



Thèse

2003

Public access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Un nouveau programme d'activité physique pour patients obèses

Gasteyger, Christophe

How to cite

GASTEYGER, Christophe. Un nouveau programme d'activité physique pour patients obèses. Doctoral Thesis, 2003. doi: [10.13097/archive-ouverte/unige:172](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:172)

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:172>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:172](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:172)

© This document is protected by copyright. Please refer to copyright holder(s) for terms of use.

Last deposit update in Archive ouverte UNIGE on 13.08.2025 09:32

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DE MÉDECINE
SECTION DE MÉDECINE CLINIQUE
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE INTERNE
DIVISION D'ENSEIGNEMENT THÉRAPEUTIQUE
POUR MALADIES CHRONIQUES

THÈSE EFFECTUÉE SOUS LA DIRECTION DU DOCTEUR ALAIN GOLAY, PD

UN NOUVEAU PROGRAMME D'ACTIVITÉ PHYSIQUE POUR PATIENTS OBESES

THÈSE

PRÉSENTÉE À LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

CHRISTOPHE GASTEYGER

DE

ZURICH

THÈSE NO 10302

GENÈVE
2003

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	4
1. INTRODUCTION	6
1.1 INTRODUCTION	6
1.2 DÉFINITIONS	6
1.3 LE CONCEPT DE DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE	7
1.4 LES COMPOSANTS DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE	8
1.5 CONSOMMATION DES SUBSTRATS ÉNERGÉTIQUES DURANT L'EXERCICE PHYSIQUE	9
1.5.1 SUBSTRATS UTILISÉS	9
1.5.2 STOCKS D'ÉNERGIE	9
1.5.3 LES VARIABLES INFLUENÇANT L'OXYDATION DES SUBSTRATS DURANT L'ACTIVITÉ PHYSIQUE	10
1.6 RÔLE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE DANS LES VARIATIONS DU POIDS CORPOREL	12
1.6.1 PERTE DE POIDS THÉORIQUE ATTENDUE SUITE À L'ACTIVITÉ PHYSIQUE	12
1.6.2 LES PERTES DE POIDS CONSTATÉES EN PRATIQUE	13
1.6.3 RÔLE DE L'EXERCICE PHYSIQUE DANS LA PRÉVENTION DE LA PRISE DE POIDS	16
1.6.4 IMPORTANCE DE L'INTENSITÉ DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE	16
1.7 OBSTACLES RENDANT UNE AUGMENTATION DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE DIFFICILE POUR LE PATIENT OBÈSE	17
1.8 BUT DE L'ÉTUDE	18
2. MATERIEL ET METHODES	19
2.1 SUJETS	19
2.2 ANTHROPOMÉTRIE	19
2.3 PROGRAMME D'EXERCICE	20
2.4 ANALYSE STATISTIQUE	21
3. RESULTATS	22
3.1 CARACTÉRISTIQUES DE BASE DES SUJETS	22
3.2 EFFET DU PROGRAMME D'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE	26
3.2.1 EFFET DE L'EXERCICE SUR LE POIDS	26
3.2.2 EFFET DE L'EXERCICE SUR LA QUANTITÉ DE GRAISSE CORPORELLE	26
3.2.3 EFFET DE L'EXERCICE SUR LE PÉRIMÈTRE OMBILICAL	26

3.3	EFFET DU PROGRAMME D'EXERCICE PHYSIQUE SUR LES PERFORMANCES ET LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES AUX SEUILS DES GRAISSES ET ANAÉROBIE	31
3.3.1	EFFET DE L'EXERCICE SUR LA PERFORMANCE AU SEUIL DES GRAISSES	31
3.3.2	EFFET DE L'EXERCICE SUR LA PERFORMANCE AU SEUIL ANAÉROBIE	31
3.3.3	EFFET DE L'EXERCICE SUR LA FRÉQUENCE CARDIAQUE AU SEUIL DES GRAISSES	33
3.3.4	EFFET DE L'EXERCICE SUR LA FRÉQUENCE CARDIAQUE AU SEUIL ANAÉROBIE	34
3.3.5	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA CONSOMMATION D'OXYGÈNE AU SEUIL DES GRAISSES	35
3.3.6	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA CONSOMMATION D'OXYGÈNE AU SEUIL ANAÉROBIE	36
3.3.7	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA VENTILATION AU SEUIL DES GRAISSES	37
3.3.8	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA VENTILATION AU SEUIL ANAÉROBIE	38
3.4	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES À LA VITESSE DE 6 KM/H	44
3.4.1	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA FRÉQUENCE CARDIAQUE AU SEUIL DE 6 KM/H	44
3.4.2	EFFET DE L'EXERCICE SUR LA CONSOMMATION D'OXYGÈNE AU SEUIL DE 6 KM/H	45
3.4.3	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA VENTILATION AU SEUIL DE 6 KM/H	46
3.5	CORRÉLATION ENTRE LA MODIFICATION DE POIDS INDUITE PAR L'EXERCICE ET CERTAINES VARIABLES MESURÉES	49
4.	DISCUSSION	55
4.1	CARACTÉRISTIQUES DE LA CONDITION PHYSIQUE DES SUJETS OBÈSES COMPARÉE À CELLE DES SUJETS CONTRÔLES AVANT EXERCICE	55
4.2	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE	55
4.3	EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LES PERFORMANCES ET CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES	57
4.4	CORRÉLATION ENTRE PERTE DE POIDS ET AMÉLIORATION DES PERFORMANCES PHYSIQUES	57
4.5	LIMITES DE L'ÉTUDE	58
4.6	CONCLUSIONS	59
5.	REFERENCES	60

RÉSUMÉ

INTRODUCTION

Les nombreux effets bénéfiques de l'activité physique sur la santé sont actuellement clairement démontrés, aussi bien chez des sujets normopondéraux que chez des sujets obèses. En revanche, le rôle de l'exercice dans la perte de poids chez des sujets obèses demeure nettement plus controversé. S'il existe des publications qui ont mis en évidence un effet significatif de l'exercice seul sur la composition corporelle, bon nombre d'autres en revanche ont affirmé que, sans restriction calorique associée, l'activité physique ne permettait que des pertes de poids négligeables. Cependant, il apparaît maintenant de plus en plus clairement que ce n'est pas seulement la présence ou l'absence de l'activité physique qui importe, mais aussi la façon dont celle-ci est conçue. C'est en nous fondant sur ce dernier constat que nous avons mis au point un programme d'activité physique spécialement adapté aux besoins des patients obèses. Ce programme vise une perte pondérale en favorisant l'oxydation des graisses durant l'effort.

MATERIEL ET METHODES

Nous avons utilisé les données issues du suivi d'un total de 51 sujets, âgés de 42.2 ± 1.9 ans (\pm SEM). Trente-huit sujets (27 femmes et 11 hommes) avec un BMI ≥ 25.0 kg/m² constituent le groupe obèse et 13 sujets (9 femmes et 4 hommes) avec un BMI < 25.0 kg/m² constituent le groupe contrôle. Tous ces sujets ont été soumis pendant une durée moyenne de 28.6 ± 2.5 semaines à notre programme d'entraînement physique composé de marche, de course et d'étirement musculaire, à raison de 2 séances par semaine. Le programme consistait, dans un premier temps (8 séances), à faire travailler les sujets au seuil de l'oxydation des graisses, et ceci durant des séances de durée croissante, jusqu'à parvenir à 60 minutes d'effort en continu. Dès la neuvième séance, le programme faisait alterner les séances au seuil des graisses avec des séances d'activité plus intense, à savoir au seuil anaérobie. L'objectif était ici d'atteindre un total de 4 périodes de 12 minutes d'effort au seuil anaérobie.

Avant la première et après la dernière séance étaient mesurés les paramètres anthropométriques ainsi que différentes caractéristiques physiologiques. Ce sont ces mesures que nous avons par la suite comparées et étudiées.

RESULTATS

Notre programme d'activité physique a permis d'obtenir des modifications significatives de la composition corporelle aussi bien chez les femmes que les hommes obèses, mais pas chez les sujets contrôles. Ainsi, les femmes obèses ont perdu 1.7 ± 0.6 kg ($p=0.006$) ; les hommes obèses quant à eux ont perdu 5.8 ± 2.1 kg ($p=0.02$). La perte de masse grasse chez les femmes a été de 2.6 ± 0.6 kg ($p<0.001$) et de 4.9 ± 1.1 kg ($p=0.003$) chez les hommes.

De plus, les sujets obèses ont amélioré leur tolérance à l'effort grâce à l'entraînement dont ils ont bénéficiés. Ainsi, ils atteignent, après la période d'entraînement, les seuils des graisses et anaérobie lors d'efforts significativement plus importants. L'augmentation de la performance est de +14.3% ($p=0.03$) au seuil des graisses et de +12.1% au seuil anaérobie ($p=0.02$). Cette augmentation de la performance a lieu sans variation significative de la fréquence cardiaque. Celle-ci n'augmente en effet que de 3.9 % ($p=0.11$) au seuil des graisses et de 4.3 % ($p=0.06$) au seuil anaérobie.

La fréquence cardiaque observée à une vitesse déterminée (6km/h) ainsi que la consommation d'oxygène et la ventilation ne sont en revanche pas affectées de façon significative par l'exercice physique.

Nous avons aussi étudié la corrélation entre la modification pondérale et la modification de certains paramètres (performance aux seuils des graisses et anaérobie ; fréquence cardiaque, consommation d'oxygène et ventilation au seuil de 6 km/h), et en avons conclu qu'il n'existe d'association significative qu'entre la modification de la consommation d'oxygène et la modification pondérale chez les sujets contrôles ($r= -0.77$; $p=0.02$).

DISCUSSION

De ce travail émanent deux constatations importantes. D'une part, notre programme d'exercice physique sans diète contrôlée adapté aux besoins des patients obèses améliore de façon significative la composition corporelle de nos sujets obèses . Il a ainsi notamment permis des pertes de poids et de masse grasse significatives, nettement supérieures à celles constatées lors de travaux précédents. D'autre part, notre programme permet aux sujets obèses d'accomplir des performances plus importantes aux seuils des graisses et anaérobie, à fréquence cardiaque presque comparable. Ainsi, leur capacité d'oxyder des graisses devient plus importante.

1) INTRODUCTION

1.1) INTRODUCTION

L'obésité constitue un problème de santé publique de plus en plus important, comme l'ont encore confirmé récemment Flegal et al. (1). Ainsi, la prévalence de l'excès de poids chez les adultes aux Etats-Unis a passé de 55.9% à 64.5% (+8.6%) entre la période de 1988-1994 et celle de 1999-2000 ; la prévalence de l'obésité quant à elle a passé de 22.9% à 30.5% (+7.6%) dans ce même intervalle. En dépit de ces chiffres inquiétants, les possibilités thérapeutiques existantes pour faire face à ce problème de santé publique d'envergure demeurent néanmoins toujours relativement restreintes. On tend actuellement à attribuer cette augmentation de la prévalence de l'excès de poids et de l'obésité en grande partie à des facteurs environnementaux. En admettant que la prise de poids résulte d'un déséquilibre entre les apports caloriques d'une part et la dépense énergétique d'autre part, on ne peut guère envisager que la réduction des premiers et l'augmentation de la seconde pour prévenir ou traiter l'excès pondéral.

Diverses méthodes existent actuellement pour réduire l'apport calorique. Ainsi, aussi bien les diètes hypocaloriques que certains moyens pharmaceutiques et chirurgicaux censés réduire l'absorption des aliments ont prouvé leur efficacité.

En revanche, le rôle de l'augmentation de la dépense énergétique par l'activité physique dans le traitement de l'obésité constitue encore un large domaine de controverse.

Nous présenterons ici quelques concepts récents ayant trait au rôle du sport dans le traitement de l'obésité. Après avoir défini la notion de dépense énergétique, nous décrirons les substrats et les stocks énergétiques dont l'être humain dispose lors de l'exercice. Puis, nous nous pencherons sur le rôle actuellement attribué à l'exercice physique dans les variations du poids corporel, ainsi que dans la prévention de l'obésité. Enfin, nous nous focaliserons sur l'importance de l'intensité de l'activité physique avant de présenter le nouveau programme d'entraînement tel qu'il existe actuellement à Genève.

1.2) DÉFINITIONS

Avant tout, la signification de certains termes doit être clairement précisée. Pour ce faire, nous nous référons aux définitions telles qu'elles ont été publiées par l'US

Department of Health and Human Services (2), et qui sont répertoriées dans le tableau 1.1.

Tableau 1.1

Activité physique	Mouvement corporel produit par la contraction de muscles squelettiques et qui accroît de façon notable la dépense énergétique.
Exercice	Mouvement corporel planifié, structuré et répétitif effectué afin d'améliorer ou de maintenir un ou plusieurs composants de la santé physique.
Santé physique	Ensemble d'attributs que l'être humain possède ou acquiert et qui se rapportent à la capacité d'accomplir une activité physique.
Entraînement de résistance	Entraînement conçu pour augmenter la force, la puissance et l'endurance musculaire
Entraînement en aérobie	Entraînement qui améliore l'efficacité des systèmes aérobies producteurs d'énergie et qui peut améliorer l'endurance cardio-respiratoire.
Endurance cardio-respiratoire	Composant de la santé qui se rapporte à la capacité des systèmes circulatoire et respiratoire de pourvoir de l'oxygène lors d'une activité physique soutenue.
Fréquence cardiaque maximale	La plus haute fréquence cardiaque atteignable durant un effort maximal, menant jusqu'à l'épuisement.
Réserve de fréquence cardiaque	Différence entre la fréquence cardiaque maximale et la fréquence cardiaque de repos.
Consommation maximale d'oxygène : V02 max	Capacité maximale de consommation d'oxygène par le corps durant un effort maximal. Synonymes : puissance aérobie (aerobic power), capacité d'endurance respiratoire (cardiorespiratory endurance capacity).
Equivalent métabolique : MET	Unité utilisée pour estimer le coût métabolique (consommation d'oxygène) de l'activité physique. 1 MET équivaut à un métabolisme de repos (environ 3,5 ml O ₂ /kg/min ou 1kcal/kg de poids corporel/h).

1.3) LE CONCEPT DE DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

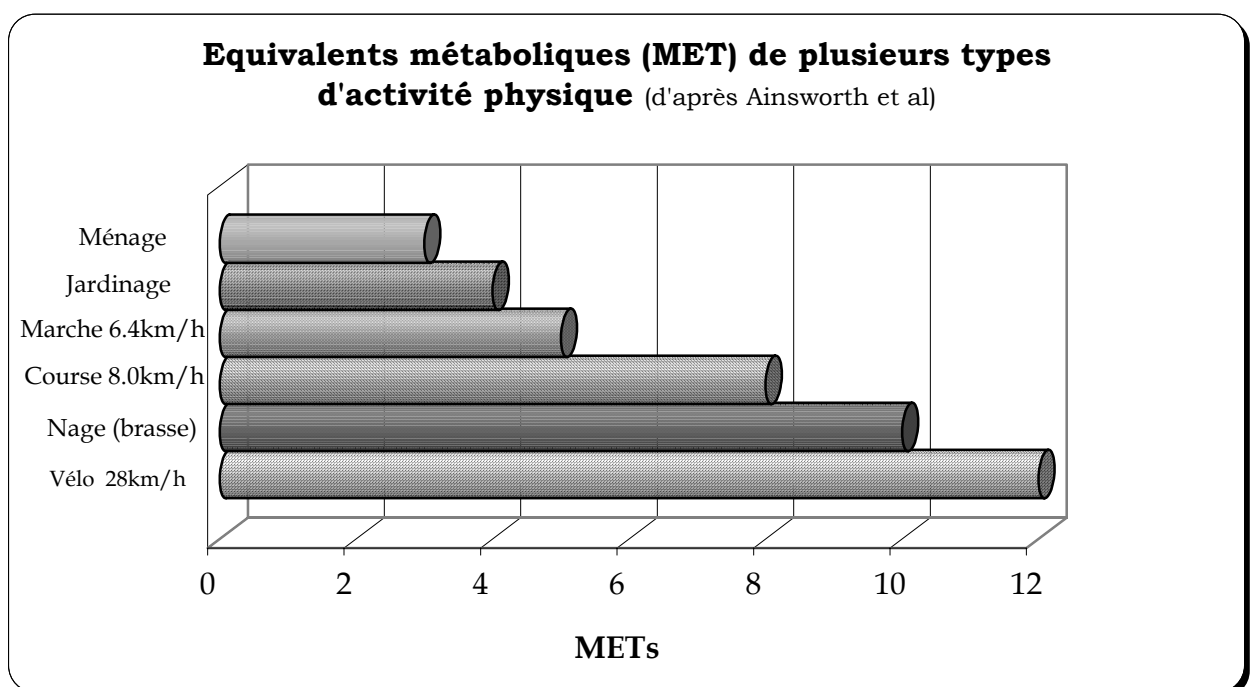
Il existe différents moyens pour quantifier l'importance d'une activité physique (3). On peut ainsi l'exprimer en terme :

- de dépense énergétique (kcal/kg de poids corporel/heure)
- de quantité de travail accompli (watts)

- de durée (heures et minutes)
- de nombre de mouvements
- de score numérique obtenu à partir de réponses à un questionnaire

Nous nous focaliserons ici sur le premier concept, à savoir celui de la dépense énergétique. Ainsworth et al (4) ont publié récemment une classification réactualisée du coût énergétique en MET de toutes les activités physiques courantes. Nous en avons sélectionné quelques unes, que nous avons illustrées dans la figure 1.1

Figure 1.1



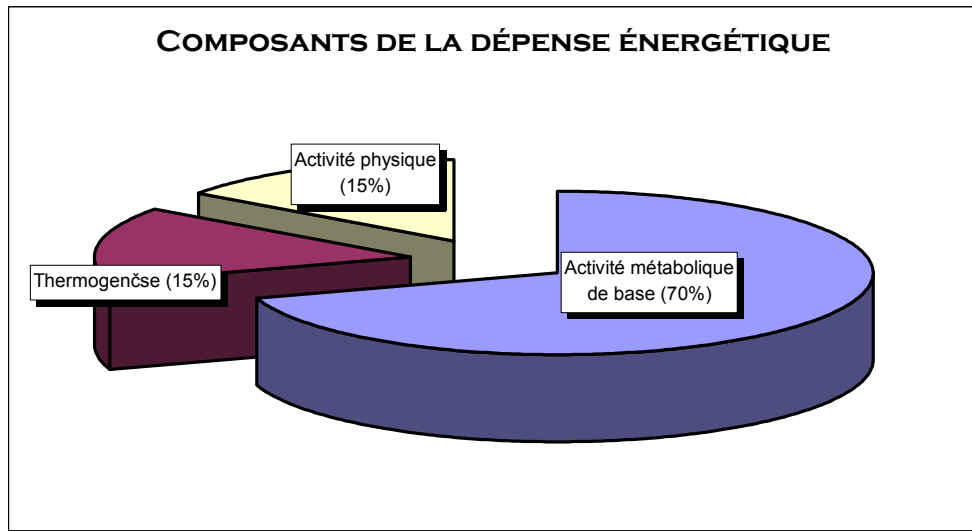
1.4) LES COMPOSANTS DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE

La dépense énergétique totale peut être divisée en différents composants (schématisés dans la figure 1.2):

- l'activité métabolique de base comprend la production de chaleur pour le maintien de la température corporelle, le maintien de gradients ioniques entre cellules et milieu extracellulaire, ainsi que la fonction cardiaque et respiratoire. Elle est fonction de variables diverses, telles que la masse maigre, l'âge, le sexe, les médicaments, les hormones thyroïdiennes et la consommation protéinique.
- la thermogénèse représente l'effet thermogénique de la nourriture.

- l'activité physique : c'est le composant le plus sujet aux variations, puisqu'il dépend totalement de la durée et de l'intensité de l'activité de l'individu.

Figure 1.2



1.5) CONSOMMATION DES SUBSTRATS ÉNERGÉTIQUES DURANT L'EXERCICE PHYSIQUE

1.5.1) Substrats utilisés (5)

Si les hydrates de carbone (HdC), les graisses et les protéines sont les trois grands types de substrats utilisés par l'être humain pour produire de l'énergie, seuls les deux premiers jouent un rôle significatif lors de l'activité physique.

Ainsi, les quatre sources d'énergie principales pour l'exercice sont le glycogène musculaire, le glucose plasmatique, les acides gras plasmatiques et les triglycérides intramusculaires.

