age (ans)	69.5	72.5	
Sédentarité		87.5%	
Masse musculaire (kg)	53.8+/-6.9	51.4+/-7.6	0.009
Masse grasse (kg)	17.9+/-4.6	17.4+/-5.4	0.4

Les caractéristiques de ce groupe ainsi que l'évolution de sa composition corporelle se distinguent nettement du collectif des sujets en bonne santé (voir tableaux 5-10). Le collectif est essentiellement sédentaire, on constate une perte significative de poids et de masse musculaire (-2.3 kg versus -500 gr chez les sujets sains) alors que la masse grasse a

tendance à diminuer (-500 gr versus + 400 gr chez les sujets sains). Un seul était considéré comme sarcopénique selon la définition établie.

6. DISCUSSION

Cette étude a permis d'évaluer sur trois ans l'évolution physiologique de la composition corporelle avec l'âge chez 117 sujets en bonne santé, âgés de plus de 65 ans et d'apprécier l'influence de l'activité physique sur cette évolution. L'analyse d'un sous-groupe a donné quelques indications sur l'influence de la maladie sur ce processus.

6.1. Age

Les données tirées d'études transversales notent une accélération de la perte de MNG et du poids dès l'âge de 60 ans dans les deux sexes (4). Notre analyse longitudinale, n'a pas mis en évidence de tels changements.

Dans notre population féminine, le poids et la MG augmentent après 75 ans et la masse maigre ne diminue significativement qu'après 75 ans indépendamment de l'activité physique, ce qui suggère un effet lié à l'âge seulement.

Chez les hommes, l'analyse du collectif par catégorie d'âge, met en évidence une augmentation de la MG après 75 ans, les autres paramètres restant stables.

Globalement, la composition corporelle de cette population saine évolue peu ou change dans le sens d'un gain de MG lié à une prise de poids, et chez les femmes de plus de 75 ans, d'une perte de masse maigre.

La survenue plus tardive des changements par rapport aux résultats enregistrés par les études transversales (4, 11, 91) pourrait être expliquée par des questions méthodologiques.

D'abord, en raison de la taille de notre échantillon, nous n'avons subdivisé notre population qu'en deux groupes (<75, > 75 ans), il est possible qu'une population plus grande, permettant de distinguer des sous-groupes d'âge différents, ferait apparaître des différences plus précocement.

Ensuite, il faut souligner que cette population était particulièrement active. Alors qu'une étude de la population genevoise randomisée avait démontré un taux de sédentarité entre 80 et 90% (86), on ne compte ici que 24.8% de sujets sédentaires. Ceci est probablement dû au mode de recrutement (auprès d'associations de loisirs et d'activité du 3^{ème} âge), qui a permis non seulement de sélectionner des gens en bonne santé mais encore des gens actifs et dynamiques. Ainsi, l'excellente conservation de la composition corporelle observée ici pourrait être l'effet d'un biais de sélection positive et l'évolution de la composition corporelle être simplement retardée dans le temps, par rapport à une population randomisée. Cette observation laisse supposer que l'évolution d'une population ne se superpose pas à celle d'un individu, ce dont il faudrait tenir compte lors de recommandations thérapeutiques.

Le gain de MG mesuré concorde avec les observations de deux études longitudinales l'une par hydrodensitométrie, l'autre par DEXA (91, 92).

En ce qui concerne la masse non grasse par contre, l'étude de Hughes (91), menée sur 10 ans, avait montré une perte de masse musculaire de 2% par décennie liée à une variation de poids chez les hommes seulement, indépendamment de l'âge et de l'activité physique, alors qu'ici, avant analyse par catégorie d'activité, seules les femmes de plus de 75 ans perdent de

la masse maigre. En effet, la moyenne d'âge du collectif de Hugues est de 69,9 ans. En supposant que la perte de MNG chez les femmes survient après 75 ans (selon nos propres données), cette perte n'aurait pas encore eu lieu et laisse supposer que la MNG des femmes reste stable alors qu'elle survient simplement plus tardivement. L'absence de variation significative de la MNG, chez nos sujets masculins, avant adaptation pour l'activité physique, pourrait être expliquée par la durée d'observation. Comme mentionné ci dessus, Hughes a observé son collectif sur 10 ans et ne relève qu'une variation minimale : - 2 % de masse maigre par décade. Il est possible que ce changement ait lieu dans notre population mais qu'il soit encore trop faible pour être statistiquement significatif après trois ans seulement d'observation. D'autre part, Hughes souligne que la perte de masse musculaire est fortement liée à la variation du poids. Le fait que nous n'enregistrons ni variation du poids ni perte de masse maigre dans notre collectif masculin pourrait appuyer cette théorie.