On emploie fréquemment le quotient respiratoire (QR) pour estimer l'oxydation de ces substrats. Le QR permet d'identifier les proportions respectives d'HdC et de graisses qui sont utilisées. Il est employé pour évaluer la métabolisation des substrats aussi bien au repos que durant un exercice physique. Les valeurs du QR s'étendent entre 0,77 après une nuit de jeûne (lorsque la graisse constitue le principal substrat oxydatif) et 1,0 après un repas riche en HdC (lorsque le glucose devient le substrat oxydatif majoritaire). Nous verrons par la suite que la valeur du QR varie aussi en fonction de nombreux autres paramètres, et notamment de l'intensité d'une activité physique.

1.5.2) Stocks d'énergie (5)

Chez le patient normopondéral, où la graisse représente entre 10 et 30% du poids corporel total, la quantité d'énergie stockée sous forme de triglycérides est très

importante, avoisinant l'équivalent de 50'000-150'000 kcal (env. 200'000-600'000 kJ). Ces triglycérides peuvent être hydrolysés en glycérol et en acides gras libres. Ces derniers se lient à l'albumine pour être transportés jusqu'au muscle. Alors que le rôle de cette ressource énergétique est bien établi, il en existe une autre dont l'importance a été plus récemment reconnue: il s'agit des triglycérides stockés sous forme de gouttelettes dans les fibres musculaires et disponibles après hydrolyse intramusculaire. Ces triglycérides intramusculaires représentent une réserve énergétique oscillant entre 3'000 et 5'000 kcal (env. 12'000-20'000 kJ).

Bien que la quantité énergétique stockée sous les deux formes évoquées ci-dessus soit considérable, elle n'en demeure pas moins insuffisante pour deux raisons. D'une part, ces acides gras ne peuvent être oxydés qu'à une vitesse limitée, et d'autre part, leur pénétration dans le muscle est régulée par la lipoprotéine lipase, qui est saturable et par conséquent empêche leur entrée trop massive. Par conséquent, la métabolisation additionnelle d'HdC est requise pour faire face aux exigences d'une activité physique plus intense.

Les HdC se trouvent sous forme de glycogène, aussi bien dans les fibres musculaires que dans le foie. Les HdC intramusculaires fournissent environ 2'000 kcal (8'400 kJ) et les HdC intrahépatiques environ 335 kcal (1'400 kJ). Ces stocks limités expliquent la fatigue musculaire qui peut faire suite à une séance d'exercice physique soutenu, requérant une oxydation plus importante d'HdC que les réserves ne le permettent.

1.5.3) Les variables influençant l'oxydation des substrats durant l'activité physique

La source énergétique employée lors de l'exercice physique (et par conséquent le QR) dépend de facteurs aussi divers que l'intensité et la durée de l'activité, de la diète, de l'état d'entraînement de l'individu, de son sexe, son âge ainsi que de sa composition corporelle (3). Nous détaillons un peu plus l'importance de ces différentes variables dans le tableau 1.2. De celui-ci, retenons trois notions principales. Tout d'abord, Romijn et al (6) ont montré dans un travail ayant porté sur 8 femmes normopondérales et bien entraînées que l'utilisation des substrats énergétiques varie en fonction de l'intensité de l'exercice physique (Figure 1.3). Se référant à un travail plus ancien, les mêmes auteurs concluent que cette constatation se vérifie également chez des hommes.

Tableau 1.2

FACTEURS DÉTERMINANT LE TYPE DE SUBSTRATS OXYDÉS LORS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

(d'après Hill et Saris)

◆ Caractéristiques de l'activité physique

- ◆ *Durée de l'exercice* : au début de l'exercice, ce sont les réserves intramusculaires qui sont principalement utilisées. Au fur et à mesure que le temps passe, les ressources plasmatiques circulantes sont de plus en plus utilisées.
- ◆ *Intensité de l'exercice* : l'utilisation des substrats varie en fonction de l'intensité de l'activité, comme le montre la figure 1.3.
- ◆ *Exercice aérobique versus exercice anaérobique* : l'exercice de type anaérobique repose davantage sur la consommation d'HdC que l'exercice aérobique.

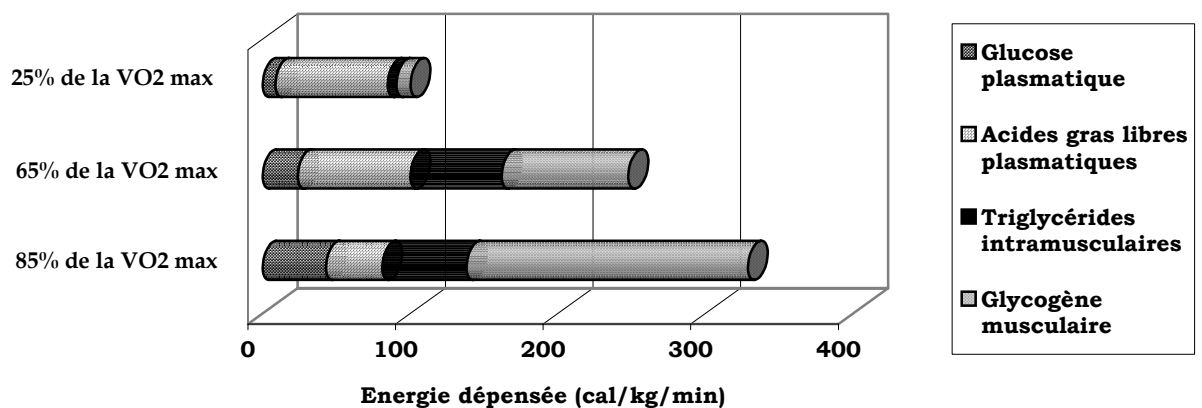
◆ Caractéristiques de l'individu

- ◆ *Niveau d'entraînement* : à même intensité, un individu entraîné oxyde davantage de graisses qu'un individu non entraîné.
- ◆ *Sexe* : certains auteurs supposent qu'à même intensité, les femmes oxydent davantage de lipides que les hommes.
- ◆ *Age* : il a été suggéré que la capacité à oxyder les graisses durant l'exercice diminue avec l'âge.
- ◆ *Composition corporelle* : elle jouerait éventuellement aussi un rôle dans la capacité d'oxydation des graisses. Cette hypothèse demeure cependant controversée.



Figure 1.3

Contribution des 4 principaux substrats énergétiques à la dépense énergétique après 30 minutes d'exercice à différentes intensités (valeurs moyennes de 8 femmes)
(d'après Romijn et al)



Deuxièmement, l'oxydation des graisses augmente avec le degré d'entraînement du sujet. Enfin, selon Wade et al (7), les sujets obèses oxyderaient moins les graisses durant l'activité physique que les sujets normopondéraux. Les auteurs ont attribué cette différence à la proportion moins importante de fibres musculaires de type I (oxydatives) chez les obèses, en comparaison aux sujets normopondéraux. Helge et al (8) ont plus récemment confirmé cette différence de proportion, mais sans retrouver la corrélation inversement proportionnelle entre pourcentage de graisse corporelle et oxydation des substrats. S'ils n'excluent donc pas que le type de fibre musculaire pourrait jouer rôle dans l'étiologie de l'obésité, celui-ci ne serait cependant qu'indirect.

1.6) RÔLE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE DANS LES VARIATIONS DU POIDS CORPOREL

Même si les résultats des nombreux travaux ayant porté sur le rôle de l'activité physique dans les variations de la composition corporelle affichent des résultats contradictoires, les auteurs qui en ont fait des revues systématiques s'accordent pourtant à dire que sans restriction calorique associée, la perte de poids que l'on peut espérer grâce à l'exercice seul demeure très modeste.

Avant d'exposer brièvement les résultats de quelques unes des revues consacrées à ce sujet, nous présentons d'abord les calculs de Hill et Saris (3,9) qui prédisent la perte de poids à laquelle on s'attendrait en théorie suite à un programme d'activité physique.

1.6.1) Perte de poids théorique attendue suite à l'activité physique

Le coût énergétique d'activités pouvant être maintenues pendant plus de quelques minutes varie entre 2,0 MET (promenade) et 8,0 MET (course de 8 km/h). Pour dépenser davantage d'énergie (par exemple 18 MET, course de 17,4 km/h) pendant une période prolongée, la VO₂ max. d'un sujet doit excéder les 60 ml/kg/min, ce qui dépasse largement la VO₂ max. de la population générale. Seuls des sujets jeunes et bien entraînés peuvent atteindre un tel niveau de dépense énergétique. Un individu avec une VO₂ max. de 35 ml/kg/min (ce qui équivaut à la valeur moyenne d'une femme de 40 ans) n'est pas capable de dépenser plus de 7 MET (ce qui équivaut à 70 % de sa VO₂ max.) pendant plus de 30 minutes.

Ainsi, on peut prévoir théoriquement qu'une heure d'exercice quotidien augmentera la dépense énergétique d'un sujet de 70 kg peu entraîné d'environ 290 - 405 kcal (1200 - 1700 kJ) par jour. En présupposant que l'énergie dépensée n'est pas compensée par une augmentation des apports, et que 1 kg de poids perdu correspond à un déficit de 5980 kcal (25000kJ), on peut alors s'attendre à une perte pondérale de 0,3 kg par semaine avec un programme d'activité physique comprenant une heure d'entraînement par jour, à raison de cinq jours par semaine.

1.6.2) Les pertes de poids constatées en pratique

Dans deux revues récentes de la littérature consacrées au sujet de la perte de poids liée à l'exercice physique seul, Wilmore (10,11) parvient à des conclusions bien moins encourageantes que ne le sont les résultats prédits par les calculs théoriques évoqués ci-dessus. Ainsi, même si l'auteur cite quelques travaux ayant montré des pertes de poids spectaculaires grâce au seul exercice physique (notamment celui de Hadjiolova et al (12) qui trouva une perte de poids moyenne de 1,93kg/sem chez 32 femmes obèses après 45 jours d'entraînement à diverses activités, à raison de 10 heures/jour), il en vient cependant à conclure que sans restriction calorique associée, les variations de la composition corporelle demeurent très modestes. Sur la base de la moyenne des résultats des trois revues que Wilmore a analysées, un individu peut s'attendre, après une année d'entraînement régulier, à une perte de 3,2 kg (0,06 kg/sem) de masse corporelle, une perte de 5,2 kg de masse grasse et un gain de 2,0 kg de masse maigre. La perte de poids s'avère donc comme près de cinq fois inférieure à celle prédite par les calculs théoriques présentés ci-dessus

Wilmore et al confirment eux-mêmes ces résultats par l'étude HERITAGE (13) qui a porté sur 557 sujets normopondéraux de 16 à 65 ans soumis à un entraînement de 20 semaines (3 séances/sem., d'intensité et de durée croissante). La perte de poids moyenne a été de 0,2 kg (0,01 kg/sem).

Garrow et Summerbell (14), dans une méta-analyse de 28 travaux, parviennent à des conclusions similaires. La perte de poids moyenne calculée a été de 2,6 kg en 30 semaines (0,09 kg/sem) chez les hommes, sans modification significative de la masse maigre et de 1,4 kg en 12 semaines (0,12 kg/sem) chez les femmes (en excluant les valeurs d'une étude), avec une modeste modification de la masse maigre.

Enfin, Ross et Janssen (15) ont comparé des études randomisées avec des études non-randomisées, en distinguant celles dont la durée était inférieure ou égale à 16 semaines (courte durée) de celles dont la durée était égale ou supérieure à 26 semaines en ce qui concerne les études randomisées et 20 semaines en ce qui concerne les études non-randomisées (longue durée). Les sujets inclus dans les études randomisées de courte durée ont affiché des pertes de poids moyennes de 0.26kg/sem et des pertes de masse grasse de 0.25kg/sem, alors que ceux inclus dans les études randomisées de longue durée perdaient en moyenne 0.06 kg/sem (en poids et en masse grasse). Des résultats similaires ont été observés dans les études non-randomisées, avec des pertes de poids de 0.18 kg/sem et des pertes de graisse de 0.21 kg/sem dans les études de courte durée, et de 0.06 kg/sem (en poids et en masse grasse) dans les études de longue durée. Les tableaux 1.4 et 1.5 illustrent une partie des données publiées par Ross et Janssen.

Dans tous les travaux cités dans ce chapitre, il a été noté que les pertes pondérales les plus importantes se produisaient systématiquement chez les sujets les plus obèses. Saris (9) suggère que l'exercice nécessite plus d'énergie chez ces derniers, ce qui expliquerait en tout cas partiellement cette constatation.

Tableau 1.4

Influence de la dépense calorique sur le poids et la graisse corporelle : études randomisées

(d'après Ross et Janssen)

Auteurs/ Année de publication	Sujets			Traitement	Durée de l'étude (sem.)	Modification du poids (kg/sem)	Modification de la graisse corporelle (kg/sem)
	BMI						
	Sexe	kg/m ²	%GC				
Posner et al/1992 (16)	81 adultes		28	Contrôle Exercice	16 16	-0.01 0.03	0.02 -0.03*
	166 adultes		28				
Mourier et al/1997 (17)	11 diabétiques	30		Contrôle Exercice	8 8	-0.02 -0.19	-0.15 -0.07
	10 diabétiques	30					
Hinkleman et Neiman/1993 (18)	18 femmes		34	Contrôle Exercice	15 15	0.11 0.00*	0.06 -0.01*
	18 femmes		36				
Sopko et al/1985 (19)	6 hommes		28	Contrôle Exercice	12 12	NS -0.52*	NS -0.64*
	6 hommes		31				
Ross et al/2000 (20)	8 hommes	31		Contrôle Exercice	12 12	0.01 -0.63*	-0.05 -0.51*
	16 hommes	32					
Kohrt et al/1997 (21)	12 femmes	27		Contrôle Exercice	39 39	0.01 -0.07*	0.01 -0.08*
	14 femmes	27					
Binder et al/1996 (22)	17 femmes	25		Contrôle Exercice	48 48	0.01 -0.02*	0.01 -0.05*
	23 femmes	25					
Wood et al/1988 (23)	42 hommes		29	Contrôle Exercice	52 52	0.00 -0.08*	-0.01 -0.08*
	47 hommes		27				
Ready et al/1995 (24)	10 femmes	32		Contrôle Exercice	26 26	0.02 -0.07*	0.01 -0.05*
	15 femmes	29					

%GC= pourcentage de graisse corporelle ; NS= changement non significatif

*=réduction dans le groupe exercice significativement plus grande que dans le groupe contrôle (p<0.05).

Tableau 1.5

Influence de la dépense calorique sur le poids et la graisse corporelle : études non randomisées
(d'après Ross et Janssen)

Auteurs/ Année de publication	Sujets			Traitement	Durée de l'étude (sem.)	Modification du poids (kg/sem)	Modification de la graisse corporelle (kg/sem)
	BMI						
	Sexe	kg/m ²					
Poehlman et al/1994 (25)	18 adultes	25		Exercice	8	0.00	-0.05
Goran et Poehlman/1992 (26)	11 adultes		30	Exercice	8	0.00	-0.11*
Weltman et al/1980 (27)	5 hommes		28	Contrôle	10	-0.03	0.02
	11 hommes		23	Exercice	10	-0.10	-0.10¶
Reid et al/1994 (28)	7 adultes	30		Exercice	12	-0.04	-0.09
Grediagin et al/1995 (29)	6 femmes	24		Exercice HI	12	-0.06	-0.19
	6 femmes	26		Exercice BI	12	-0.27*	-0.19
Gordon et al/1997 (30)	14 adultes	34		Exercice	12	-0.08	-0.07
Farrell et Barboriak/1980 (31)	7 hommes	28		Exercice	8	-0.25	-0.21*
	9 femmes	24		Exercice	8	-0.06	-0.11*
Houmard et al/1994 (32)	13 hommes	30		Exercice	14	-0.14*	-0.20*
Kollias et al/1973 (33)	5 femmes	30		Exercice	15	-0.38*	-0.22*
Schwartz/1987 (34)	14 hommes		31	Exercice	12	-0.23*	-0.29*
Hagan et al/1986 (35)	12 hommes		25	Exercice	12	-0.02	-0.02
	12 femmes		35	Exercice	12	-0.05	-0.12
Keim et al/1990 (36)	5 femmes		35	Exercice	12	-0.42*	-0.37*
Boileau et al/1971 (37)	8 hommes	37		Exercice	9	-0.36*	-0.66*
Bouchard et al/1994 (38)	14 hommes		24	Exercice	13	-0.38*	-0.38*
Leon et al/1979 (39)	6 hommes	33		Exercice	16	-0.47*	-0.37*
Smutok et al/1993 (40)	10 hommes	29		Contrôle	20	0.04	0.01
	13 hommes	28		Exercice	20	-0.02	-0.07
Poirier et al/1996 (41)	11 hommes		27	Exercice	26	-0.03	-0.02
Frey-Hewitt et al/1990 (42)	44 hommes		27	Exercice	46	-0.09	-0.09*
Coggan et al/1992 (43)	12 hommes		28	Exercice	43	-0.08*	-0.08*
	11 femmes		36	Exercice	43	-0.05*	-0.06*
Kohrt et al/1992 (44)	16 hommes	25		Contrôle	~45	0.00	-0.01
	47 hommes	27		Exercice	~45	-0.12¶	-0.06¶
	13 femmes	24		Contrôle	~45	0.03	0.02
	46 femmes	25		Exercice	~45	-0.04¶	-0.04¶
Després et al/1991 (45)	13 femmes	34		Exercice	60	-0.06¶	-0.08¶
Lamarche et al/1992 (46)	31 femmes	34		Exercice	26	-0.03	-0.03

%GC= pourcentage de graisse corporelle ; Exercice HI= haute intensité ; Exercice BI= basse intensité

* = réduction significative à l'intérieur du groupe (entre avant et après exercice) p<0.05

¶ = réduction dans le groupe exercice significativement plus grande que dans le groupe contrôle (p<0.05)

1.6.3) Rôle de l'exercice physique dans la prévention de la prise de poids

Aussi bien Ravussin et Gautier (47) que Sherwood et al (48) mettent en avant l'importance du rôle de l'exercice physique dans la prévention de la prise pondérale dans deux publications récentes.

Ainsi, Sherwood et al ont constaté une association inverse significative entre la fréquence de l'activité physique et la prise de poids dans une étude ayant suivi 1044 sujets (âge moyen : 35 ans ; BMI moyen : 27 kg/m²) qui ont pris part à un programme de prévention de prise pondérale d'une durée de trois ans. De plus, les auteurs ont noté des différences dans les résultats selon l'intensité de l'activité pratiquée. Des activités physiques plus intenses ont été jugées comme plus favorables pour le contrôle du poids que des activités d'intensité plus basse.

1.6.4) Importance de l'intensité de l'activité physique

Même si les recommandations actuelles tendent à préconiser pour tout adulte une activité d'intensité modérée (49) - à savoir 30 minutes ou plus par jour d'une activité entre 3 et 6 MET ou entre 4 et 7 kcal/min - de plus en plus d'auteurs évoquent néanmoins l'importance et les bénéfices d'une activité physique intense - >6 MET ou >7 kcal/min. - dans le traitement de l'obésité.

Par conséquent, nous souhaitons ici exposer brièvement les avantages potentiels d'une activité physique intense (résumés dans le tableau 1.8).

Dans une revue récente consacrée à ce sujet, Hunter et al (50) constatent que l'intensité de l'activité physique peut influencer positivement sur la dépense énergétique, et ce de plusieurs manières. Premièrement, les auteurs rapportent qu'il existe une association inverse entre l'intensité de l'exercice et son efficacité. Ainsi, à quantité de travail égale, plus d'énergie est requise lorsque ce travail est effectué à intensité élevée. Deuxièmement, ils suggèrent que la dépense énergétique de repos augmente davantage et de façon plus prolongée (au moins pendant 24-48 heures) après un exercice intense qu'après un exercice plus modéré. Cette différence peut avoisiner ou même dépasser les 200 kcal/jour, et par conséquent avoir un impact significatif sur la balance énergétique. Troisièmement, ils mettent en avant l'effet bénéfique de l'exercice intense sur les capacités physiques. Une fois que celles-ci sont meilleures, la pratique d'un exercice modéré devient alors plus aisée et mieux tolérée.