L'étude de Visser démontrait aussi une perte de masse maigre surtout chez les hommes, cependant, aucune donnée précise ne figure quant au degré d'activité physique (92). Il est possible que ce collectif multiethnique soit moins actif et donc plus prompt à perdre sa masse musculaire.

6.2. Activité physique

Nous n'avons pas observé, chez les femmes, d'effet de l'activité physique sur la masse musculaire. L'activité physique semble, par contre, préserver les femmes actives de moins de 75 ans d'une prise significative ($p=0.001$) de MG observée chez les femmes sédentaires du même groupe d'âge.

L'activité physique est associée chez les hommes à une masse musculaire globalement plus importante ($p= 0.032$), indépendamment de l'âge, et à une atténuation de la perte de masse musculaire liée à l'âge, sans effet bénéfique sur la MG.

La différence de qualité de l'exercice physique pourrait expliquer la disparité des résultats sur la masse maigre entre hommes et femmes. En effet, bien que le pourcentage de sédentarité soit bien en-dessous de la moyenne nationale dans les deux sexes (voir tableau 2), le nombre d'hommes pratiquant une activité sportive de haute intensité ($> 10\%$ de la dépense énergétique totale consacrée à de l'activité de haute intensité, $> 6\text{MET}/\text{min}$) est supérieur (27%) à celui des femmes (5%). Cette hypothèse a déjà été émise par Visser et al. Cette étude cherchait à vérifier, dans une population entre 55 et 85 ans, la relation, connue dans une population plus jeune, entre diminution de la MG abdominale (corrélée à une diminution des risques cardiovasculaires) et activité physique. Cette hypothèse s'était révélée correcte, pour autant que les sujets participent à une activité sportive régulière (dépense énergétique non spécifiée), l'activité physique seule (ménage, marche...) n'ayant pas d'effet (57).

Le fait que, dans notre étude, les hommes actifs gagnent davantage, durant la période d'observation, de MG que les sujets sédentaires ($p= 0.013$ vs 0.15) est inattendu et contradictoire avec les résultats précédents. Il est possible que les sujets actifs, de par leur mode de vie (l'activité physique étant souvent liée à une activité sociale plus étendue) aient un apport énergétique plus important, non équilibré par la dépense liée à l'exercice, provoquant ainsi un bilan calorique positif et une accumulation de MG.

Ainsi, globalement, ces résultats soulignent l'importance d'une activité physique régulière, pour autant qu'elle soit assez intense (probablement au-delà de 6 MET, voir

définition de l'intensité de l'activité physique, page 24-25). Elle semble permettre un gain de capital musculaire, un ralentissement du phénomène de sarcopénie et une diminution de la prise de MG.

Dans une tentative de définir la sarcopénie de manière objective, Baumgartner (12) a élaboré un indice de sarcopénie (voir point 4.1.2.b). Il avait trouvé que cet indice était corrélé, chez les hommes avec des troubles de l'équilibre, des handicaps physiques (reportés sur la base d'un questionnaire) et avec l'emploi d'une aide à la marche. Chez les femmes, la définition de sarcopénie corrélait seulement avec le nombre de handicaps physiques rapportés par les patientes (12). Cet indice, adapté à notre population selon Kyle et al. (10), ne corrèle pas avec le degré d'activité physique reporté par les patients. En effet, 53.4 % des patients sarcopéniques selon la définition étaient actifs, et donc ne reportait aucune limitation de leur activité quotidienne. Les 46.6 % des patients sédentaires et sarcopéniques ne reportaient pas non plus de limitations majeures de leur activité, bien qu'aucune question spécifique ne figure dans le questionnaire, ce qui ne permet pas de l'exclure de manière catégorique.

Donc, l'indice de sarcopénie, tel que décrit dans la littérature actuelle, ne permet pas de définir précisément une norme de masse musculaire au-dessous de laquelle celle-ci devient insuffisante pour effectuer les activités de la vie quotidienne. La masse musculaire, indispensable au fonctionnement physiologique, reste pour le moment inconnue. Sachant que la masse musculaire moyenne varie d'une population à l'autre, notamment selon l'appartenance ethnique (18, 19), il est imaginable que le pourcentage minimum de masse musculaire indispensable aux fonctions de base (marcher, monter les escaliers, porter une charge légère, assumer des tâches ménagères,...) soit différent d'une population à l'autre. Et