Tableau 1.8

VOIES PAR LESQUELLES UNE ACTIVITE PHYSIQUE INTENSE AGIT FAVORABLEMENT SUR LA BALANCE ENERGETIQUE (d'après Hunter et al)
<ul style="list-style-type: none">◆ Plus l'intensité de l'exercice augmente, moins celui-ci est efficient et plus il requiert d'énergie.◆ Un exercice intense augmente davantage et pendant plus longtemps la dépense énergétique de repos.◆ L'exercice intense augmente les capacités physiques et augmente par conséquent la tolérance à un exercice modéré <p style="text-align: center;">◆◆◆◆</p>

Tremblay et al (51) ont quant à eux montré dans une étude que l'épaisseur de la graisse sous-cutanée ainsi que le Waist Hip Ratio étaient inversement proportionnels à l'intensité de l'activité physique pratiquée, et non pas seulement à l'importance de la dépense énergétique. Dans un autre travail, Tremblay et al (52) suggèrent que la capacité des muscles squelettiques à oxyder la graisse est majorée par un exercice intense.

Enfin, Imbeault et al (53) ont proposé que l'activité physique intense induirait un apport énergétique compensatoire moins important que ne le fait un exercice plus modéré.

En raison cependant de la difficulté à faire accepter, surtout à un sujet obèse, une activité physique intense pendant des périodes prolongées, de plus en plus d'auteurs tendent à proposer des programmes d'entraînement faisant alterner des exercices d'intensité faible avec des exercices d'intensité élevée. Il reste néanmoins encore à définir quel est le poids à donner à chacun de ces deux types d'activités.

1.7) OBSTACLES RENDANT UNE AUGMENTATION DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE DIFFICILE POUR LE PATIENT OBÈSE

La pratique montre que les obstacles rendant une augmentation de l'activité physique difficile chez les patients obèses sont nombreux. Dans une revue récente, Westerterp (54) en énumère quelques uns (tableau 1.9). Tout d'abord, l'augmentation du niveau habituel d'activité requiert une modification du style de vie. Deuxièmement, l'auteur montre que beaucoup de sujets obèses sont déjà modérément actifs, et non pas complètement sédentaires comme le veut l'idée

généralement reçue. Ceci rend plus difficile une majoration supplémentaire de l'exercice. Troisièmement, les obèses sont limités dans leur capacité à effectuer de l'exercice à intensité élevée. Enfin, comme nous avons déjà pu le voir ci-dessus, l'activité physique n'est la plupart du temps pas ou que très peu récompensée par une perte pondérale. En tenant compte de ces obstacles, il devient donc illusoire de proposer à des sujets obèses une activité physique intense qui certes paraît intéressante sur le plan purement physiologique mais qui ne manquerait pas de décourager très rapidement bon nombre de patients, au vu des exigences qu'elle leur imposerait.

Tableau 1.9

OBSTACLES A L'ACTIVITE PHYSIQUE CHEZ LES PATIENTS OBESES (d'après Westerterp)
<ul style="list-style-type: none">◆ La capacité à effectuer une activité intense est limitée◆ L'augmentation de l'activité requiert une modification du style de vie<ul style="list-style-type: none">◆ Beaucoup d'obèses sont déjà modérément actifs◆ Pas ou peu de perte pondérale grâce à l'activité physique <p style="text-align: center;">◆◆◆◆</p>

1.8) BUT DE L'ÉTUDE

En conséquence de ce qui a été dit ci-dessus, nous proposons un programme d'entraînement adapté aux besoins et aux attentes des patients obèses. Ce programme tient compte du fait que l'obèse est un petit brûleur de graisses durant l'activité physique et vise donc à modifier cette tendance au moyen d'une activité modérée. Le type d'activité que nous décrivons ci-dessous a pour but de favoriser l'oxydation des graisses et d'obtenir par ce biais une perte de poids accrue. De plus, notre programme vise une compliance accrue étant donné qu'il est d'intensité modérée.

2) MATÉRIEL ET **MÉTHODES**

2.1) SUJETS

Nous avons collecté des données provenant de 38 sujets obèses (27 femmes et 11 hommes) et de 13 sujets contrôles (9 femmes et 4 hommes). Nous avons inclus dans le groupe « obèse » tous les sujets avec un BMI ≥ 25.0 kg/m² et dans le groupe « contrôle » tous les sujets avec un BMI < 25.0 kg/m². Les sujets ont pris part au programme d'activité physique soit sur recommandation médicale, soit sur initiative personnelle. N'ont pas été retenus : les sujets de moins de 16 ans ou de plus de 65 ans, les sujets ayant subi avant ou pendant la période d'exercice une intervention chirurgicale ayant pour objectif une perte pondérale (by-pass gastrique ou gastric banding) ainsi que les sujets n'ayant pas participé au moins pendant 6 semaines au programme d'exercice physique. Les sujets n'ont bénéficié à aucun moment d'une instruction diététique particulière.

2.2) ANTHROPOMÉTRIE

Toutes les mesures anthropométriques ont été effectuées une première fois avant la première séance d'exercice et une seconde fois après la dernière séance. La taille des sujets a été mesurée au moyen d'un système de mesure Seca (modèle 220), au centimètre près. Les sujets ont été pesés sur une balance Seca (modèle alpha 770), à 100 grammes près. Le BMI a été calculé en divisant le poids par la taille élevée au carré (kg/m²). Le pourcentage de graisse corporelle a été calculé au moyen d'un appareil de mesure type Servier skin fold caliper. Les plis de graisse ont été mesurés à quatre endroits bien spécifiés : au-dessus du muscle biceps brachial, au-dessus du muscle triceps brachial, sous l'angle inférieur de l'omoplate et au niveau suprailliaque. Les quatre mesures étaient alors additionnées et converties en pourcentage de graisse corporelle au moyen de la table de Durnin et Womersley (49). Le périmètre ombilical (waist) et des hanches (hip) ont été également mesurés (au centimètre près), et le waist/hip ratio a été obtenu en divisant le premier par le second.

2.3) PROGRAMME D'EXERCICE

Avant la première et après la dernière séance d'entraînement, tous les sujets ont été soumis à ce que nous avons appelé un test d'effort triangulaire. Les données que nous avons analysées sont extraites des résultats de ces tests.

Le test d'effort triangulaire permet de rechercher les seuils des graisses et anaérobie de chaque sujet. Nous avons défini comme seuil des graisses le moment où le QR valait entre 0.88 et 0.90 et comme seuil anaérobie le moment où le QR valait entre 0.96 et 1.00.

Lors du test d'effort triangulaire, les sujets ont été placés sur un tapis roulant (Technogym, Italie) à vitesse et à inclinaison (ou pente) variable, sous supervision d'un moniteur sportif expérimenté, chargé de la collecte des données. La fréquence cardiaque a été monitorisée au moyen d'un système Polar Tempo. Le QR a été obtenu à partir de la mesure de la consommation d'oxygène et de la production de gaz carbonique au moyen d'un masque facial de type Altitrainer 200. Par ce même dispositif était aussi mesurée la ventilation.

Le test d'effort triangulaire commençait à une vitesse de déroulement du tapis de 2 ou 3 km/h.. Toutes les 3 minutes, le moniteur augmentait soit la vitesse de déroulement de 1 km/h, soit l'inclinaison de 3%. Le choix entre l'une ou l'autre des deux possibilités dépendait des préférences et des possibilités du sujet examiné. A chaque palier, le moniteur relevait la fréquence cardiaque en pulsations par minute (p/min), la ventilation en litres par minute (l/min) , la consommation d'oxygène en millilitres par kilo de poids corporel et par minute (ml/kg/min) ainsi que le QR. Le test était interrompu soit lorsque le sujet avait atteint le seuil anaérobie, soit lorsque le sujet déclarait être épuisé avant l'atteinte de ce même seuil.

Après le test d'effort triangulaire débutait l'entraînement, à raison de deux séances par semaine. Pendant les 8 premières séances avait lieu ce que nous avons appelé le développement de l'endurance au seuil des graisses. Lors des premières séances, les sujets étaient encouragés à une marche rapide, voire à une course légère (en fonction de leurs possibilités) durant 10-20 minutes. Durant cette période de marche ou de course était mesurée la fréquence cardiaque. Le but était de ne pas dépasser une fréquence cardiaque supérieure à celle correspondant à un QR de 0.90 lors du premier test d'effort triangulaire. Ces 10-20 minutes de course étaient alors suivies par 10 minutes d'étirement musculaire. Suivaient alors de nouveau 1 ou 2 épisodes de 10-20 minutes de marche ou de cours légère identique au premier que nous venons de décrire. Pour conclure, le sujet bénéficiait encore une fois d'une séance d'étirement musculaire de 10 minutes. Progressivement, durant ces 8 premières séances, les sujets étaient encouragés à prolonger la durée de leur première période de marche ou de course, jusqu'à parvenir à une durée de 60 minutes en continu.

Dès la cinquième semaine (ou neuvième séance), l'une des deux séances d'entraînement était consacrée à ce que nous avons appelé le travail de résistance au seuil anaérobie. Le but de ce travail de résistance était d'atteindre une fréquence cardiaque plus élevée, correspondant à un QR se situant entre 0.96 et 1.00.

Ces séances de travail de résistance se déroulaient de la façon suivante. Le sujet effectuait tout d'abord un exercice similaire à celui effectué durant les 8 premières séances, à savoir une marche ou une course légère, pendant 10-20 minutes. Puis

suivaient 4 fois 5 minutes de course permettant d'atteindre une fréquence cardiaque compatible avec le seuil anaérobie. Ces 4 sessions étaient entrecoupées de 3 pauses de 2 minutes chacune. S'ensuivait alors une période de 5-10 minutes de marche, pour retourner à une fréquence cardiaque compatible avec un QR < 0.90. Enfin, le sujet effectuait 10 minutes d'étirement musculaire. L'objectif, après 16 séances ou plus de ce type, était d'atteindre 4 périodes de 12 minutes chacune au seuil anaérobie.

2.4) ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées au moyen du programme StatView 5 SAS.

Les données appariées et non-appariées ont été comparées au moyen de tests t appariés et non-appariés, respectivement. Pour les analyses de corrélation a été employé le test de r en z de Fisher. Le seuil de significativité a été déterminé pour un $p < 0.05$. Toutes les données sont exprimées avec \pm leur SEM.

3) RÉSULTATS

3.1) CARACTÉRISTIQUES DE BASE DES SUJETS

Les caractéristiques de base ainsi que la durée moyenne de la période d'entraînement des quatre groupes sont représentées dans le tableau 3.1.

L'âge moyen, tous sexes confondus, est de 42.2 ± 1.9 ans. On constate qu'aussi bien les groupes de femmes que les groupes d'hommes ne sont pas significativement différents quant à l'âge.

Conformément à notre but de créer un groupe de sujets obèses et un autre de sujets leptosomes (appelé groupe contrôle), les groupes diffèrent significativement en ce qui concerne leur poids, et par conséquent aussi leur BMI. Le poids moyen des femmes obèses vaut ainsi 87.5 ± 2.7 kg, versus 61.6 ± 1.3 kg chez les femmes contrôles ($p < 0.0001$). Les hommes obèses pèsent quant à eux en moyenne 104.0 ± 7.4 kg, alors que les hommes contrôles ne pèsent que 68.1 ± 3.9 kg ($p = 0.02$).

Les femmes obèses diffèrent également très significativement des femmes contrôles quant à la quantité de graisse corporelle ($40.5 \pm 0.8\%$ et $31.0 \pm 1.8\%$ respectivement, $p < 0.0001$). La différence n'est en revanche pas significative chez les hommes ($29.3 \pm 1.7\%$ chez les obèses et $23.3 \pm 1.7\%$ chez les contrôles, $p = 0.08$).

Les groupes obèses et contrôles diffèrent aussi de façon importante en ce qui concerne les périmètres abdominaux (waist) et au niveau des hanches (hip). Ainsi, le waist moyen chez les femmes obèses mesure 102.3 ± 3.0 cm, contre 85.7 ± 2.1 cm chez les femmes contrôles ($p = 0.005$). Chez les hommes, ces valeurs sont de 120.7 ± 5.9 cm et 84.5 ± 3.3 cm, respectivement ($p = 0.005$). En ce qui concerne le hip, on note les valeurs de 117.6 ± 2.3 cm et 98.8 ± 1.3 cm respectivement chez les femmes ($p < 0.0001$) et de 116.6 ± 4.1 cm et 94.0 ± 2.5 cm respectivement chez les hommes ($p = 0.009$). Le calcul du waist-hip ratio (WHR) aboutit à des résultats comparables dans les deux groupes de femmes (WHR = 0.87 ± 0.02 chez les femmes obèses et 0.87 ± 0.03 chez les femmes contrôles, $p = 0.996$). En revanche, il persiste une différence significative chez les hommes (1.03 ± 0.03 chez les obèses, 0.90 ± 0.03 chez les contrôles, $p = 0.02$), ce qui confirme une obésité à prédominance abdominale chez ceux-ci, contrairement aux femmes, chez lesquelles l'adiposité se retrouve en prédominance au niveau des hanches.

Enfin, le tableau permet de constater que les durées des périodes d'entraînement ne diffèrent pas de façon statistiquement significative entre les groupes. La durée moyenne d'entraînement est ainsi de 26.3 ± 3.2 semaines chez les femmes obèses, contre 24.4 ± 6.5 semaines chez les femmes contrôles ($p = 0.78$) et de 31.3 ± 6.2 versus 45.8 ± 7.1 semaines chez les 2 groupes d'hommes respectifs ($p = 0.22$).

Tableau 3.1

	OBESES		CONTROLES		P (OBÈSES VERSUS CONTROLES)	
	F	H	F	H	F	H
Nombre (n) ¹	27	11	9	4		
Age (années)	42.7 ± 1.9	40.9 ± 4.6	42.2 ± 4.3	43.5 ± 2.3	0.91	0.75
Poids (kilos)	87.5 ± 2.7	104.0 ± 7.4	61.6 ± 1.3	68.1 ± 3.9	<0.0001	0.02
BMI (kg/m ²)	32.0 ± 0.9	33.1 ± 2.4	22.8 ± 0.5	23.0 ± 0.5	<0.0001	0.03
Graisse corporelle (%)	40.5 ± 0.8 (n=26)	29.3 ± 1.7	31.0 ± 1.8	23.3 ± 1.7	<0.0001	0.08
Périmètre ombilical =waist (cm)	102.3 ± 3.0 (n=20)	120.7 ± 5.9 (n=7)	85.7 ± 2.1 (n=7)	84.5 ± 3.3 (n=3)	0.005	0.005
Périmètre au niveau des hanches = hip (cm)	117.6 ± 2.3 (n=20)	116.6 ± 4.1 (n=7)	98.8 ± 1.3 (n=7)	94.0 ± 2.5 (n=3)	<0.0001	0.009
Waist/hip ratio	0.87 ± 0.02 (n=20)	1.03 ± 0.03 (n=7)	0.87 ± 0.03 (n=7)	0.90 ± 0.03 (n=3)	0.996	0.02
Durée (semaines)	26.3 ± 3.2	31.3 ± 6.2	24.4 ± 6.5	45.8 ± 7.1	0.78	0.22

F=femmes ; H=hommes

¹) Sauf indication contraire dans les cases

Le tableau 3.2 compare les performances ainsi que certaines caractéristiques physiologiques des sujets obèses par rapport aux sujets contrôles, avant la période d'entraînement.

Ainsi, aussi bien les groupes de femmes que les groupes d'hommes ne sont pas significativement différents en ce qui concerne la vitesse qu'ils atteignent au seuil des graisses. Les femmes obèses marchent à 4.9 ± 0.3 kilomètres par heure (km/h) en moyenne au seuil des graisses, alors que les femmes contrôles enregistrent une vitesse de 5.4 ± 0.3 km/h ($p=0.39$). Les hommes quant à eux atteignent des vitesses de 5.1 ± 0.6 km/h et 7.0 ± 1.2 km/h ($p=0.12$), respectivement.

Il n'en va pas de même lorsqu'on observe les vitesses au seuil anaérobie, qui sont alors significativement différentes. Les femmes obèses n'atteignent qu'une vitesse de 6.1 ± 0.4 km/h, tandis que les contrôles parviennent à 7.9 ± 0.3 km/h ($p=0.01$). Les hommes marchent quant à eux à 7.6 ± 0.6 km/h et 10.0 ± 0.8 km/h, respectivement ($p=0.03$).

En ce qui concerne la fréquence cardiaque, celle-ci ne diffère pas significativement entre les groupes, que ce soit au seuil des graisses ou au seuil anaérobie, même si la différence notée se rapproche du seuil de significativité chez les hommes, au seuil anaérobie. Les femmes obèses atteignent une fréquence cardiaque de 124.0 ± 3.9 pulsations par minute (p/m) et les contrôles 123.9 ± 5.9 p/m ($p=0.99$) au seuil des graisses. Au seuil anaérobie, ces valeurs sont de 144.4 ± 5.0 p/m et de 155.0 ± 6.5 p/m, respectivement ($p=0.24$). Chez les hommes, on note des valeurs de 116.1 ± 4.5 p/m et de 129.0 ± 19.6 p/m respectivement ($p=0.35$) au seuil des graisses et de 136.1 ± 5.8 p/m et 160.8 ± 11.7 p/m respectivement ($p=0.06$) au seuil anaérobie.

En ce qui concerne la consommation d'oxygène, on constate une différence significative seulement lors de la comparaison des groupes féminins, au seuil anaérobie. Au seuil des graisses, les femmes obèses consomment 17.0 ± 0.8 millilitres par kilo et par min (ml/kg/min), alors que les contrôles en consomment 18.8 ± 0.8 ml/kg/min ($p=0.22$). Les hommes quant à eux consomment un peu plus dans les deux groupes, avec 19.6 ± 2.2 ml/kg/min et 27.0 ± 7.2 ml/kg/min ($p=0.21$) respectivement. Au seuil anaérobie, les femmes diffèrent de façon nettement plus importante, avec des valeurs de 20.6 ± 1.3 ml/kg/min et 27.4 ± 1.4 ml/kg/min, respectivement ($p=0.005$). La différence chez les hommes est également plus marquée, sans cependant devenir significative : 24.7 ± 2.8 et 34.6 ± 5.6 ml/kg/min, respectivement ($p=0.11$).

Enfin, nous avons également comparé les différents efforts ventilatoires fournis par les groupes respectifs, et exprimés en litres par minute (l/min). Ainsi, au seuil des graisses, les femmes obèses ventilent à 37.2 ± 1.7 l/min et les femmes contrôles à 26.6 ± 1.7 l/min ($p=0.001$). Si cette différence est hautement significative, elle ne l'est en revanche pas chez les hommes, où les valeurs sont de 46.4 ± 3.1 l/min pour les obèses et de 44.0 ± 15.0 l/min pour les contrôles ($p=0.75$). Au seuil anaérobie, on ne note plus de différence significative dans aucun des deux sexes. Les femmes obèses et contrôles affichent ainsi des valeurs de 50.8 ± 3.4 l/min et de 44.6 ± 3.1 l/min, respectivement ($p=0.28$). Les hommes obèses et contrôles quant à eux ventilent à 63.0 ± 5.9 l/min et 67.3 ± 15.2 l/min, respectivement ($p=0.82$).

Tableau 3.2

	OBÈSES		CONTRÔLES		P (OBÈSES VERSUS CONTROLES)	
	F	H	F	H	F	H
Vitesse au seuil des graisses (km/h)	4.9 ± 0.3 (n=20)	5.1 ± 0.6 (n=8)	5.4 ± 0.3 (n=7)	7.0 ± 1.2 (n=3)	0.39	0.12
Vitesse au seuil anaérobie (km/h)	6.1 ± 0.4 (n=19)	7.6 ± 0.6 (n=9)	7.9 ± 0.3 (n=6)	10.0 ± 0.8 (n=4)	0.01	0.03
Fréquence cardiaque au seuil des graisses (p/m)	124.0 ± 3.9 (n=21)	116.1 ± 4.5 (n=8)	123.9 ± 5.9 (n=8)	129.0 ± 19.6 (n=3)	0.99	0.35
Fréquence cardiaque au seuil anaérobie (p/m)	144.4 ± 5.0 (n=20)	136.1 ± 5.8 (n=10)	155.0 ± 6.5 (n=8)	160.8 ± 11.7 (n=4)	0.24	0.06
Consommation d'oxygène au seuil des graisses (ml/kg/min)	17.0 ± 0.8 (n=21)	19.6 ± 2.2 (n=8)	18.8 ± 0.8 (n=8)	27.0 ± 7.2 (n=3)	0.22	0.21
Consommation d'oxygène au seuil anaérobie (ml/kg/min)	20.6 ± 1.3 (n=20)	24.7 ± 2.8 (n=10)	27.4 ± 1.4 (n=8)	34.6 ± 5.6 (n=4)	0.005	0.11
Ventilation au seuil des graisses (l/min)	37.2 ± 1.7 (n=20)	46.4 ± 3.1 (n=8)	26.6 ± 1.7 (n=8)	44.0 ± 15.0 (n=3)	0.001	0.75
Ventilation au seuil anaérobie (l/min)	50.8 ± 3.4 (n=19)	63.0 ± 5.9 (n=10)	44.6 ± 3.1 (n=8)	67.3 ± 15.2 (n=4)	0.28	0.82

F=femmes ; H=hommes

3.2) EFFET DU PROGRAMME D'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE

Les figures 3.1-3.6 ainsi que les tableaux 3.3-3.5 illustrent l'effet de l'exercice physique sur le poids, le pourcentage de graisse corporelle et le périmètre ombilical chez les sujets obèses et les sujets contrôles.

3.2.1) Effet de l'exercice sur le poids (figures 3.1 et 3.4 et tableau 3.3)

Les données pour le poids étaient disponibles pour tous les sujets. On constate qu'aussi bien les femmes que les hommes obèses perdent du poids de façon significative. Les femmes pèsent ainsi 87.5 ± 2.7 kg avant et 85.8 ± 2.7 kg après exercice, ce qui correspond à une diminution de -1.9%, ou une perte de poids de -0.09 ± 0.16 kg/sem ($p=0.006$). Les hommes quant à eux passent de 104.0 ± 7.4 kg avant à 98.2 ± 6.4 kg après exercice : ici, la diminution est de -5.6%, ou de -0.26 ± 0.26 kg/sem ($p=0.02$).

Par opposition, ni les femmes, ni les hommes contrôles ne varient leur poids de façon significative. Les femmes contrôles passent de 61.6 ± 1.3 kg à 60.7 ± 1.5 kg (-1.5% ; -0.03 kg/sem ; $p=0.35$) et les hommes de 68.1 ± 3.9 kg à 67.4 ± 4.7 kg (-1.0% ; -0.02 kg/sem ; $p=0.73$).

3.2.2) Effet de l'exercice sur la quantité de graisse corporelle (figures 3.2 et 3.5 et tableau 3.4)

La graisse corporelle a été mesurée chez 26 femmes obèses, 11 hommes obèses, 9 femmes contrôles et 4 hommes contrôles.

Ici aussi, il existe une diminution nettement significative chez tous les sujets obèses, mais pas chez les sujets contrôles.

Les femmes obèses passent ainsi d'un taux de graisse de $40.5 \pm 0.8\%$ avant à $38.3 \pm 0.8\%$ après exercice, ce qui correspond à une diminution de 5.4% ou une perte de masse grasse de -2.6 ± 0.6 kg ($p<0.001$). Les hommes obèses quant à eux passent de $29.3 \pm 1.7\%$ à $26.0 \pm 1.4\%$: ici, la diminution est donc de -11.3%, ou de -4.9 ± 1.1 kg ($p=0.003$).

Les sujets contrôles affichent quant à eux les résultats suivants. Les femmes contrôles passent de $31.0 \pm 1.8\%$ à $29.1 \pm 2.2\%$ (-6.1% ; -1.3 ± 0.8 kg de masse grasse ; $p=0.09$). Les hommes contrôles passent de $23.3 \pm 1.7\%$ à $20.0 \pm 1.9\%$ (-14.2% ; -2.3 ± 2.0 kg ; $p=0.28$).

3.2.3) Effet de l'exercice sur le périmètre ombilical (figures 3.3 et 3.6 et tableau 3.5)

Le périmètre ombilical a été mesuré chez 20 femmes obèses, 7 hommes obèses, 7 femmes contrôles et 3 hommes contrôles. En ce qui concerne ce paramètre, les changements observés sont significatifs aussi bien chez les femmes et les hommes

obèses que chez les femmes contrôles. Ce sont seulement les hommes contrôles qui ne varient pas de façon significative.

Avant exercice, le périmètre ombilical chez les femmes obèses est de 102.3 ± 3.0 cm, tandis qu'après exercice, il n'est plus que de 99.6 ± 3.0 cm (-2.6 % ; $p=0.001$). Chez les hommes obèses, il passe de 120.7 ± 5.9 cm à 113.9 ± 6.4 cm (-5.6% ; $p=0.02$).

Chez les femmes contrôles, on note une diminution de -3.7%, avec un périmètre avant exercice de 85.7 ± 2.1 cm et de 82.5 ± 2.9 cm après exercice ($p=0.04$). Enfin, les hommes contrôles passent de 84.5 ± 3.3 cm avant à 83.7 ± 1.2 cm après exercice (-0.9% ; $p=0.81$).

Tableau 3.3

Effet de l'exercice sur le poids

	Poids (kg) avant exercice	Poids (kg) après exercice	Différence de poids moyenne (kg) par semaine	Différence entre avant et après	p
Femmes obèses	87.5 ± 2.7	85.8 ± 2.7	-0.09 ± 0.16	- 1.9%	0.006
Hommes obèses	104.0 ± 7.4	98.2 ± 6.4	-0.26 ± 0.26	- 5.6%	0.02
Femmes contrôles	61.6 ± 1.3	60.7 ± 1.5	-0.03 ± 0.12	- 1.5%	0.35
Hommes contrôles	68.1 ± 3.9	67.4 ± 4.7	-0.02 ± 0.07	- 1.0%	0.73

Tableau 3.4**Effet de l'exercice sur la graisse corporelle**

	Graisse corporelle avant exercice		Graisse corporelle après exercice (%)		Différence relative (en %) entre avant et après ¹	p
	En %	En kg	En %	En kg		
Femmes obèses (n=26)	40.5 ± 0.8	35.9 ± 1.7	38.3 ± 0.8	33.3 ± 1.6	- 5.4%	<0.001
Hommes obèses	29.3 ± 1.7	30.9 ± 3.4	26.0 ± 1.4	26.1 ± 2.9	- 11.3%	0.003
Femmes contrôles	31.0 ± 1.8	19.1 ± 1.2	29.1 ± 2.2	17.8 ± 1.5	- 6.1%	0.09
Hommes contrôles	23.3 ± 1.7	15.7 ± 0.5	20.0 ± 1.9	13.5 ± 1.6	- 14.2%	0.28

¹ Calculée d'après les pourcentages de graisse corporelle

Tableau 3.5**Effet de l'exercice sur le périmètre ombilical (W)**

	W (cm) avant exercice	W (cm) après exercice	Différence entre avant et après	p
Femmes obèses (n=20)	102.3 ± 3.0	99.6 ± 3.0	- 2.6 %	0.001
Hommes obèses (n=7)	120.7 ± 5.9	113.9 ± 6.4	- 5.6 %	0.02
Femmes contrôles (n=7)	85.7 ± 2.1	82.5 ± 2.9	- 3.7 %	0.04
Hommes contrôles (n=3)	84.5 ± 3.3	83.7 ± 1.2	- 0.9 %	0.81

EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE CHEZ LES OBÈSES

Figure 3.1

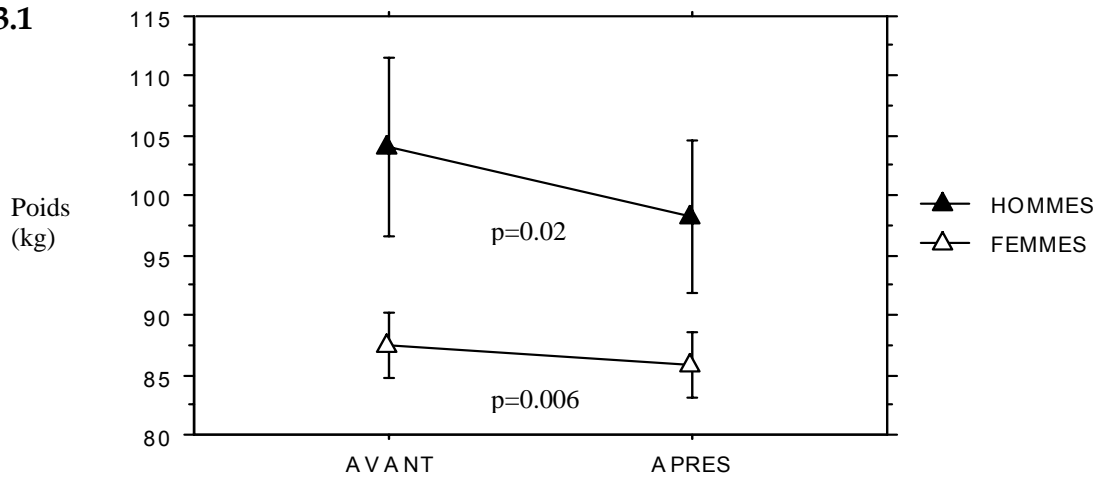


Figure 3.2

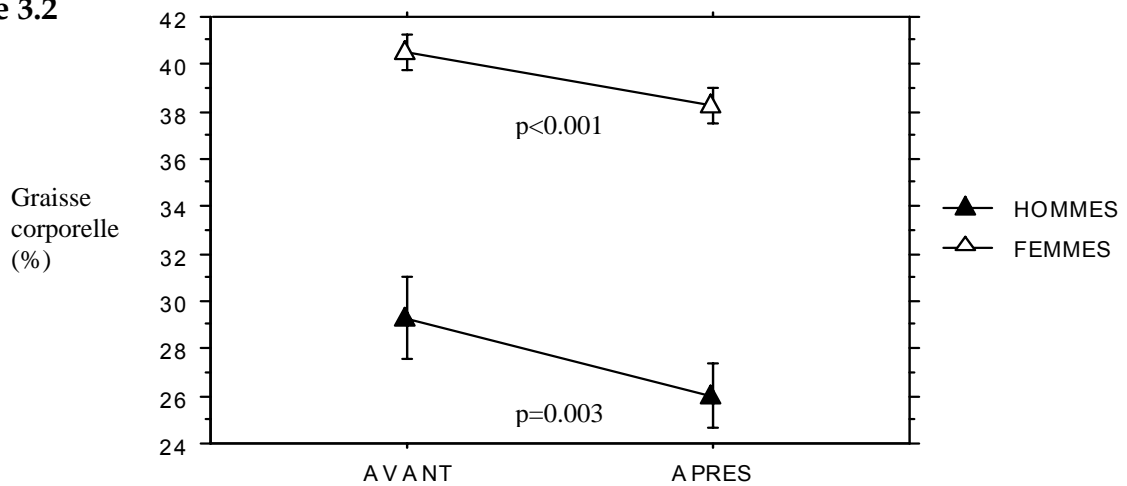
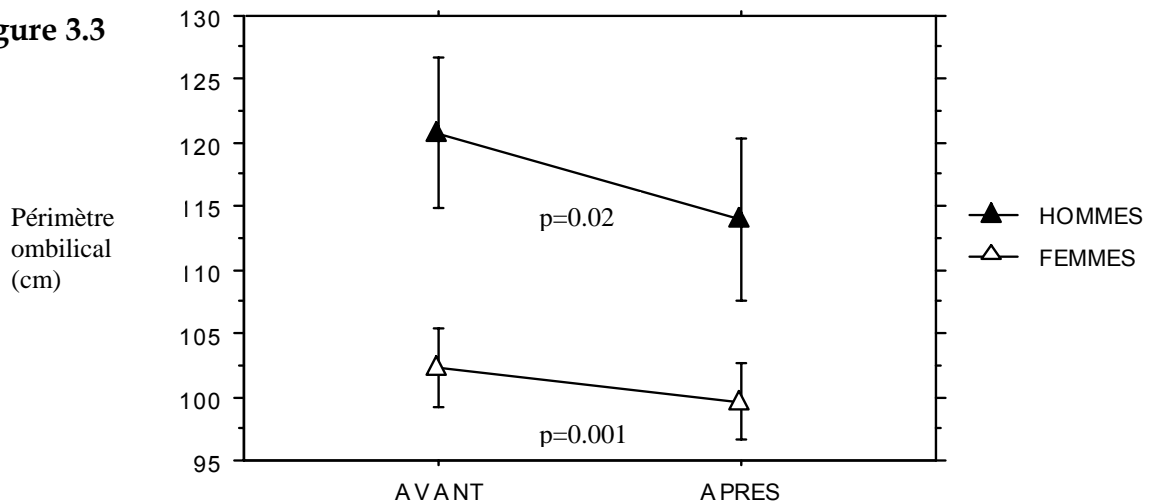


Figure 3.3



EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE CHEZ LES CONTRÔLES

Figure 3.4

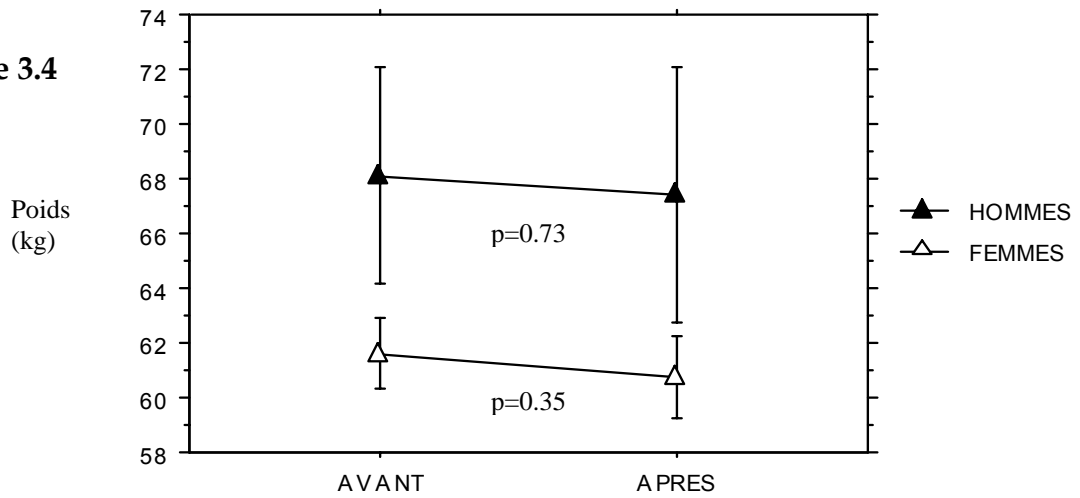


Figure 3.5

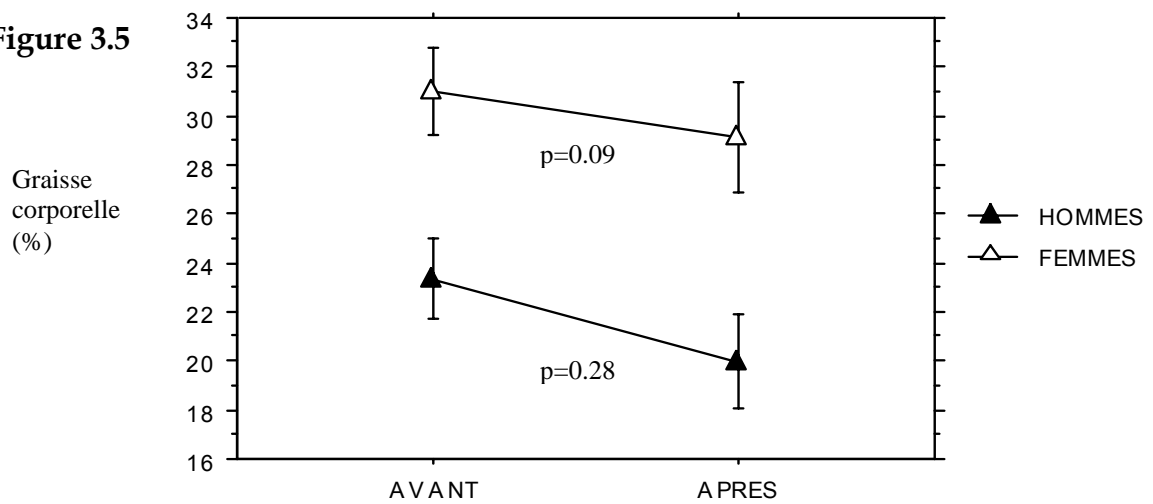
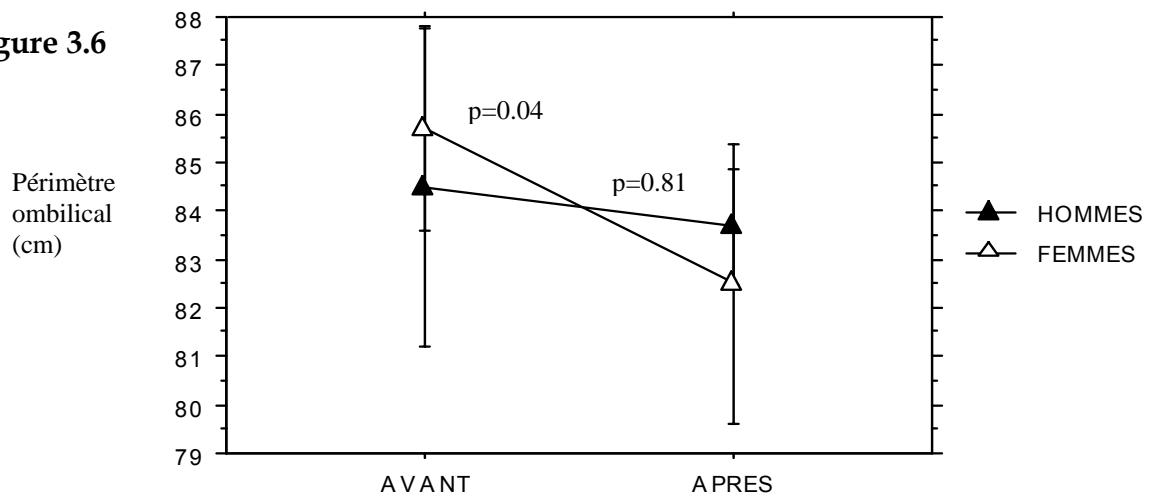


Figure 3.6



3.3) EFFET DU PROGRAMME D'EXERCICE PHYSIQUE SUR LES PERFORMANCES ET LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES AUX SEUILS DES GRAISSES ET ANAÉROBIE

Les figures 3.7-3.14 ainsi que les tableaux 3.6-3.13 illustrent l'effet de l'exercice physique sur la performance atteinte aux seuils des graisses et anaérobie ainsi que sur les caractéristiques physiologiques (fréquence cardiaque, consommation d'oxygène et ventilation) à ces mêmes seuils.

3.3.1) Effet de l'exercice sur la performance au seuil des graisses (figure 3.7 et tableau 3.6)

Les données ont été disponibles chez 28 sujets obèses (20 femmes ; 8 hommes) et 10 sujets contrôles (7 femmes ; 3 hommes). On constate ainsi que les sujets obèses atteignent le seuil des graisses à 4.9 ± 0.3 km/h avant exercice, et à 5.6 ± 0.2 km/h après exercice, ce qui représente une augmentation significative ($p=0.03$) de 14.3%. Si l'on sépare les femmes et les hommes (non illustré), les changements ne sont alors plus significatifs. On obtient une vitesse moyenne de 4.9 ± 0.3 km/h avant et 5.4 ± 0.3 km/h après exercice chez les femmes obèses (+10.2% ; $p=0.13$) ; chez les hommes, on note 5.1 ± 0.6 km/h et 6.1 ± 0.4 km/h, respectivement (+19.6% ; $p=0.12$). En ce qui concerne les sujets contrôles, ceux-ci ne varient pas de façon significative leur performance au seuil des graisses. Ainsi, la vitesse atteinte avant exercice est de 5.8 ± 0.4 km/h. Après exercice, la vitesse est de 6.1 ± 0.6 km/h (+5.2% ; $p=0.51$). Si l'on sépare femmes et hommes, on obtient une vitesse de 5.4 ± 0.3 km/h avant et après exercice chez les femmes ($\pm 0.0\%$; $p=1.00$) ; les hommes quant à eux passent de 7.0 ± 1.2 km/h à 7.8 ± 1.4 km/h (+11.4 % ; $p=0.42$).

3.3.2) Effet de l'exercice sur la performance au seuil anaérobie (figure 3.8 et tableau 3.7)

Les données étaient disponibles pour 28 sujets obèses (19 femmes et 9 hommes) et 10 sujets contrôles (6 hommes et 4 femmes). Les sujets obèses, avant exercice, atteignent le seuil anaérobie déjà à 6.6 ± 0.3 km/h. Après exercice en revanche, ils ne l'atteignent qu'à 7.4 ± 0.3 km/h. Ici aussi, l'augmentation est donc significative (+12.1% ; $p=0.02$). Si l'on sépare les sexes (non illustré), on constate une tendance vers la significativité chez les femmes : 6.1 ± 0.4 km/h avant et 6.9 km/h après exercice (+13.1% ; $p=0.07$). Chez les hommes en revanche, la variation n'est pas significative : 7.6 ± 0.6 km/h avant et 8.3 km/h après exercice (+9.2% ; $p=0.22$). Observons les sujets contrôles maintenant. Si l'on considère les 10 sujets ensemble, leur vitesse au seuil anaérobie passe de 8.7 ± 0.5 km/h à 9.2 ± 0.6 km/h, ce qui n'est pas une modification significative (+5.7% ; $p=0.23$). Les femmes observées seules passent de 7.9 ± 0.3 km/h à 8.1 ± 0.3 km/h (+2.5% ; $p=0.73$) et les hommes de 10.0 ± 0.8 km/h à 10.9 ± 1.0 km/h (+9.0 % ; $p=0.07$). Il existe donc chez ces derniers une variation qui tend vers la significativité.