que, par exemple, si une population multiethnique du Nouveau Mexique nécessite une masse musculaire n'allant pas au-dessous de 2 déviations standard par rapport à une population jeune, une population genevoise, européenne puisse diminuer sa masse musculaire davantage avant d'en ressentir les conséquences. En utilisant un indice de masse musculaire relatif au carré de la masse (kg^2) et non au carré de la taille comme proposé par Baumgartner (12), Kyle (10) et Krahnstoever (56), Janssen (44) décrit une bonne corrélation entre sarcopénie et limitation de la mobilité dans la vie quotidienne. Il semblerait en effet assez logique que la masse musculaire indispensable pour se déplacer soit une fonction de la masse totale. Il est raisonnable de penser que non seulement la quantité mais encore la qualité de la masse musculaire joue un rôle dans sa fonction. Peu de données sont disponibles sur ce sujet dans la littérature, mais Visser décrit une corrélation entre masse et fonction musculaires et infiltration graisseuse du muscle (45).

6.3. Evolution du potassium corporel total

Le contenu en potassium et la masse musculaire n'évoluent pas conjointement.

Chez les femmes, la perte de potassium semble précéder la perte de masse musculaire puis ralentir. Dans la population masculine, chez qui la masse musculaire reste stable avant analyse des sous-groupes en fonction du degré d'activité physique, la perte de potassium par unité de masse musculaire continue après 75 ans.

Les discrédances entre variations de la masse maigre (faible) et de potassium total (importante) reflétées par l'index PCT/MNG corrélient avec les données de la littérature qui montrent une diminution progressive du contenu moyen en potassium par unité de masse

musculaire ou de poids corporel, laissant supposer des changements de la qualité du muscle en fonction de l'âge (81, 93). Cette notion de qualité du muscle pourrait expliquer pourquoi on ne trouve pas systématiquement un lien entre masse musculaire et performance physique. Il serait intéressant de comparer le contenu en potassium de deux sujets de masse musculaire comparable mais présentant des degrés de performance physique différents, en terme de force ou d'endurance.

Sachant que la mesure du potassium corporel total comprend non seulement le potassium musculaire mais encore l'ensemble du potassium cellulaire, il est probable, bien que la littérature ne donne pas d'information sur ce point-là, qu'une diminution, globale et non spécifiquement musculaire du contenu cellulaire en potassium, due à la sénescence, influence ce résultat.

Le contenu cellulaire en potassium diminue plus et plus rapidement chez les hommes, ce qui est cohérent avec une étude parue récemment et montrant une diminution deux à trois fois plus rapide chez les hommes que chez les femmes, en fonction de l'appartenance ethnique (94). Une étude sur des patients sidéens avait montré une corrélation étroite entre perte de masse cellulaire mesurée par comptage du potassium corporel total et mortalité (95). A titre purement spéculatif, on pourrait penser que, chez les femmes, la mort cellulaire non seulement musculaire mais aussi globale est plus lente, ce qui corrélait avec l'observation quasi universelle selon laquelle l'espérance de vie est supérieure chez les femmes que chez les hommes.

Dans notre étude cependant, il est indispensable de noter que le ralentissement de la perte de potassium corporelle, reflété par une stabilisation de l'index PCT/MNG chez les sujets féminins âgés est aussi simplement due au fait que ces sujets perdent plus de MNG

que leurs homologues masculins. L'absence d'effet de l'activité physique sur le rythme de perte de potassium corporel total laisse supposer un phénomène lié à l'âge, irrémédiable.

6.4. Comparaison des résultats obtenus par DEXA et par BIA

La BIA et la DEXA permettent de mettre en évidence de manière équivalente les variations de la composition corporelle au cours des 3 années d'observation de notre étude. Les deux méthodes peuvent donc être utilisées pour effectuer le suivi des patients. Nos résultats confirment la validité de la BIA pour mettre en évidence des changements de la composition corporelle dans le temps, en utilisant les équations de Segal (78) et Kushner (77). Ce résultat est d'importance clinique majeure puisqu'il permet d'utiliser la BIA, une méthode simple, rapide et peu coûteuse pour évaluer des changements même mineurs de la masse musculaire et grasse afin de suivre les patients et, le cas échéant, d'évaluer l'évolution sous un éventuel traitement

6.5. Influence de la maladie

L'analyse du sous-groupe des sujets malades (table 13), (exclue de l'analyse principale par définition), montrant une diminution significative de la masse musculaire ainsi qu'une tendance à la perte de poids et de MG souligne de manière cruciale le rôle des facteurs non physiologiques influençant la composition corporelle et donc l'état nutritionnel. Une étude à Genève avait montré que près de 40 % des patients étaient modérément dénutris (sur la base

d'un questionnaire et de la BIA) à leur admission aux Hôpitaux universitaires de Genève (96), résultat confirmé par d'autres études (38, 39). Il semble donc indispensable d'interpréter l'état nutritionnel à la lumière de l'état de santé global. Si la dénutrition est certainement un facteur de risque pour des pathologies variables, la maladie elle-même provoque des changements considérables de la composition corporelle allant dans le sens d'une malnutrition importante. En effet, l'alitement, les dysfonctions neuromusculaires, la sécrétion de cytokines pro-inflammatoires (TNF, Interleukines, Interférons), le stress métabolique (traumatisme, infection), l'inappétence liées à la maladie provoquent tous une atrophie musculaire, prépondérante et rapide, et une perte de MG. L'hypothèse selon laquelle les cytokines jouent un rôle fondamental dans l'évolution de la composition corporelle va dans le sens décrit par Roubenoff (40). La littérature décrit en effet une augmentation de l'interleukine 6 (IL-6) lors du vieillissement physiologique. On a en effet attribué à cette cytokine des propriétés anorexigènes et cataboliques qui pourraient expliquer son rôle dans le développement de la sarcopénie (40).

7. CONCLUSION

Des changements de la composition corporelle ont été observés lors du suivi sur trois ans chez 117 sujets sains âgés de plus de 65 ans.

Les femmes, avant 75 ans, prennent du poids et de la MG ; après 75 ans, elles perdent de la masse musculaire. La pratique régulière d'une activité physique non exclusivement sportive permet le ralentissement de la prise de MG avant 75 ans.

Chez les hommes, le poids et la masse musculaire restent stables, pour autant qu'ils continuent à pratiquer une activité physique régulière après 75 ans. La MG augmente significativement chez les sujets actifs, ce qui laisse supposer que leurs apports alimentaires excèdent leurs besoins. Ce postulat devrait cependant être évalué plus en détails.

L'activité physique doit être assez intense (≥ 6 MET) pour qu'un bénéfice sur l'évolution de la MNG puisse être observé. Le bon état de santé contribue également au maintien de la composition corporelle. La maladie accélère beaucoup la perte de MNG et provoque une perte de MG.

Finalement, il est vraisemblable que la fonction musculaire soit déterminée non seulement par la masse musculaire mais aussi par sa qualité, représentée par exemple, par le contenu cellulaire en potassium. La relation entre potassium et fonction musculaire devrait donc être examinée plus spécifiquement.

8. REFERENCES

1. Solomons, N. Demographic and nutritional trends among the elderly in developed and developing regions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54: S2-14, 2000.
2. McArdle, w., Katch, F., and V., K. *Exercise physiology, energy, nutrition, and human performance*, 3rd edition, 1991.
3. Rodwell Williams, S. *Nutrition and diet therapy*, 6th edition, 1989.
4. Tamchès, E. *Mesure prospective de la composition corporelle par bioimpédance électrique chez 1102 sujets sains âgés de 15 à 94 ans:établissement de percentiles. médecine interne. genève: ggenève, faculté de médecine*, 1999.
5. Lilienthal Heitmann, B. and Garby, L. Composition (lean and fat tissue) of weight changes in adult Danes. *American journal of clinical nutrition*, 75: 840-847, 2002.
6. Kyle, U., Genton, L., Hans, D., Karsegard, V., Slosman, D., and Pichard, C. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *European journal of clinical Nutrition*, 2001.
7. Schutz, Y., Kyle, U. G., and Pichard, C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-94 y. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 26: 953-960, 2002.
8. Kyle, U. G., Genton, L. C., Slosman, D. O., and Pichard, C. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition*, 17: 534-541, 2001.
9. Kyle, U. G., Genton, L., and Pichard, C. Body composition: what's new ? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 5: 427-433, 2002.
10. Kyle, U., Genton, L., Didier, H., Karsegard, V., Michel, J.-P., Slosman, D., and Pichard, C. Total Body Mass, Fat Mass, Fat-Free Mass, and skeletal Muscle in Older People: Cross-Sectional Differences in 60-year-old Persons. *Journal of American Geriatrics Society*, 49: 1633-1640, 2001.
11. Baumgartner, R. N., Stauber, P. M., McHugh, D., Koehler, K. M., and Garry, P. J. Cross-sectional age differences in body composition in persons 60+ years of age. *Journal of Gerontology*, 50A: M307-M316, 1995.
12. Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. b., Ross, R. R., Garry, P. J., and Lindeman, R. D. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *American Journal of Epidemiology*, 147: 755-763, 1998.