Tableau 3.6

Effet de l'exercice sur la performance au seuil des graisses

	Vitesse atteinte avant exercice (km/h)	Vitesse atteinte après exercice (km/h)	Différence entre avant et après exercice	p
Femmes obèses (n=20)	4.9 ± 0.3	5.4 ± 0.3	+ 10.2%	0.13
Hommes obèses (n=8)	5.1 ± 0.6	6.1 ± 0.4	+ 19.6%	0.12
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=28)	4.9 ± 0.3	5.6 ± 0.2	+ 14.3 %	0.03
Femmes contrôles (n=7)	5.4 ± 0.3	5.4 ± 0.3	± 0.0%	1.00
Hommes contrôles (n=3)	7.0 ± 1.2	7.8 ± 1.4	+ 11.4%	0.42
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=10)	5.8 ± 0.4	6.1 ± 0.6	+5.2 %	0.51

Tableau 3.7

Effet de l'exercice sur la performance au seuil anaérobie

	Vitesse atteinte avant exercice (km/h)	Vitesse atteinte après exercice (km/h)	Différence entre avant et après exercice	p
Femmes obèses (n=19)	6.1 ± 0.4	6.9 ± 0.3	+ 13.1%	0.07
Hommes obèses (n=9)	7.6 ± 0.6	8.3 ± 0.6	+ 9.2 %	0.22
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=28)	6.6 ± 0.3	7.4 ± 0.3	+ 12.1 %	0.02
Femmes contrôles (n=6)	7.9 ± 0.3	8.1 ± 0.3	+ 2.5%	0.73
Hommes contrôles (n=4)	10.0 ± 0.8	10.9 ± 1.0	+ 9.0 %	0.07
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=10)	8.7 ± 0.5	9.2 ± 0.6	+ 5.7 %	0.23

3.3.3) Effet de l'exercice sur la fréquence cardiaque au seuil des graisses (figure 3.9 et tableau 3.8)

Les données étaient disponibles chez 21 femmes obèses, 8 hommes obèses, femmes contrôles et 3 hommes contrôles. Les sujets obèses pulsent à 121.8 ± 3.1 pulsations par minute (p/m) avant exercice et à 126.5 ± 3.5 p/m après exercice, au seuil des graisses. Ceci représente donc une augmentation non significative de +3.9% (p=0.11). Si l'on sépare les femmes des hommes, on note les résultats suivants (non illustrés sur les graphiques) : les femmes obèses passent de 124.0 ± 3.9 p/m avant à 126.9 ± 4.3 p/m après (+2.3% ; p=0.35) et les hommes obèses de 116.1 ± 4.5 p/m à 125.4 ± 6.2 p/m (+8.0% ; p=0.21).

Les sujets contrôles quant à eux passent d'une fréquence cardiaque de 125.3 ± 6.2 p/m avant à 127.5 ± 4.9 p/m après exercice (+1.8% ; p=0.68). En séparant les sexes, on obtient, chez les femmes contrôles, des valeurs de 123.9 ± 5.9 p/m avant et de 122.9 ± 4.4 p/m après exercice (-0.8% ; p=0.85). Les hommes contrôles quant à eux passent de 129.0 ± 19.6 p/m avant à 140.0 ± 12.1 p/m après exercice (+8.5% ; p=0.53).

3.3.4) Effet de l'exercice sur la fréquence cardiaque au seuil anaérobie (figure 3.10 et tableau 3.9)

Les données étaient disponibles chez 20 femmes obèses, 10 hommes obèses, 8 femmes contrôles et 4 hommes contrôles.

Les sujets obèses affichent une fréquence cardiaque de 141.6 ± 3.8 p/m avant et de 148.0 ± 4.5 p/m après exercice (+4.3 ; $p=0.06$) : il existe donc ici une tendance vers la significativité. Observons les femmes et les hommes obèses séparément. Les femmes pulsent à 144.4 ± 5.0 p/m avant et à 148.0 ± 4.5 p/m après (+2.5% ; $p=0.23$). Les hommes quant à eux sont à 136.1 p/m avant et à 147.2 ± 7.2 p/m après (+8.2 ; $p=0.15$).

Les sujets contrôles, tous sexes confondus, atteignent une fréquence cardiaque de 156.9 ± 5.6 p/m avant et de 159.3 ± 4.9 p/m après exercice (+1.5% ; $p=0.53$). Les femmes contrôles à elles seules sont à 155.0 ± 6.5 p/m avant et à 158.3 ± 5.4 p/m après exercice (+2.1% ; $p=0.57$). Les hommes contrôles quant à eux passent de 160.8 ± 11.7 p/m à 161.3 ± 11.2 p/m après (+0.3% ; $p=0.77$).

Tableau 3.8

**Effet de l'exercice sur la fréquence cardiaque (FC)
au seuil des graisses**

	FC avant exercice (en puls/min)	FC après exercice (en puls/min)	Différence en % entre avant et après	p
Femmes obèses (n=21)	124.0 ± 3.9	126.9 ± 4.3	+ 2.3 %	0.35
Hommes obèses (n=8)	116.1 ± 4.5	125.4 ± 6.2	+ 8.0 %	0.21
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=29)	121.8 ± 3.1	126.5 ± 3.5	+ 3.9 %	0.11
Femmes contrôles (n=8)	123.9 ± 5.9	122.9 ± 4.4	- 0.8 %	0.85
Hommes contrôles (n=3)	129.0 ± 19.6	140.0 ± 12.1	+ 8.5 %	0.53
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=11)	125.3 ± 6.2	127.5 ± 4.9	+ 1.8 %	0.68

Tableau 3.9

**Effet de l'exercice sur la fréquence cardiaque (FC)
au seuil anaérobie**

	FC avant exercice (en puls/min)	FC après exercice (en puls/min)	Différence en % entre avant et après	p
Femmes obèses (n=20)	144.4 ± 5.0	148.0 ± 4.5	+ 2.5 %	0.23
Hommes obèses (n=10)	136.1 ± 5.8	147.2 ± 7.2	+ 8.2 %	0.15
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=30)	141.6 ± 3.8	147.7 ± 3.8	+ 4.3 %	0.06
Femmes contrôles (n=8)	155.0 ± 6.5	158.3 ± 5.4	+ 2.1 %	0.57
Hommes contrôles (n=4)	160.8 ± 11.7	161.3 ± 11.2	+ 0.3 %	0.77
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=12)	156.9 ± 5.6	159.3 ± 4.9	+ 1.5 %	0.53

3.3.5) Effet de l'exercice physique sur la consommation d'oxygène au seuil des graisses (figure 3.11 et tableau 3.10)

Les données étaient disponibles chez 21 femmes obèses, 8 hommes obèses, 8 femmes contrôles et 3 hommes contrôles. Les sujets obèses consomment 17.7 ± 0.8 ml/kg/min avant et 19.4 ± 0.9 ml/kg/min après exercice à ce seuil (+9.6% ; p=0.09). Les femmes obèses seules affichent une moyenne de 17.0 ± 0.8 ml/kg/min avant et de 18.7 ml/kg/min après (+10.0% ; p=0.11). Les hommes consomment 19.6 ± 2.2 ml/kg/min avant et 21.4 ± 1.6 ml/kg/min après exercice (+9.2% ; p=0.48).

Les sujets contrôles, eux, partent avec une consommation de 21.0 ± 2.1 ml/kg/min. Après la période d'entraînement, ils atteignent 23.8 ± 2.6 ml/kg/min (+13.3% ; p=0.16). Les femmes contrôles seules consomment 18.8 ± 0.8 ml/kg/min avant et 21.3 ± 1.4 ml/kg/min après exercice (+13.3% ; p=0.16) ; les hommes quant à eux passent de 27.0 ± 7.2 ml/kg/min à 30.5 ± 8.4 ml/kg/min (+13.0% ; p=0.63).

3.3.6) Effet de l'exercice physique sur la consommation d'oxygène au seuil anaérobie
(figure 3.12 et tableau 3.11)

On disposait des valeurs pour 20 femmes obèses, 10 hommes obèses, 8 femmes contrôles et 4 hommes contrôles.

Les sujets obèses, tous sexes confondus, passent d'une consommation de 21.9 ± 1.3 ml/kg/min à 25.5 ± 1.4 ml/kg/min (+16.4% ; p=0.001). L'augmentation demeure significative lorsqu'on considère les deux sexes séparément. Ainsi, les femmes obèses passent de 20.6 ± 1.3 ml/kg/min à 23.7 ± 1.5 ml/kg/min (+15.0% ; p=0.01) et les hommes obèses de 24.7 ± 2.8 ml/kg/min à 29.2 ± 2.7 ml/kg/min (+18.2% ; p=0.05).

Chez les sujets contrôles en revanche, on ne constate pas de variation significative, puisque ceux-ci consomment 29.8 ± 2.2 ml/kg/min avant et 32.3 ± 2.5 ml/kg/min après exercice (+8.4% ; p=0.09). Les femmes contrôles seules passent de 27.4 ± 1.4 ml/kg/min avant à 30.2 ± 1.6 ml/kg/min après (+10.2% ; p=0.17) et les hommes de 34.6 ± 5.6 ml/kg/min à 36.4 ± 6.9 ml/kg/min (+5.2% ; p=0.42).

Tableau 3.10

Effet de l'exercice sur la consommation d'oxygène (VO2) au seuil des graisses

	VO2 avant exercice (en ml/kg/min)	VO2 après exercice (en ml/kg/min)	Différence en % entre avant et après	p
Femmes obèses (n=21)	17.0 ± 0.8	18.7 ± 1.1	+ 10.0 %	0.11
Hommes obèses (n=8)	19.6 ± 2.2	21.4 ± 1.6	+ 9.2 %	0.48
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=29)	17.7 ± 0.8	19.4 ± 0.9	+ 9.6 %	0.09
Femmes contrôles (n=8)	18.8 ± 0.8	21.3 ± 1.4	+ 13.3 %	0.16
Hommes contrôles (n=3)	27.0 ± 7.2	30.5 ± 8.4	+ 13.0 %	0.63
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=11)	21.0 ± 2.1	23.8 ± 2.6	+ 13.3 %	0.16

Tableau 3.11

Effet de l'exercice sur la consommation d'oxygène (VO₂) au seuil anaérobie

	VO ₂ avant exercice (en ml/kg/min)	VO ₂ après exercice (en ml/kg/min)	Différence en % entre avant et après	p
Femmes obèses (n=20)	20.6 ± 1.3	23.7 ± 1.5	+ 15.0 %	0.01
Hommes obèses (n=10)	24.7 ± 2.8	29.2 ± 2.7	+ 18.2 %	0.05
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=30)	21.9 ± 1.3	25.5 ± 1.4	+ 16.4 %	0.001
Femmes contrôles (n=8)	27.4 ± 1.4	30.2 ± 1.6	+10.2 %	0.17
Hommes contrôles (n=4)	34.6 ± 5.6	36.4 ± 6.9	+5.2 %	0.42
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=12)	29.8 ± 2.2	32.3 ± 2.5	+ 8.4 %	0.09

3.3.7) Effet de l'exercice physique sur la ventilation au seuil des graisses (figure 3.13 et tableau 3.12)

8 femmes contrôles et 3 hommes contrôles. L'ensemble des obèses ventilait à 39.8 ± 1.7 l/min avant et à 40.0 ± 1.7 l/min après exercice, ce qui représente une augmentation non significative de +0.5% (p=0.92). Les données ont été disponibles chez 20 femmes obèses, 8 hommes obèses, obèses seules ventilent à 37.2 ± 1.7 l/min avant et à 37.0 ± 1.5 l/min après exercice (-0.5% ; p=0.89). Les hommes obèses passent d'une ventilation de 46.4 ± 3.1 l/min avant à une ventilation de 47.8 ± 3.6 l/min après (+3.0% ; p=0.83).

Les sujets contrôles dans leur ensemble ventilent à 31.4 ± 4.5 l/min avant et à 35.6 ± 5.5 l/min après exercice (+13.4% ; p=0.36). Les femmes contrôles seules passent de 26.6 ± 1.7 l/min avant à 29.1 ± 1.9 l/min après (+9.4% ; p=0.28). Les hommes contrôles quant à eux passent de 44.0 ± 15.0 l/min à 53.0 ± 17.9 l/min après (+20.5% ; p=0.66).

3.3.8) Effet de l'exercice physique sur la ventilation au seuil anaérobie (figure 3.14 et tableau 3.13)

Au seuil anaérobie, la ventilation a été mesurée chez 19 femmes obèses, 10 hommes obèses, 8 femmes contrôles et 4 hommes contrôles.

A ce seuil, les sujets obèses passent d'une ventilation de 55.0 ± 3.1 l/min à une ventilation de 59.1 ± 2.6 l/min (+7.5% ; p=0.15). Les femmes obèses seules ventilent à 50.8 ± 3.4 l/min avant et à 53.9 ± 2.7 l/min après exercice (+6.1% ; p=0.31). Les hommes obèses passent de 63.0 ± 5.9 l/min à 68.8 ± 4.0 l/min après (+9.2% ; p=0.34).

Le groupe contrôle passe lui de 52.2 ± 5.9 l/min avant à 58.6 ± 6.8 l/min après exercice (+12.3% ; p=0.11). Les femmes contrôles observées séparément passent de 44.6 ± 3.1 l/min à 51.0 ± 4.4 l/min après exercice (+14.3% ; p=0.17). Les hommes contrôles quant à eux passent de 67.3 ± 15.2 l/min à 73.8 ± 17.3 l/min (+9.7% ; p=0.48).

Tableau 3.12

Effet de l'exercice sur la ventilation au seuil des graisses

	Ventilation avant exercice (en l/min)	Ventilation après exercice (en l/min)	Différence en % entre avant et après	p
Femmes obèses (n=20)	37.2 ± 1.7	37.0 ± 1.5	- 0.5 %	0.89
Hommes obèses (n=8)	46.4 ± 3.1	47.8 ± 3.6	+ 3.0 %	0.83
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=28)	39.8 ± 1.7	40.0 ± 1.7	+ 0.5 %	0.92
Femmes contrôles (n=8)	26.6 ± 1.7	29.1 ± 1.9	+ 9.4 %	0.28
Hommes contrôles (n=3)	44.0 ± 15.0	53.0 ± 17.9	+ 20.5 %	0.66
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=11)	31.4 ± 4.5	35.6 ± 5.5	+ 13.4 %	0.36

Tableau 3.13

Effet de l'exercice sur la ventilation au seuil anaérobie

	Ventilation avant exercice (en l/min)	Ventilation après exercice (en l/min)	Différence en % entre avant et après	p
Femmes obèses (n=19)	50.8 ± 3.4	53.9 ± 2.7	+ 6.1%	0.31
Hommes obèses (n=10)	63.0 ± 5.9	68.8 ± 4.0	+ 9.2 %	0.34
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=29)	55.0 ± 3.1	59.1 ± 2.6	+ 7.5 %	0.15
Femmes contrôles (n=8)	44.6 ± 3.1	51.0 ± 4.4	+ 14.3 %	0.17
Hommes contrôles (n=4)	67.3 ± 15.2	73.8 ± 17.3	+ 9.7 %	0.48
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=12)	52.2 ± 5.9	58.6 ± 6.8	+ 12.3 %	0.11

EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA PERFORMANCE AUX SEUILS DES GRAISSES ET ANAÉROBIE

Figure 3.7

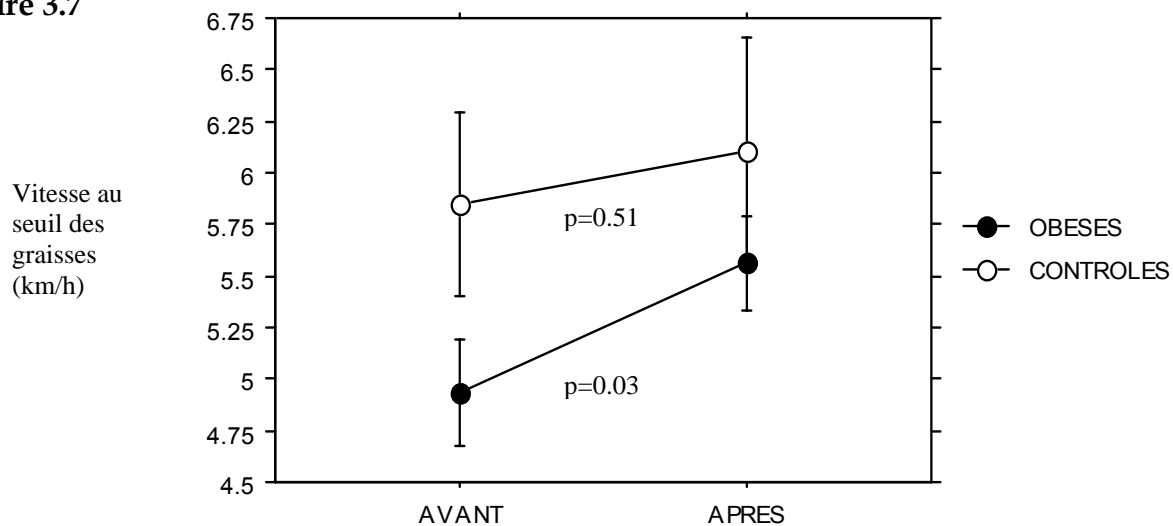
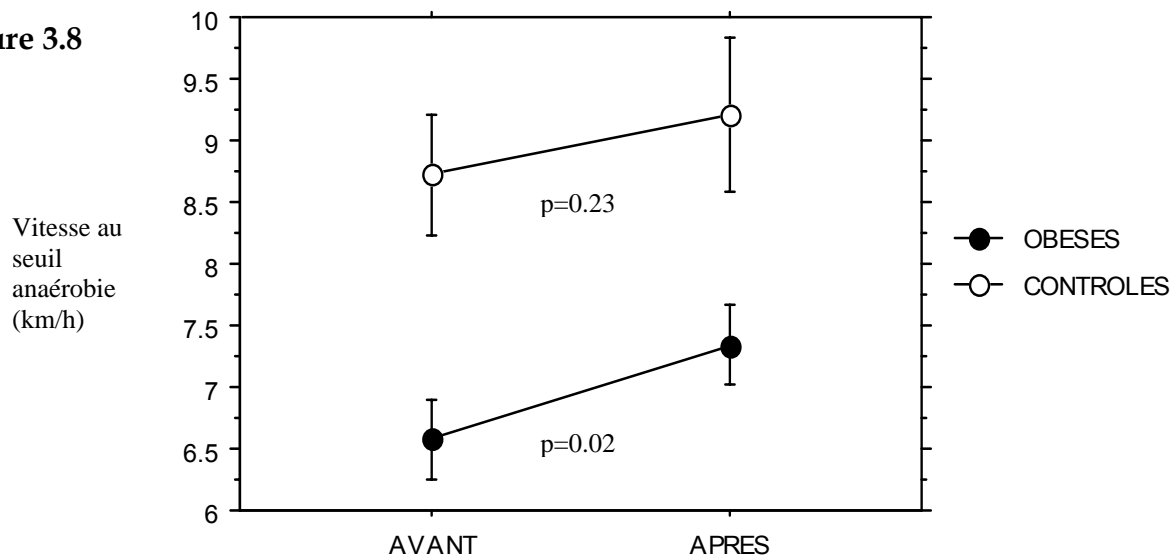


Figure 3.8



EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA FRÉQUENCE CARDIAQUE AUX SEUILS DES GRAISSES ET ANAÉROBIE

Figure 3.9

Fréquence cardiaque au seuil des graisses (puls/min)