13. Pichard, C., Kyle, U. G., Bracco, D., Slosman, D. O., Morabia, A., and Schutz, Y. Reference values of fat-free and fat mass by bioelectrical impedance analysis (BIA) in 3393 healthy subjects. *Nutrition*, *16*: 245-254, 2000.
14. Starling, R. D., Ades, P. A., and Poehlman, E. T. Physical activity, protein intake, and appendicular skeletal muscle mass in older men. *American Journal of Clinical Nutrition*, *70*: 91-96, 1999.
15. Ortiz, O., Russell, M., Daley, T., Baumgartner, R., Waki, M., Lichtman, S., Wang, J., Pierson, R. J., and Heymsfield, S. Differences in skeletal muscle and bone mineral mass between black and white females and their relevance to estimates of body composition. *American journal of clinical nutrition*, *55*: 8-13, 1992.
16. Wright, N., Renault, J., Willi, S., Veldhuis, J., Pandey, J., Gordon, L., Key, L., and Bell, N. Greater secretion of growth hormone in black than in white men: possible factor in greater bone mineral density--a clinical research center study. *Journal of Clinical endocrinology and Metabolism*, *80*: 2291-2297, 1995.
17. Schutte, J., Townsend, E., Hugg, J., Shoup, R., Malina, R., and Blomqvist, C. Density of lean body mass is greater in blacks than in whites. *Journal of Applied Physiology*, *56*: 1647-1649, 1984.
18. Wagner DR, H. V. Measures of body composition in blacks and whites: a comparative review. *American journal of clinical nutrition*, *71*: 1392-1402, 2000.
19. Deurenberg, P., Deurenberg-Yap, M., and Guricci, S. Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat per cent relationship. *Obesity Review*, *3*: 141-146, 2002.
20. Rosenberg, I. H. Summary comments. *American Journal of Clinical Nutrition*, *50* (suppl): 1231S-1233S, 1989.
21. Roubenoff, R. The pathophysiology of wasting in the elderly. *Journal of Nutrition*, *129*: 256-259, 1999.
22. Roberts, S. Regulation of energy intake in relation to metabolic state and nutritional status. *European Journal of Clinical Nutrition*, *54*: S 64-69, 2000.
23. Morley, J. Anorexia of aging: physiologic and pathologic. *American journal of clinical nutrition*, *66*: 760-773, 1997.
24. Morley, J., Kumar, V., Mattammal, M., Farr, S., Morley, P., and Flood, J. Inhibition of feeding by a nitric oxide synthase inhibitor: effects of aging. *European Journal of Pharmacology*, *311*: 15-19, 1996.
25. MacIntosh, C., Andrews, J., Jones, K., Wishart, J., Morris, H., Jansen, J., Morley, J., Horowitz, M., and Chapman, I. Effects of age on concentrations of plasma cholecystokinin, glucagon-like peptide 1, and peptide YY and their relation to

- appetite and pyloric motility. *American journal of clinical nutrition*, 68: 999-1006, 1999.
26. Morley, J., Baumgartner, R., Roubenoff, R., Mayer, J., and Nair, K. Sarcopenia. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 137: 231-247, 2001.
 27. Bales, C. and Ritchie, C. Sarcopenia, weight loss, and nutritional frailty in the elderly. *Annual review of nutrition*, 22: 309-323, 2002.
 28. Greenlund, L. and Nair, K. Sarcopenia-consequences, mechanisms, and potential therapies. *Mechanisms of Ageing and Development*, 124: 287-299, 2003.
 29. Tomlinson, B. and Irving, D. The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life. *Journal of neurological science*, 34: 213-219, 1977.
 30. Brown, W., Strong, M., and Snow, R. Methods for estimating numbers of motor units in biceps-brachialis muscles and losses of motor units with aging. *Muscle Nerve*, 11: 423-432, 1988.
 31. Roubenoff, R. Sarcopenia and its implications for the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54: S 40-47, 2000.
 32. van den Beld, A., de Jong, F., Grobbee, D., Pols, H., and Lamberts, S. Measures of bioavailable serum testosterone and estradiol and their relationships with muscle strength, bone density, and body composition in elderly men. *Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 85: 3276-3282, 2000.
 33. Gruenewald, D. and Matsumoto, A. Testosterone Supplementation Therapy for Older Men: Potential Benefits and Risks. *Journal of the american geriatrics society*, 51: 101-115, 2003.
 34. Nass, R. and Thorner, M. Impact of the GH-cortisol ratio on the age-dependent changes in body composition. *Growth hormone & IGF research : official journal of the Growth Hormone Research Society and the International IGF Research Society*, 12: 147-161, 2002.
 35. Guyton, A. *Textbook of medical physiology*. 964-965, 1981.
 36. Castaneda, C., Gordon, P. L., Uhlin, K. L., Levey, A. S., Kehayias, J. J., Dwyer, J. T., Fielding, R. A., Roubenoff, R., and Singh, M. F. Resistance training to counteract the catabolism of a low-protein diet in patients with chronic renal insufficiency. A randomized, controlled trial. *Annals of Internal Medicine*, 135: 965-976, 2001.
 37. Kyle, U., Unger, P., Dupertuis, Y., Karsegard, L., Genton, L., and Pichard, C. Body composition in 995 acutely or chronically ill patients at hospital admission: a controlled population study. *Journal of the American Dietetic Association*, 102: 944-955, 2002.