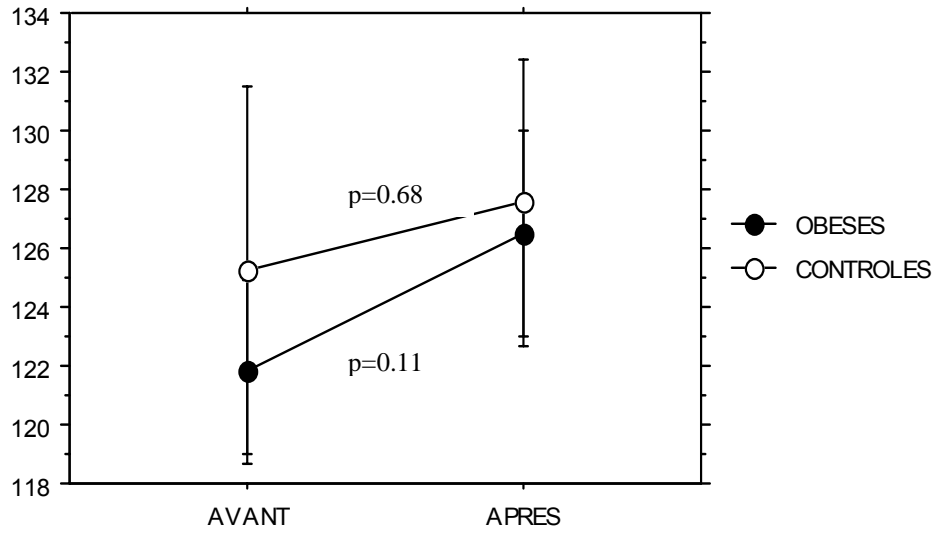
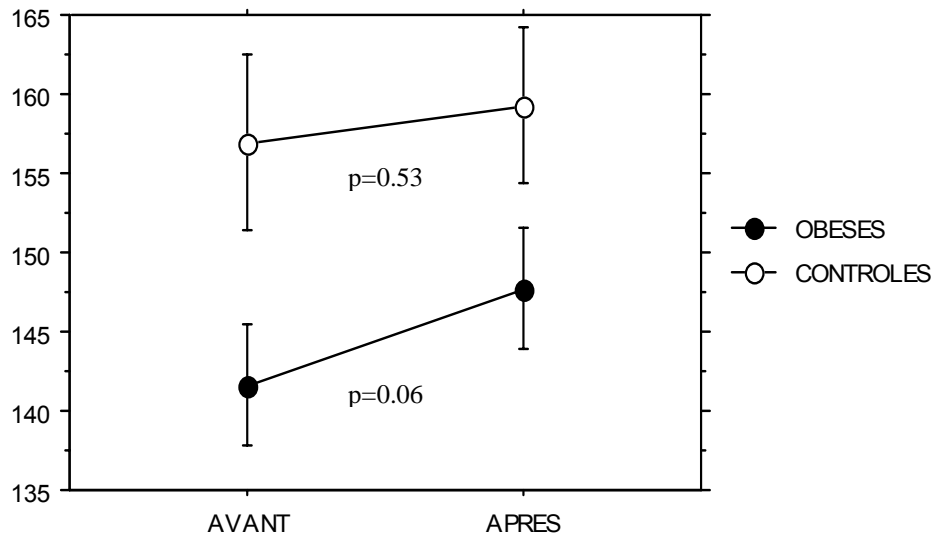


Figure 3.10

Fréquence cardiaque au seuil anaérobie (puls/min)



EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA CONSOMMATION D'OXYGÈNE AUX SEUILS DES GRAISSES ET ANAÉROBIE

Figure 3.11

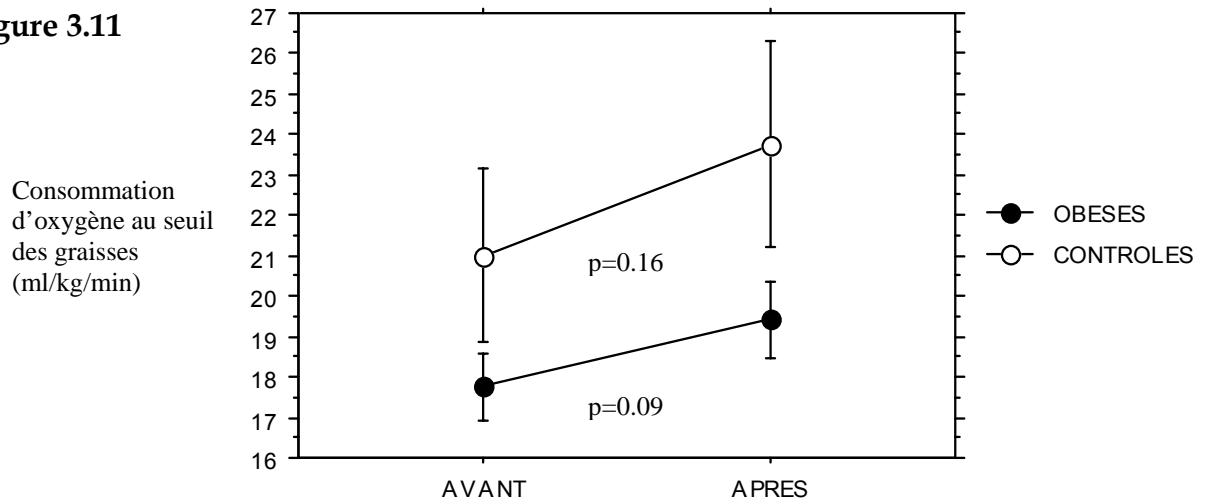
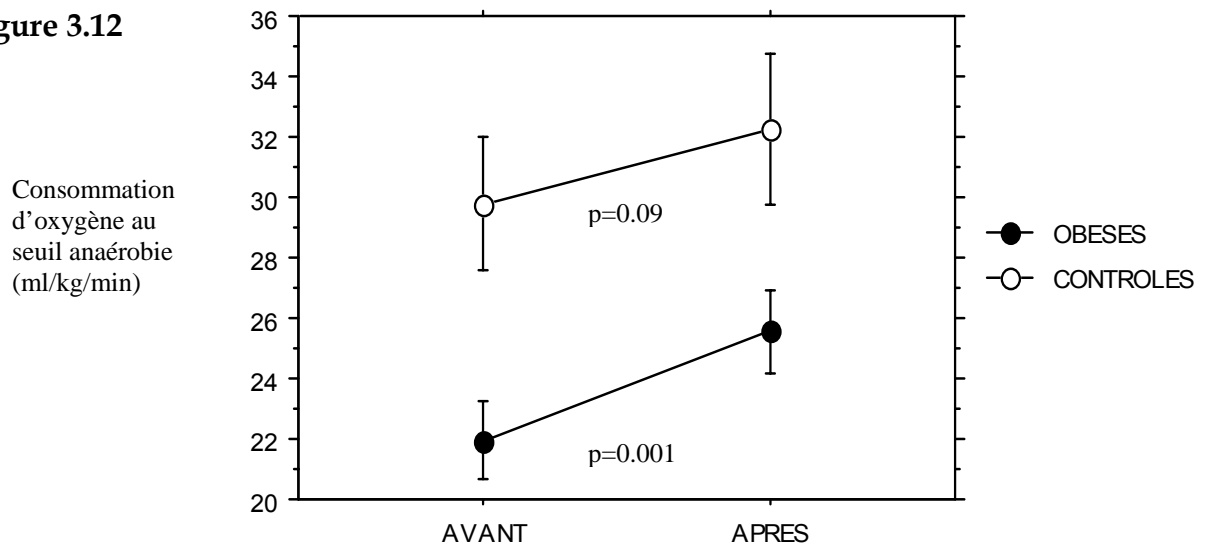


Figure 3.12



EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA VENTILATION AUX SEUILS DES GRAISSES ET ANAÉROBIE

Figure 3.13

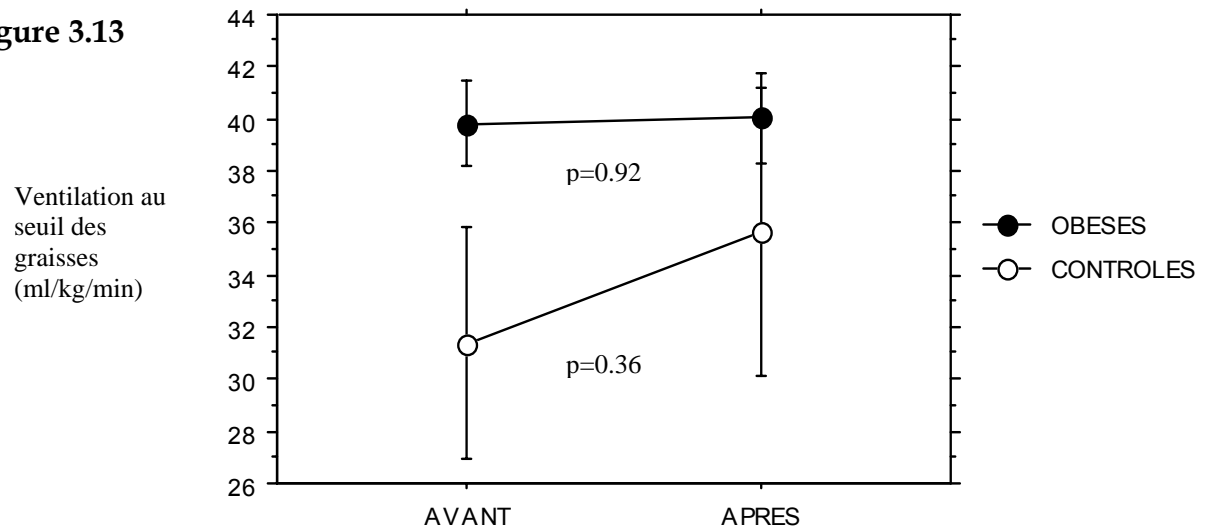
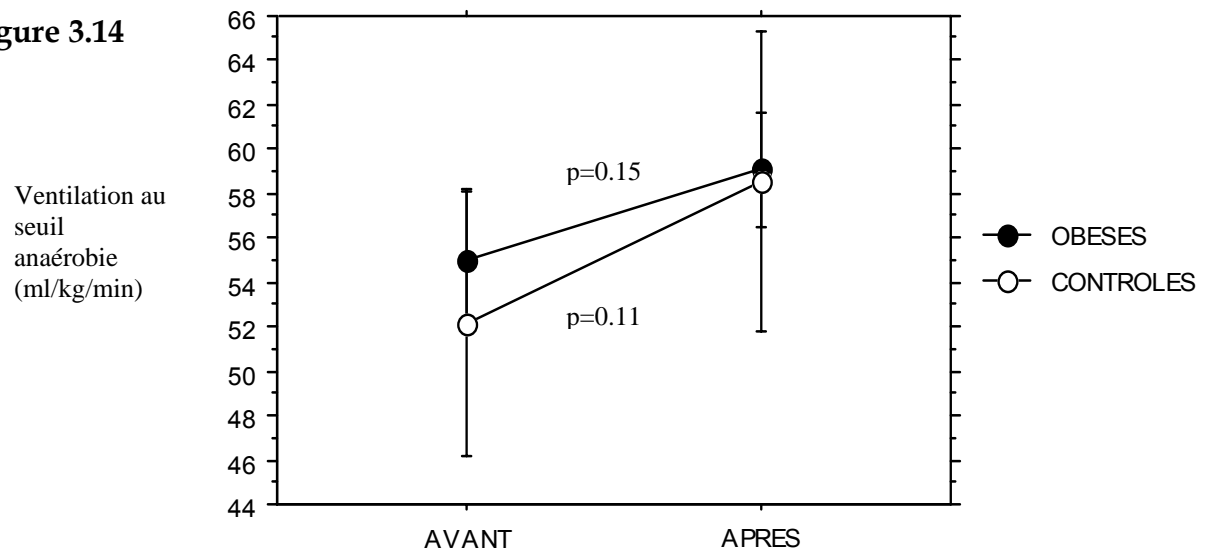


Figure 3.14



3.4) EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES À LA VITESSE DE 6 KM/H

Les figures 3.15-3.17 illustrent l'effet de l'exercice physique au seuil de 6 km/h sur les caractéristiques physiologiques suivantes : fréquence cardiaque (FC), consommation d'oxygène (VO₂) et ventilation.

Le seuil de 6 km/h a été choisi car c'était à cette vitesse qu'un maximum de données était disponible.

En ce qui concerne la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène, les données étaient disponibles pour 28 sujets obèses (21 femmes et 7 hommes) et 8 sujets contrôles (6 femmes et 2 hommes). Pour la ventilation, on disposait de données chez 27 sujets obèses (20 femmes et 7 hommes) et 8 sujets contrôles (6 femmes et 2 hommes).

3.4.1) Effet de l'exercice physique sur la fréquence cardiaque au seuil de 6 km/h (figure 3.15 et tableau 3.14)

Les données étaient disponibles pour 28 sujets obèses (21 femmes et 7 hommes) et 8 sujets contrôles (6 femmes et 2 hommes). Les sujets obèses pulsent à 134.9 ± 3.3 p/m avant et à 133.0 ± 3.5 p/m après exercice, ce qui représente une diminution non-significative de -1.4% ($p=0.44$). Si l'on sépare les deux sexes, on remarque alors que les femmes obèses passent de 137.8 ± 3.6 p/m à 137.4 ± 3.7 p/m (-0.3% ; $p=0.91$) et les hommes obèses de 126.4 ± 7.2 p/m à 119.7 ± 7.1 p/m (-5.3% ; $p=0.05$). Il existe donc une diminution significative de la fréquence cardiaque chez les hommes obèses seulement. Les sujets contrôles quant à eux, tous sexes confondus, passent de 122.0 ± 5.0 p/m à 119.9 ± 4.2 p/m (-1.7% ; $p=0.54$) : ici non plus, la variation n'est donc pas significative. En séparant les sexes, on note les résultats suivants : 126.8 ± 5.2 p/m avant et 123.8 ± 3.3 p/m après exercice chez les femmes contrôles (-2.4% ; $p=0.50$) ; 107.5 ± 5.5 p/m avant et 108.0 ± 12.0 p/m après exercice chez les hommes contrôles (+0.5% ; $p=0.95$).

C'est donc seulement chez les hommes obèses que l'on note une diminution significative de la fréquence cardiaque.

Tableau 3.14

Effet de l'exercice sur la fréquence cardiaque (FC) au seuil de 6 km/h

	FC avant exercice (pulsations/ minute)	FC après exercice (pulsations/ minute)	Différence entre avant et après	p
Femmes obèses (n=21)	137.8 ± 3.6	137.4 ± 3.7	- 0.3 %	0.91
Hommes obèses (n=7)	126.4 ± 7.2	119.7 ± 7.1	- 5.3 %	0.05
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=28)	134.9 ± 3.3	133.0 ± 3.5	- 1.4 %	0.44
Femmes contrôles (n=6)	126.8 ± 5.2	123.8 ± 3.3	- 2.4 %	0.50
Hommes contrôles (n=2)	107.5 ± 5.5	108.0 ± 12.0	+ 0.5 %	0.95
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=8)	122.0 ± 5.0	119.9 ± 4.2	- 1.7 %	0.54

3.4.2) Effet de l'exercice physique sur la consommation d'oxygène au seuil de 6 km/h
(figure 3.16 et tableau 3.15)

Les sujets obèses consomment 20.3 ± 0.6 ml/kg/min avant et 21.5 ± 0.7 ml/kg/min après exercice (+5.9% ; p=0.06). On note donc une nette tendance vers une variation significative. En séparant les deux sexes, on constate que les femmes obèses consomment 20.2 ± 0.7 ml/kg/min avant et 21.5 ± 0.9 ml/kg/min après exercice (+6.4% ; p=0.22) ; les hommes obèses consomment 20.5 ± 1.6 ml/kg/min avant et 21.6 ml/kg/min après (+5.4% ; p=0.55). Les sujets contrôles quant à eux passent, tous sexes confondus, de 20.3 ± 0.5 ml/kg/min à 21.1 ± 1.1 ml/kg/min (+3.9% ; p=0.40). Lorsque l'on sépare les femmes des hommes, on obtient les résultats suivants : les femmes contrôles passent de 20.3 ± 0.5 ml/kg/min à 22.2 ± 0.6 ml/kg/min (+9.4% ; p=0.35) et les hommes de 20.0 ± 2.1 ml/kg/min à 17.8 ± 4.1 ml/kg/min (-11.0% ; p=0.52).

On constate donc une augmentation proche du seuil de significativité seulement chez les sujets obèses en ce qui concerne la consommation d'oxygène.

Tableau 3.15

Effet de l'exercice sur la consommation d'oxygène au seuil de 6 km/h

	VO2 avant exercice (en ml/kg/min)	VO2 après exercice (en ml/kg/min)	Différence entre avant et après	p
Femmes obèses (n=21)	20.2 ± 0.7	21.5 ± 0.9	+ 6.4 %	0.22
Hommes obèses (n=7)	20.5 ± 1.6	21.6 ± 1.3	+ 5.4 %	0.55
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=28)	20.3 ± 0.6	21.5 ± 0.7	+5.9 %	0.06
Femmes contrôles (n=6)	20.3 ± 0.5	22.2 ± 0.6	+ 9.4 %	0.35
Hommes contrôles (n=2)	20.0 ± 2.1	17.8 ± 4.1	- 11.0 %	0.52
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=8)	20.3 ± 0.5	21.1 ± 1.1	+ 3.9 %	0.40

3.4.3) Effet de l'exercice physique sur la ventilation au seuil de 6 km/h (figure 3.17 et tableau 3.16).

Les sujets obèses ventilent à 46.8 ± 2.6 l/min avant et à 44.7 ± 2.2 après exercice, ce qui représente une diminution non-significative (-4.5% ; p=0.27). En séparant les deux sexes, on constate que les femmes obèses ventilent à 44.5 ± 2.5 l/min avant et à 43.4 ± 2.4 l/min après exercice (-2.3% ; p=0.79). Les hommes quant à eux passent de 53.9 ± 6.8 l/min à 48.6 ± 5.0 l/min (-9.8% ; p=0.38). Les sujets contrôles, tous sexes confondus, ventilent à 29.0 ± 1.6 l/min avant et à 29.9 ± 1.5 l/min après exercice (+3.1% ; p=0.45). En séparant les sexes, on observe chez les femmes contrôles une ventilation de 28.8 ± 1.6 l/min avant et de 30.7 ± 1.0 l/min après (+6.6% ; p=0.78) ; chez les hommes, on trouve 29.5 ± 5.5 l/min avant et 27.5 ± 6.5 l/min après exercice (-6.8% ; p=0.86).

Dans aucun groupe, on ne trouve donc une variation significative de la ventilation entre avant et après le programme d'entraînement.