38. Middleton, M., Nazarenko, G., Nivison-Smith, I., and Smerdely, P. Prevalence of malnutrition and 12-month incidence of mortality in two Sydney teaching hospitals. *Internal Medicine Journal*, 31: 455-456, 2001.
39. Edington, J., Boorman, J., Durrant, E., Perkins, A., Giffin, C., James, R., Thomson, J., Oldroyd, J., Smith, J., Torrance, A., Blackshaw, V., Green, S., Hill, C., Berry, C., McKenzie, C., Vicca, N., Ward, J., and Coles, S. Prevalence of malnutrition on admission to four hospitals in England. The Malnutrition Prevalence Group. *Clinical nutrition*, 19: 191-195, 2000.
40. Roubenoff, R. Catabolism of aging: is it an inflammatory process? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 6: 295-299, 2003.
41. Lexell, J., Taylor, C., and Sjostrom, M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *Journal of neurological science*, 84: 275-294, 1988.
42. Balagopal, P., Rooyackers, O., Adey, D., Ades, P., and Nair, K. Effects of aging on in vivo synthesis of skeletal muscle myosin heavy-chain and sarcoplasmic protein in humans. *American journal of physiology*, 273: E790-800, 1997.
43. Newman, A., Haggerty, C., Goodpaster, B., Harris, T., Kritchevsky, S., Nevitt, M., Miles, T., and Visser, M. Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: the Health, Aging and Body Composition Study. *Journal of american geriatric society*, 51: 323-330, 2003.
44. Janssen, I., Heymsfield, S., and Ross, R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of american geriatric society*, 50: 889-896, 2002.
45. Visser, M., Kritchevsky, S., Goodpaster, B., Newman, A., Nevitt, M., Stamm, E., and Harris, T. Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study. *Journal of american geriatric society*, 50: 897-904, 2002.
46. Pedersen, A., Ovesen, L., Schroll, M., Avlund, K., and Era, P. Body composition of 80-years old men and women and its relation to muscle strength, physical activity and functional ability. *Journal of Nutrition, health and aging*, 6: 413-420, 2002.
47. Marshall, D., Johnell, O., and Wedel, H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *British medical journal*, 312: 1254-1259, 1996.
48. McCartney, N., Hicks, A., Martin, J., and Webber, C. A longitudinal trial of weight training in the elderly: continued improvements in year 2. *The journals of*

- gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences., 51: B425-433, 1996.
49. Ades, P., Ballor, D., Ashikaga, T., Utton, J., and Nair, K. Weight training improves walking endurance in healthy elderly persons. *Annals of internal medicine*, 15: 568-572, 1996.
 50. Tseng, B., Marsh, D., Hamilton, M., and Booth, F. Strength and aerobic training attenuate muscle wasting and improve resistance to the development of disability with aging. *Journal of gerontology, Series A*, 50A: 113-119, 1995.
 51. Waters, D., Brooks, W., Clifford, R., and Baumgartner, R. N. Skeletal muscle mitochondrial function and lean body mass in healthy exercising elderly. *Mechanisms of Ageing and Development*, 124: 301-309, 2003.
 52. Sale, J., McCargar, L., Crawford, S., and Taunton, J. Effects of exercise modality on metabolic rate and body composition. *Clinical journal of sport medicine*, 5: 100-107, 1995.
 53. Minck MR, R. L., Van Mechelen W, Kemper HC, Twisk JW. Related Articles, Links Physical fitness, body fatness, and physical activity: The Amsterdam Growth and Health Study. *American journal of Human Biology*, 12: 593-599, 2000.
 54. Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. R., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., Roberts, S. B., Kehayias, J. J., Lipsitz, L. A., and Evans, W. J. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *New England Journal of Medicine*, 330: 1769-1775, 1994.
 55. Pollock, M. L., Foster, C., Knapp, D., Rod, J. L., and Schmidt, D. H. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *Journal of Applied Physiology*, 62: 725-731, 1987.
 56. Krahnstoever Davison, K., Ford, E., Cogswell, M., and Dietz, W. Percentage of body fat and body mass index are associated with mobility limitations in people aged 70 and older from NHANES III. *Journal of american geriatric society*, 50: 1802-1809, 2002.
 57. Visser, M., Launer, L., Deurenberg, P., and Deeg, D. Total and sports activity in older men and women: relation with body fat distribution. *American Journal of Epidemiology*, 145: 752-761, 1997.
 58. Matsuzawa, Y., Nakamura, T., Shimomura, I., and Kotani, K. Visceral fat accumulation and cardiovascular disease. *Obesity Resaerch*, 5: 645-647, 1995.
 59. Van Pelt, R., Evans, E., Schechtman, K., Ehsani, A., and Kohrt, W. Contributions of total and regional fat mass to risk for cardiovascular disease in older women. *American journal of physiology endocrinology and metabolism*, 282: E 1023-1028, 2002.

60. Garrow, J. S. and W.P.T., J. Human nutrition and dietetics, 9th edition: Churchill Livingstone, 1993.
61. Payette, H., Boutier, V., Coulombe, C., and Gray-Donald, K. Benefits of nutritional supplementation in free-living, frail, undernourished elderly people: a prospective randomized community trial. *Journal of the American Dietetic Association*, 102: 1088-1095, 2002.
62. Gray-Donald, K., Payette, H., and Boutier, V. Randomized clinical trial of nutritional supplementation shows little effect on functional status among free-living frail elderly. *Journal of Nutrition*, 125: 2965-2971, 1995.
63. Meredith, C., Frontera, W., O'Reilly, K., and Evans, W. Body composition in elderly men: effect of dietary modification during strength training. *Journal of American Geriatric Society*, 40: 155-162, 1992.
64. de Jong, N., Chin A Paw, M., de Graaf, C., and van Staveren, W. Effect of dietary supplements and physical exercise on sensory perception, appetite, dietary intake and body weight in frail elderly subjects. *British Journal of Nutrition*, 83: 605-613, 2000.
65. Bonnefoy, M., Cornu, C., Normand, S., Boutitie, F., Bugnard, F., Rahmani, A., Lacour, J., and Laville, M. The effects of exercise and protein-energy supplements on body composition and muscle function in frail elderly individuals: a long-term controlled randomised study. *British Journal of Nutrition*, 89: 731-739, 2003.
66. Sorensen, M., Rosenfalck, A., Hojgaard, L., and Ottesen, B. Obesity and sarcopenia after menopause are reversed by sex hormone replacement therapy. *Obesity Research*, 9: 622-626, 2001.
67. Evans, E., Van Pelt, R., Binder, E., Williams, D., Ehsani, A., and Khort, W. Effects of HRT and exercise training on insulin action, glucose tolerance, and body composition in older women. *Journal of Applied Physiology*, 90: 2033-2040, 2001.
68. Gambacciani, M., M., C., Cappagli, B., Piaggese, L., De Simone, L., Orlandi, R., and Grenazzani, R. Body weight, body fat distribution, and hormonal replacement therapy in early postmenopausal women. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 82: 414-4417, 1997.
69. Brown, M., Birge, S., and Kohrt, W. Hormone replacement therapy does not augment gains in muscle strength or fat-free mass in response to weight-bearing exercise. *Journal of Gerontology Series A Biological Science and Medical Science*, 52: B166-170, 1997.
70. Hagberg, J., Zmuda, J., McCole, S., Rodgers, K., Wilund, K., and Moore, G. Determinants of body composition in postmenopausal women. *Journal of Gerontology Series A Biological Science and Medical Science*, 55: M 607-612, 2000.