Tableau 3.16

Effet de l'exercice physique sur la ventilation au seuil de 6 km/h

	Ventilation avant exercice (en l/min)	Ventilation après exercice (en l/min)	Différence entre avant et après	p
Femmes obèses (n=20)	44.5 ± 2.5	43.4 ± 2.4	-2.3 %	0.79
Hommes obèses (n=7)	53.9 ± 6.8	48.6 ± 5.0	- 9.8 %	0.38
FEMMES ET HOMMES OBESES (n=27)	46.8 ± 2.6	44.7 ± 2.2	-4.5 %	0.27
Femmes contrôles (n=6)	28.8 ± 1.6	30.7 ± 1.0	+ 6.6 %	0.78
Hommes contrôles (n=2)	29.5 ± 5.5	27.5 ± 6.5	- 6.8 %	0.86
FEMMES ET HOMMES CONTROLES (n=8)	29.0 ± 1.6	29.9 ± 1.5	+ 3.1 %	0.45

EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES AU SEUIL DE 6 KM/H

Figure 3.15

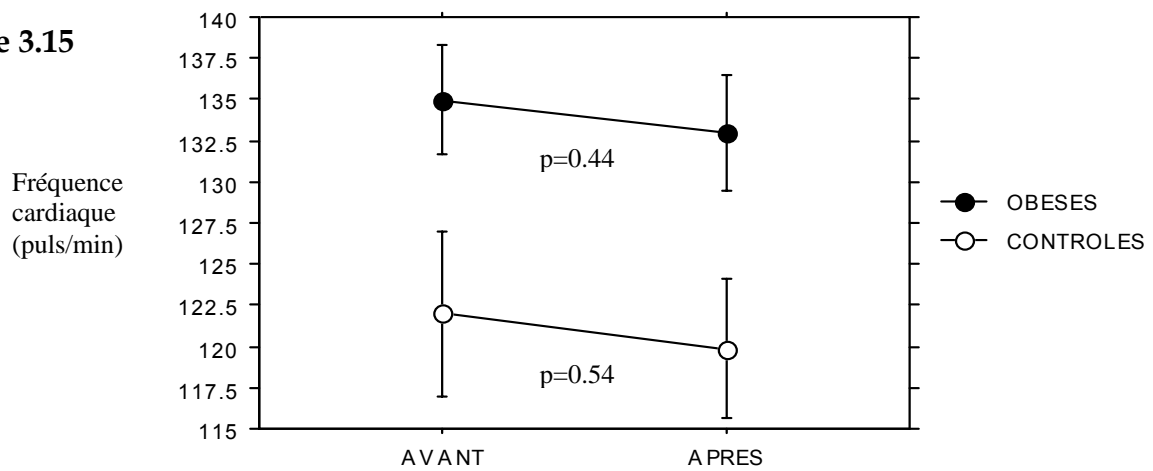


Figure 3.16

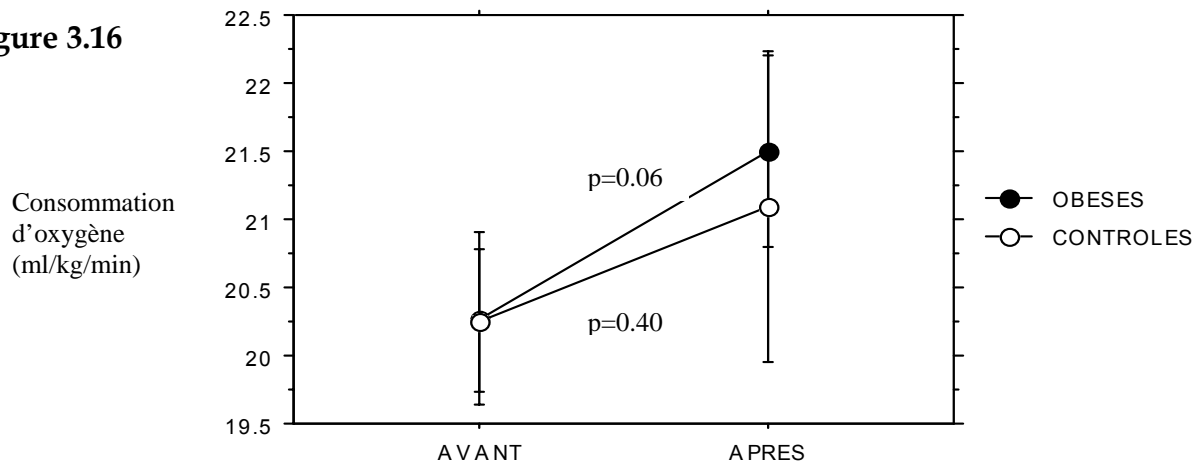
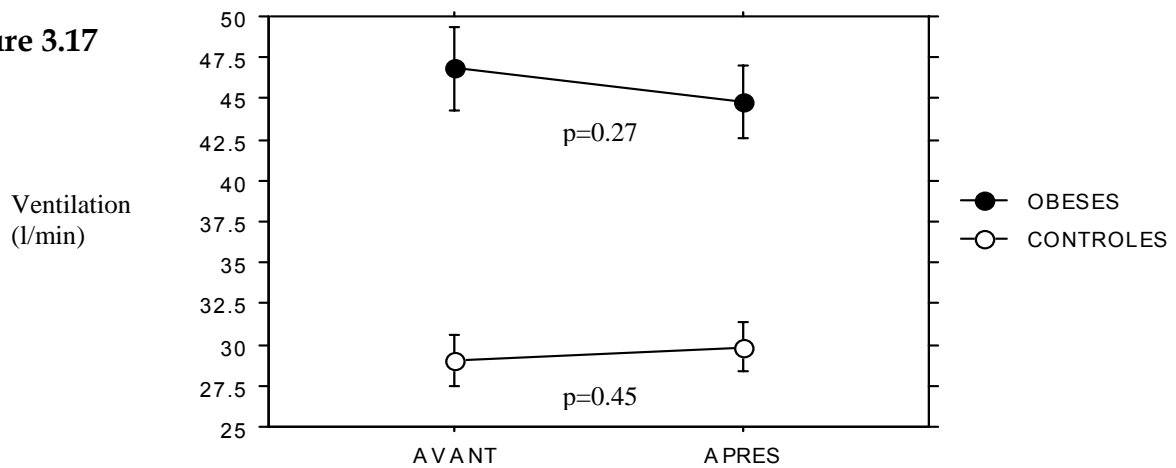


Figure 3.17



3.5) CORRÉLATION ENTRE LA MODIFICATION DE POIDS INDUITE PAR L'EXERCICE ET CERTAINES VARIABLES MESURÉES

Dans ce dernier chapitre consacré aux résultats, nous avons mis en relation la variation de poids apportée par l'exercice et la variation des performances observées. Nous avons également mis en corrélation la variation de poids et la modification des caractéristiques physiologiques observée au seuil de 6 km/h.

Pour ce faire, nous avons séparé les sujets obèses des sujets contrôles.

Les résultats sont représentés dans les figures 3.18-3.27.

On constate qu'aucun des groupes étudiés n'affiche d'association significative entre la perte (ou la prise) de poids et la modification des performances. Chez les obèses au seuil des graisses, on obtient un $r = -0.19$ ($p=0.33$), et chez les contrôles un $r = -0.23$ ($p=0.54$). Au seuil anaérobie, l'association est encore plus faible chez les obèses, avec un $r = -0.10$ ($p=0.60$). Chez les sujets contrôles en revanche, il existe une corrélation tendant vers la significativité, avec $r = -0.61$ ($p=0.06$).

En ce qui concerne les caractéristiques physiologiques mesurées au seuil de 6 km/h, on ne constate pas non plus une association significative chez les obèses. Ainsi, les valeurs r sont de 0.12 ($p=0.55$) pour la fréquence cardiaque, 0.04 ($p=0.85$) pour la consommation d'oxygène et 0.16 ($p=0.44$) pour la ventilation. Chez les sujets contrôles en revanche, la force des corrélations est nettement plus importante. Si elle demeure non significative en ce qui concerne l'association entre fréquence cardiaque et variation de poids, avec $r = 0.59$ ($p=0.13$), l'association devient significative pour la corrélation entre consommation d'oxygène et variation de poids, avec $r = -0.77$ ($p=0.02$) et proche de la significativité pour la relation ventilation et variation de poids, avec $r = 0.68$ ($p=0.07$).

CORRÉLATION ENTRE LA VARIATION DE POIDS ET LA MODIFICATION DES PERFORMANCES CHEZ LES SUJETS OBÈSES

Figure 3.18

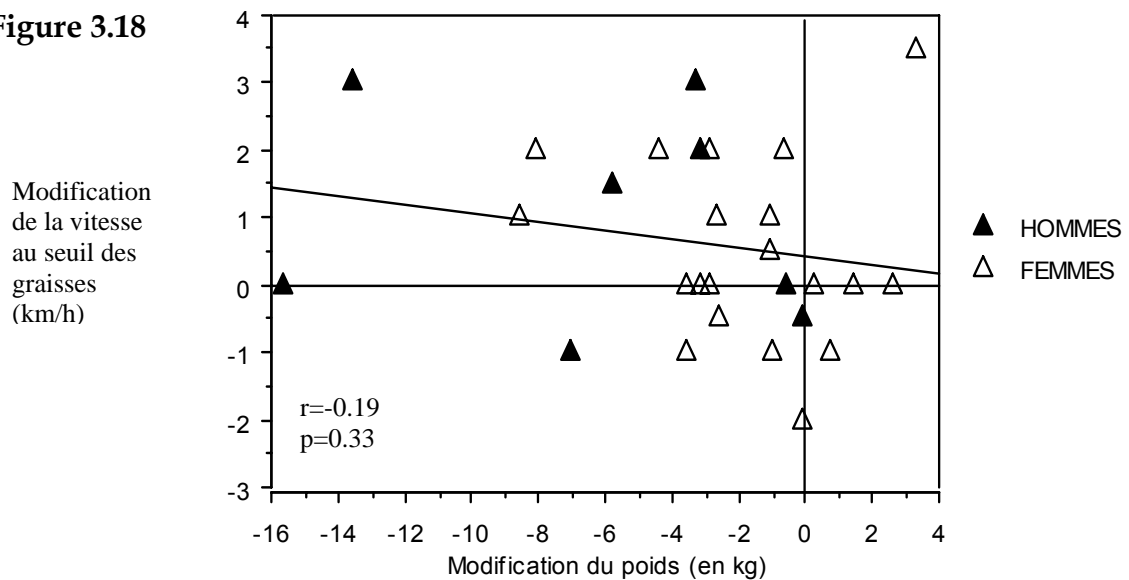
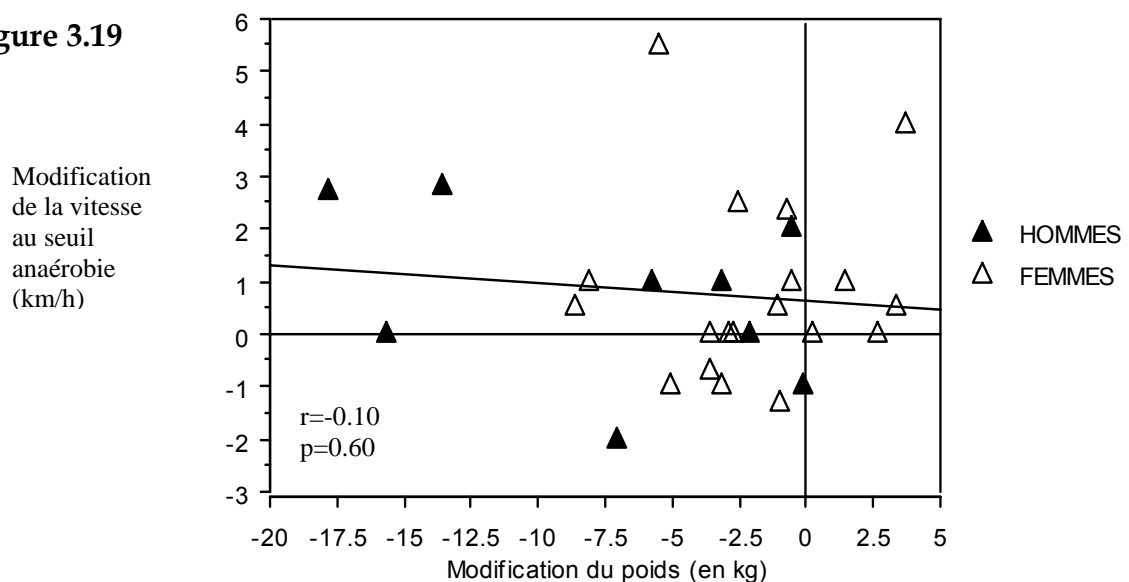


Figure 3.19



Les valeurs représentées sont les résultats issus de la formule :
 $(x) \text{ après exercice} - (x) \text{ avant exercice} = \text{valeur représentée}$
 avec x pour « poids », « vitesse au seuil des graisses » ou « vitesse au seuil anaérobie »

CORRÉLATION ENTRE LA VARIATION DE POIDS ET LA MODIFICATION DES PERFORMANCES CHEZ LES SUJETS CONTRÔLES

Figure 3.20

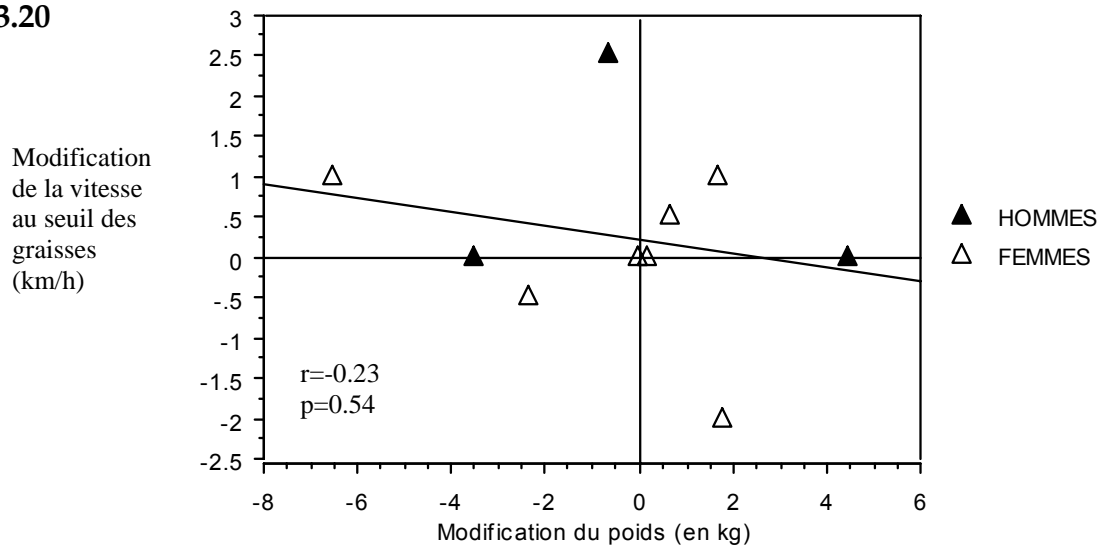
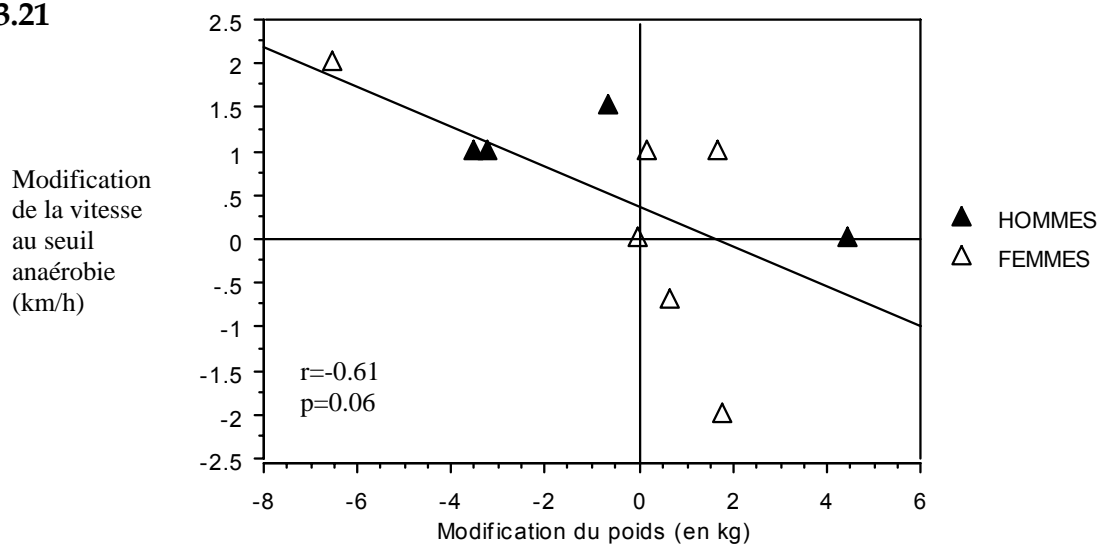


Figure 3.21



Les valeurs représentées sont les résultats issus de la formule :
 (x) après exercice – (x) avant exercice = valeur représentée
 avec x pour « poids », « vitesse au seuil des graisses » ou « vitesse au seuil anaérobie »

CORRÉLATION ENTRE LA VARIATION DE POIDS ET LES MODIFICATIONS DES PERFORMANCES AU SEUIL DE 6 KM/H CHEZ LES SUJETS OBÈSES

Figure 3.22

Modification de la
fréquence
cardiaque au seuil
de 6 km/h
(pulsations/min)

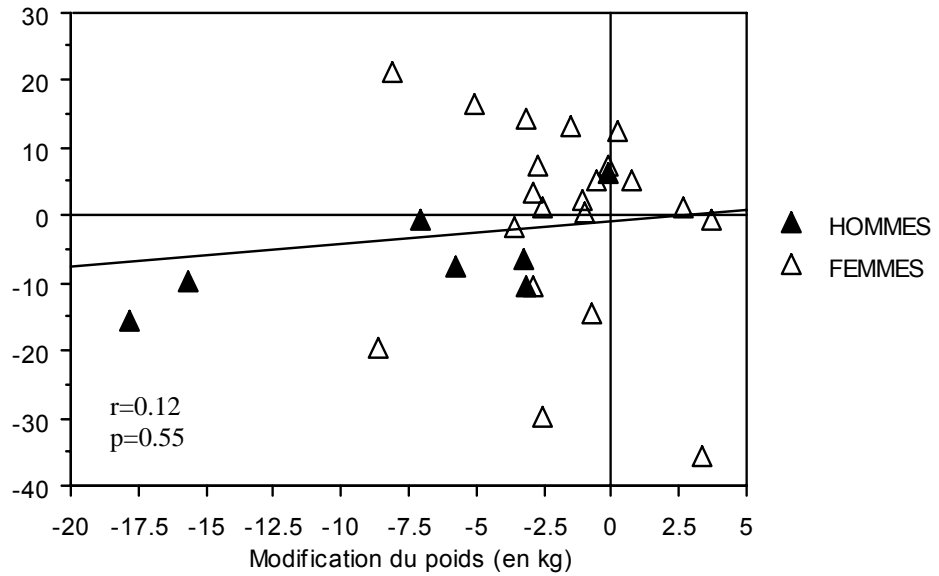


Figure 3.23

Modification de la
consommation
d'oxygène au seuil
de 6km/h
(ml/kg/min)

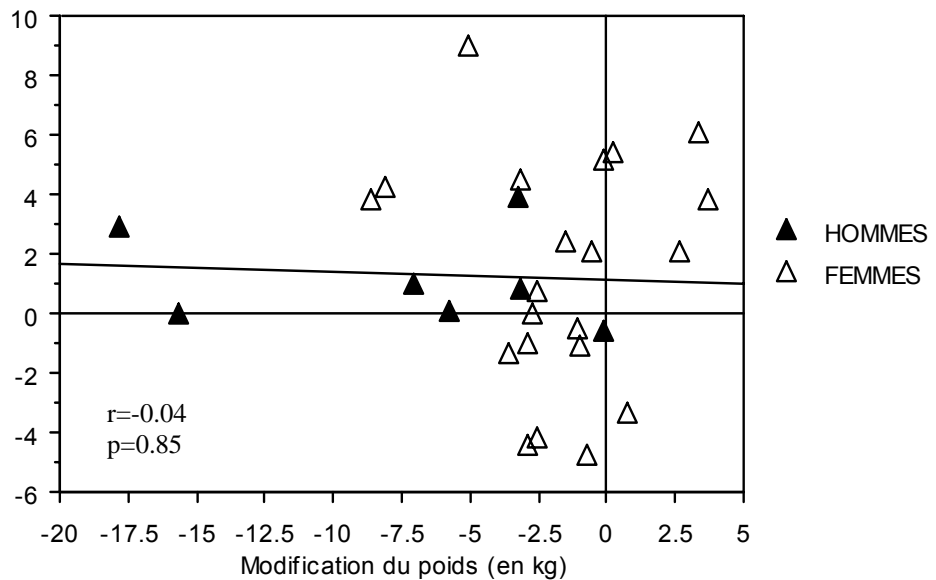
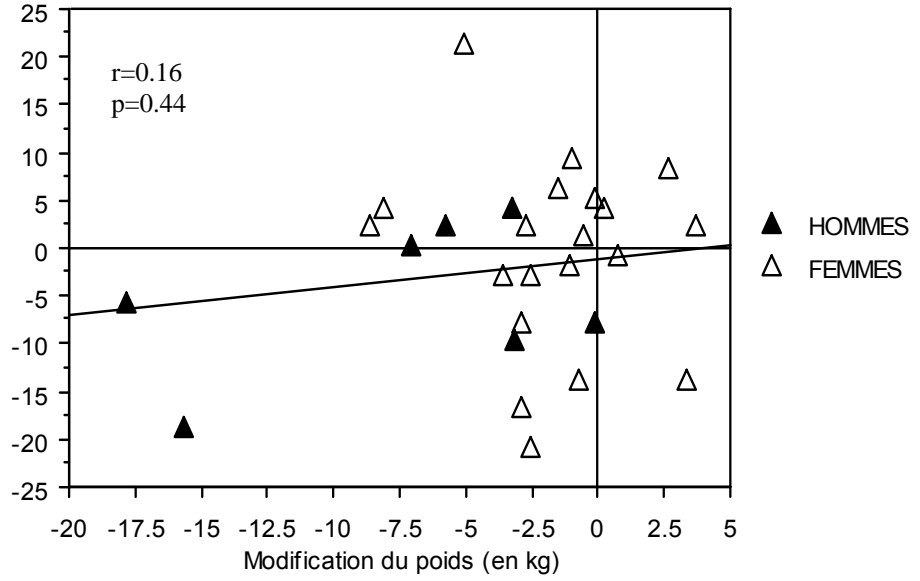