71. Guo, S. S., Zeller, C., Chumlea, W. C., and Siervogel, R. M. Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 405-411, 1999.
72. Frisancho, R. Triceps skinfolds and upper arm muscle size norms of assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 27: 1052-1058, 1974.
73. Frisancho, R. New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. *American Journal of Clinical Nutrition*, 40: 808-819, 1984.
74. Chumlea, W. C. and Guo, S. S. Bioelectrical impedance and body composition: present status and future directions. *Nutrition Reviews*, 52: 123-131, 1994.
75. Lukaski, H. C. Method for assessment of human body composition: traditional and new. *American Journal of Clinical Nutrition*, 46: 537-556, 1987.
76. Kuczmarski, R. J. Bioelectrical impedance analysis measurements as part of a national nutrition survey. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64: 453S-458S, 1996.
77. Kushner, R. F. and Haas, A. Estimation of lean body mass by bioelectrical impedance analysis compared to skinfold anthropometry. *European Journal of Clinical Nutrition*, 42: 101-106, 1988.
78. Segal, K. R., Van Loan, M., Fitzgerald, P. I., Hodgdon, J. A., and Van Itallie, T. B. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross over validation. *American Journal of Clinical Nutrition*, 47: 7-14, 1988.
79. Boulier, A. La composition corporelle de l'homme: méthodes de mesure et résultats. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 27: 229-235, 1992.
80. Heymsfield, S. B., Nunez, C., Testolin, C., and Gallagher, D. Anthropometry and methods of body composition measurement for research and field application in the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54: S26-S32, 2000.
81. Kehayias, J. J., Fiatarone, M. A., Zhuang, H., and Roubenoff, R. Total body potassium and body fat: relevance to aging. *American Journal of Clinical Nutrition*, 66: 904-910, 1997.
82. Kinney, J. M., Lister, J., and Moore, F. D. Relationship of energy expenditure to total exchangeable potassium. *Annals New York Academy of Sciences*, 110: 711-722, 1963.
83. Visser, M., Fuerst, T., Lang, T., Salamone, L., and Harris, T. Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. *Health, Aging, and Body Composition Study-Dual-Energy X-ray Absorptiometry*

- and Body Composition Working Group. *Journal of Applied Physiology*, 87: 1513-1520, 1999.
84. Heymsfield, S. B., Smith, R., Aulet, M., Benson, B., Lichtman, S., Wang, J., and Pierson Jr, R. N. Appendicular skeletal muscle mass: measurement by dual-photon absorptiometry. *American Journal of Clinical Nutrition*, 52: 214-218, 1990.
 85. Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, L., Slosman, D., and Pichard, C. Age-related differences in fat-free, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 yrs of age. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55: 663-672, 2001.
 86. Bernstein, M., Morabia, A., and Sloutskis, D. Definition and prevalence of sedentarism in an urban population. *American journal of public health*, 89: 862-867, 1999.
 87. Ainsworth, B., Hasekell, W., Whitt, M., Irwin, M., Swartz, A., Strath, S., O'Brien, W., Basset, D., Schmitz, K., Emplaincourt, P., Jacobs, D., and Leon, A. Compendium of Physical Activities: an update of activities codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32: 498-504, 2000.
 88. Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., and al., a. Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and the American College of Sports Medicine. *Journal of the American Medical Association*, 273: 402-407, 1995.
 89. Martin, P. and Pordenone, G. Quand le marché fait école. La redéfinition néo-libérale du système de formation suisse. Edition d' En-bas, 1996.
 90. US Department, o. h. a. h. s. Healthy people 2000,: national health promotion and disease prevention objectives. DHHS publication 91-50212, 1991.
 91. Hughes, V., Frontera, W., R., R., Evans, W., and Singh, M. Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *American journal of clinical nutrition*, 76: 473-481, 2002.
 92. Visser, M., Pahor, M., Tylavsky, F., Kritchevsky, S., Cauley, J., Newman, A., Blunt, B., and Harris, T. One- and two-year change in body composition as measured by DXA in a population-based cohort of older men and women. *Journal of Applied Physiology*, 94: 2368-2374, 2003.
 93. Larsson, I., Lindroos, A., Peltonen, M., and Sjostrom, L. Potassium per kilogram fat-free mass and total body potassium: predictions from sex, age, and anthropometry. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 2: E 416-423, 2003.
 94. He, Q., Heo, M., Heshka, S., Wang, J., Pierson, R. J., Albu, J., Wang, Z., Heymsfield, S., and Gallagher, D. Total body potassium differs by sex and race across the adult age span. *American journal of clinical nutrition*, 78: 72-77, 2003.

95. Kotler, D., Tierney, A., Wang, J., and Pierson, R. J. Magnitude of body-cell-mass depletion and the timing of death from wasting in AIDS. *American journal of clinical nutrition*, 50: 444-447, 1989.
96. Kyle, U., Unger, P., Mensi, N., Genton, L., and Pichard, C. Nutritional status in patients younger and older than 60 y at hospital admission: a controlled population study in 995 subjects. *Nutrition*, 18: 463-469, 2002.