Figure 3.24

Modification de la ventilation au seuil de 6 km/h (l/min)



CORRÉLATION ENTRE LA VARIATION DE POIDS ET LES MODIFICATIONS DES PERFORMANCES AU SEUIL DE 6 KM/H CHEZ LES SUJETS CONTRÔLES

Figure 3.25

Modification de la fréquence cardiaque au seuil de 6 km/h (pulsations/min)

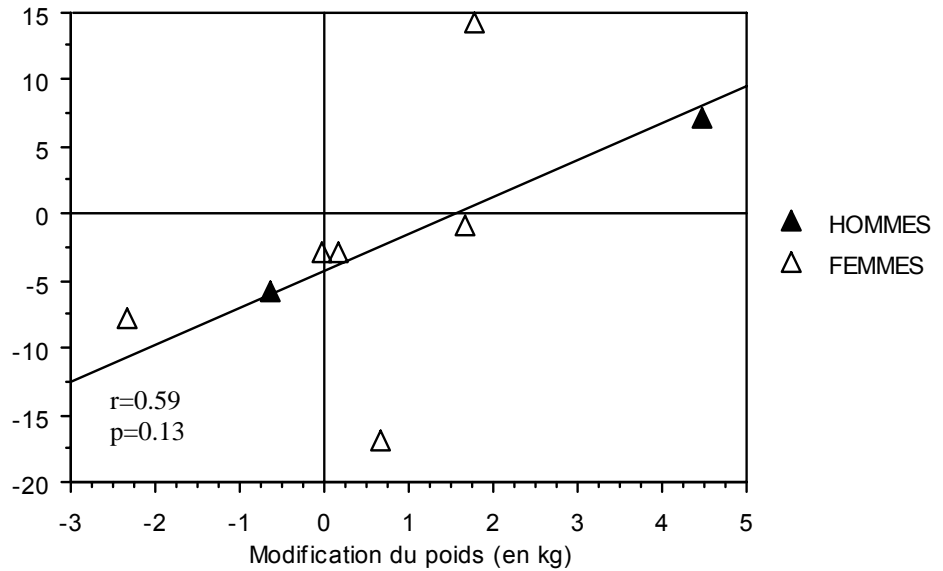


Figure 3.26

Modification de la consommation d'oxygène au seuil de 6 km/h (ml/kg/min)

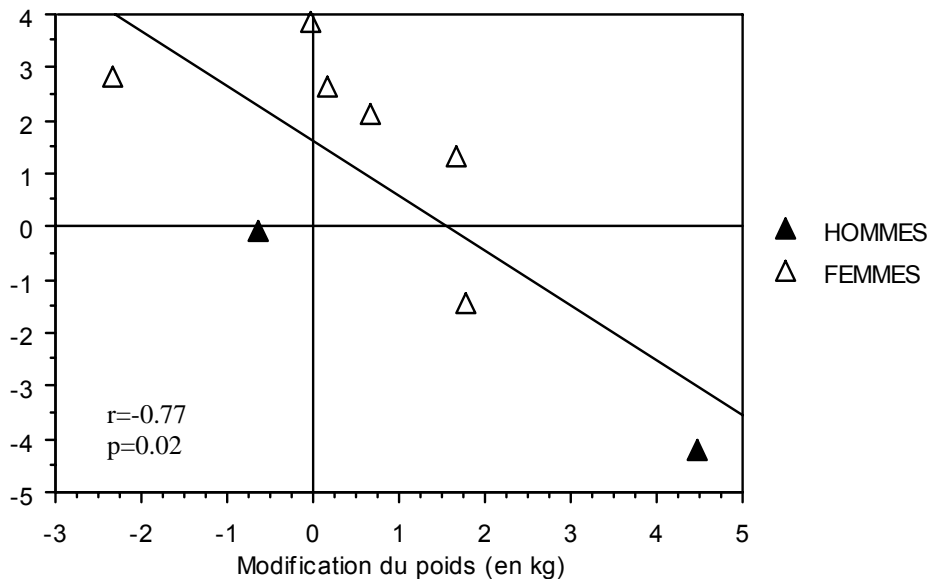
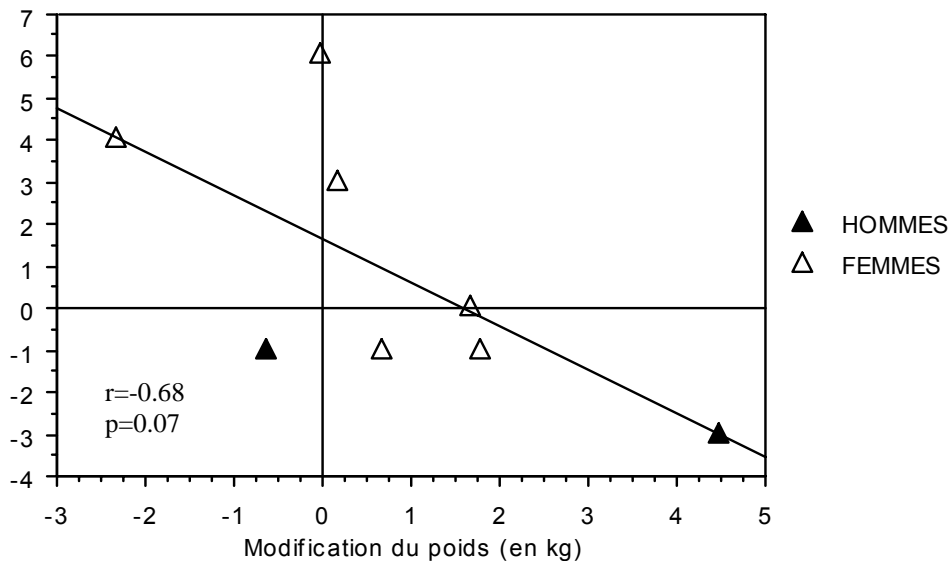


Figure 3.27

Modification de la ventilation au seuil de 6 km/h (l/min)



Les valeurs représentées 3.22 – 3.27 sont les résultats issus de la formule :
 $(x) \text{ après exercice} - (x) \text{ avant exercice} = \text{valeur représentée}$
 avec x pour « poids », « fréquence cardiaque », « consommation d'oxygène » ou « ventilation »

4) DISCUSSION

4.1) CARACTÉRISTIQUES DE LA CONDITION PHYSIQUE DES SUJETS OBÈSES COMPARÉE À CELLE DES SUJETS CONTRÔLES AVANT EXERCICE

En comparant les caractéristiques de la condition physique avant exercice (vitesse, fréquence cardiaque et consommation d'oxygène aux seuils des graisses et anaérobie), de nos sujets obèses à celles des sujets contrôles, nous avons pu constater que celles-ci ne différaient pas significativement entre elles au seuil des graisses, si l'on fait abstraction de la ventilation chez les femmes. Au seuil anaérobie en revanche, on constate des différences significatives aussi bien pour la vitesse atteinte (dans les deux sexes) que pour la VO₂ (chez les femmes uniquement). Il existe de plus une tendance vers la significativité chez les hommes en ce qui concerne la différence entre les fréquences cardiaques.

En d'autres termes, les sujets obèses atteignent le seuil anaérobie lors d'un effort bien moins important que les sujets contrôles. Ces derniers oxydent par conséquent des graisses pendant beaucoup plus longtemps que les premiers. Nos observations rejoignent donc le postulat de Wade et al (7), qui ont observé que la composition corporelle exerçait une influence sur le type de substrats oxydés. Ainsi, d'après les auteurs, les sujets obèses ont un pourcentage de graisse corporelle plus élevé que les sujets normopondéraux, et par conséquent une proportion moindre de fibres musculaires lentes (type 1). C'est précisément cette différence dans la composition corporelle qui expliquerait les différences entre obèses et contrôles leptosomes dans leur capacité à oxyder une quantité plus ou moins importante de graisses. Cette notion demeure cependant contestée, puisque Geerling et al l'ont récusé (56). On ne peut pas non plus exclure l'hypothèse que les sujets contrôles bénéficient d'emblée d'un degré d'entraînement plus important que les sujets obèses, ce qui, comme nous l'avons déjà vu dans l'introduction, influence également la combustion des substrats énergétiques.

4.2) EFFET DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE

L'une des principales - et des plus impressionnantes - constatations de ce travail est que le programme d'activité physique étudié permet une réduction significative du poids, de la graisse corporelle et du périmètre abdominal.

Ainsi, la perte de poids moyenne de nos sujets obèses, tous sexes confondus, est de -0.14 ± 0.03 kg/sem. La perte de poids moyenne de la totalité de nos sujets vaut quant à elle -0.11 ± 0.03 kg/sem. Cette dernière perte de poids est presque deux fois supérieure à celle calculée par Wilmore dans son analyse de 46 études (10,11), où la durée moyenne d'exercice était 16.3 semaines. La perte de poids de nos sujets est même 11 fois supérieure à celle de ceux de l'étude HERITAGE (13). Dans cette dernière étude, qui est l'une des plus importantes et des plus récentes dans le domaine du traitement de l'excès de poids par l'activité physique, 557 sujets d'un BMI moyen de 25.4 ± 4.6 (\pm SD) ont été entraînés pendant 20 semaines. Trois fois par semaine, les sujets étaient soumis à un entraînement d'endurance d'intensité croissante, sur des vélos d'appartement : le programme débutait par des séances de 30 minutes à 55% VO₂ max. L'intensité était par la suite progressivement accrue, jusqu'à atteindre des séances de 50 minutes à 75% de la VO₂ max. Le nombre de séances total (60 séances) était légèrement supérieur à celui de notre travail (55.6 séances en ne considérant que les obèses ; 57.2 séances en considérant tous les sujets). Le poids moyen, tous sujets confondus, a passé de 73.9 ± 16.1 kg (\pm SD) à 73.7 ± 15.8 kg (\pm SD) dans l'étude HERITAGE, et de 85.0 ± 20.8 kg (\pm SD) à 82.6 ± 19.1 kg (\pm SD) dans notre étude. En considérant les deux sexes séparément, on constate chez les femmes une perte de poids de -0.08 ± 0.03 kg/sem dans notre étude et de -0.005 kg/sem seulement dans l'étude HERITAGE. En ce qui concerne les hommes, nous observons chez nos sujets une diminution de -0.19 ± 0.06 kg/sem et de -0.02 kg/sem chez les sujets de HERITAGE. Prenons encore la méta-analyse de 28 travaux faite par Garrow et Summerbell (14). Dans leur travail, les auteurs ont étudié l'effet de l'exercice physique sur la masse maigre et le poids chez des sujets souffrant d'un excès pondéral : on constate que la perte de poids de nos sujets féminins obèses est légèrement inférieure à celle des sujets étudiée par les deux auteurs: 0.09 kg/sem chez nos sujets versus 0.12 kg/sem chez les leurs (après exclusion de deux études). Les hommes de notre cohorte en revanche perdent quasiment trois fois plus de poids (0.26 kg/sem versus 0.09 kg/sem).

Tout aussi significatifs sont les effets sur la quantité mesurée de graisse corporelle et de masse maigre, même si les comparaisons des résultats sont ici plus difficiles en raison de la différence des méthodes de mesure employées. Ainsi nos 51 sujets passent de 30.2 ± 11.2 kg de graisse corporelle avant exercice à 27.3 ± 10.5 kg après exercice, ce qui correspond à une perte moyenne de -0.14 ± 0.16 kg/sem. Cette perte est donc 4 fois plus importante que celle observée dans l'étude HERITAGE (-0.035 kg/sem) . En séparant les deux sexes, on constate chez nos sujets féminins une perte de -0.13 ± 0.03 kg/sem, à savoir plus de 5 fois plus importante que celle observée chez les femmes de l'étude HERITAGE (-0.025 kg/sem) ; chez nos sujets masculins, la perte vaut -0.16 ± 0.04 kg/sem, donc 3.5 fois plus que celle des sujets masculins de la même étude (-0.045 kg/sem).

Enfin, la réduction significative que nous avons observée au niveau du périmètre ombilical aussi bien chez les femmes que les hommes obèses est également intéressante, puisqu'il a été établi qu'un périmètre abdominal élevé (reflétant donc une importante accumulation de graisse abdominale) prédit un risque plus élevé de complications métaboliques comme l'insulinorésistance, le diabète, des dyslipidémies et l'athérosclérose (57).

Même si la taille de notre collectif est petite par rapport à des études d'une envergure telle que HERITAGE, il n'en demeure pas moins que notre programme d'activité physique permet des améliorations significatives de la composition corporelle, non encore observées dans des études précédentes.

4.3) EFFET DE L'EXERCICE SUR LES PERFORMANCES ET LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES

En plus de ses effets sur la composition corporelle, notre programme d'activité physique exerce également des effets bénéfiques sur la performance que peuvent réaliser les sujets obèses aux seuils des graisses et anaérobie. Ainsi, les obèses n'atteignent ces deux seuils que lors d'efforts significativement plus importants après avoir suivi le programme d'activité physique. En d'autres termes, ils demeurent au seuil des graisses bien plus longtemps qu'auparavant. Les graisses sont donc oxydées pendant davantage de temps, et par conséquent en quantité plus importante, favorisant encore la perte de masse grasse. Chez les sujets contrôles en revanche, ces changements n'ont pas été observés, ou tout du moins dans une moindre mesure.

Nous avons également comparé les caractéristiques physiologiques (fréquence cardiaque, consommation d'oxygène et ventilation) mesurées avant exercice à celles mesurées après, et ce aux seuils des graisses et anaérobie. Exception faite pour la consommation d'oxygène au seuil anaérobie, aucun des autres paramètres n'est modifié de façon significative, et ce malgré le fait que la performance réalisée soit, comme nous l'avons dit plus haut, significativement plus importante après exercice. Même si, à une vitesse donnée (nous avons choisi celle de 6km/h), on ne constate pas de variation significative des paramètres mesurés, on peut cependant conclure que les sujets obèses deviennent, du moins au niveau de leurs caractéristiques physiologiques, plus tolérants à l'effort : la fréquence cardiaque augmente moins vite et l'effort ventilatoire est moins important.

4.4) CORRÉLATION ENTRE PERTE DE POIDS ET AMÉLIORATION DES PERFORMANCES PHYSIQUES

Assez étonnamment, nous n'avons pas constaté d'association significative entre l'importance de la perte pondérale et l'amélioration des performances ou la variation des caractéristiques physiologiques. Ainsi, ces paramètres semblent relativement indépendants de la variation pondérale. Cette constatation nous amène à émettre l'hypothèse que les modifications apportées par l'exercice physique (et notamment le déplacement vers le haut du seuil des graisses chez les sujets obèses) ne peuvent être expliquées seulement par la perte de poids, mais doivent être dues à des mécanismes encore peu élucidés. Le développement de fibres musculaires de type lent, déjà

évoqué plus haut, peut éventuellement jouer un rôle : celles-ci permettraient une meilleure oxydation des graisses.

4.5) LIMITES DE L'ÉTUDE

Notre étude comporte certaines limites qui méritent d'être évoquées afin que l'interprétation des résultats mentionnés ci-dessus puisse être faite avec circonspection.

Tout d'abord, le suivi de nos sujets n'a pas inclus une surveillance de leurs habitudes diététiques avant, pendant et après la période d'entraînement. Nous ne pouvons donc affirmer avec certitude que les modifications observées peuvent être entièrement attribuées au programme d'exercice physique suivi. De plus, nous n'avons pas monitorisé l'activité physique des sujets en dehors de celle imposée par notre programme. Il est par conséquent possible que leur activité physique totale durant la période du programme d'entraînement ait été sous-estimée. Cependant, étant donné qu'aucune instruction diététique particulière n'a été faite à aucun moment du suivi et que les sujets n'ont pas modifié de façon notable leurs habitudes de vie, il nous paraît peu probable que les modifications observées puissent être liées de façon significative à des interventions autres que la notre.

Deuxièmement, les groupes que nous avons étudié sont petits, ce qui limite de façon notoire la puissance de notre travail. De plus, il existe une différence de taille importante entre le groupe obèse et le groupe contrôle, ce qui rend la comparaison difficile. Cependant, les différences observées entre avant et après la période d'exercice sont hautement significatives chez les sujets obèses, ce qui diminue les chances que ces modifications ne soient pas observées dans des groupes de taille plus importante.

Troisièmement, notre travail ne dispose pas d'un groupe contrôle de sujets obèses non exposés à un programme d'exercice physique. Celui-ci aurait permis de savoir si les modifications observées se seraient aussi produites dans ce groupe contrôle.

Enfin, relevons que l'estimation du pourcentage de graisse corporelle d'après la mesure de l'épaisseur des plis cutanés comporte également des limites. Durnin et Womersley (55) ont calculé que la marge d'erreur de leur méthode de mesure se situait, dans 2/3 des cas, à l'intérieur d'une fourchette de $\pm 3.5\%$ pour les femmes et de $\pm 5.0\%$ pour les hommes. Cependant, comme l'ont mentionné Gray et al plus récemment (58), cette méthode comporte également certaines limites qualitatives. En premier lieu, les appareils employés (« skin fold calipers ») peuvent ne pas être assez grands pour des sujets très obèses, rendant ainsi l'estimation chez ceux-ci soit très imprécise, soit impossible. Ensuite, la saisie d'un pli cutané chez un sujet obèse est plus difficile que chez un sujet normopondéral, et par conséquent moins précise. En dernier lieu, la mesure de l'épaisseur des plis cutanés peut varier en fonction du degré d'entraînement de l'opérateur.

4.6) CONCLUSIONS

Nous avons dans ce travail, malgré les limitations qu'il comporte, pu mettre en évidence d'importantes modifications aussi bien de la composition corporelle que des caractéristiques physiologiques chez des sujets obèses exposés à un programme d'exercice physique adapté à leurs besoins et faisant alterner des efforts au seuil des graisses avec des efforts au seuil anaérobie. C'est très probablement cette combinaison d'efforts modérés et intenses, que très peu de travaux avaient étudié jusqu'à présent, qui confère à notre programme sa supériorité par rapport à ceux n'exploitant qu'un seul versant de l'effort physique.

Grâce à ces observations, nous pouvons désormais envisager que l'exercice physique, même s'il est pratiqué sans véritable régime hypocalorique associé, puisse être hautement bénéfique pour des sujets obèses. Néanmoins, il faut que cet exercice physique réponde exactement aux demandes des sujets obèses, qui sont certainement différentes de celles des sujets normopondéraux. La combinaison d'efforts d'intensité variée favorise en effet une compliance certainement bien plus élevée chez des sujets qui ne peuvent soutenir des efforts intenses sur le long terme.

Bien des questions concernant l'activité physique des patients obèses en général, et des nôtres en particulier, restent cependant encore en suspens. Quelles sont les répercussions d'un programme d'activité physique permettant une perte de poids significative sur la qualité de vie d'un sujet obèse ? A quel degré de compliance peut-on s'attendre dans le cas où un tel programme est appliqué sur le long terme ? Est-ce que les effets sur le poids et les caractéristiques physiologiques de notre programme persistent après l'arrêt de la période d'entraînement, et si oui, sur quelle durée et en quelle mesure ?

Même si ces questions restent ouvertes, on ne peut et ne doit pourtant plus négliger l'importance de l'activité physique chez les obèses, que ce soit pour obtenir une perte de poids ou tout simplement une amélioration de la condition physique.

5) RÉFÉRENCES

- (1) Flegal KM, Carroll MD, Ogden CL, Johnson CL. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2000. *JAMA* 2002; 288 (14): 1723-1727.
- (2) U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity and health : a report of the Surgeon General. Atlanta : U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
- (3) Hill JO, Saris WHM. Energy expenditure in physical activity *in* Handbook of Obesity, Edited by Bray GA, Bouchard C, James WPT. Edts Marcel Dekker 1998 ; New York : pp 457-74.
- (4) Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of Physical Activities : an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000 : 32 (9, Suppl) : S498-S516.
- (5) Coyle EF, Substrate utilization during exercise in active people. *Am J Clin Nutr* 1995 ; 61 (suppl) : 968S-79S.
- (6) Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Rosenblatt J, Wolfe RR. Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J Appl Physiol* 2000; 88: 1707-1714.
- (7) Wade AJ, Marbut MM, Round JM. Muscle fibre type and aetiology of obesity. *Lancet* 1990 ; 335 : 805-8.
- (8) Helge JW, Fraser AM, Kriketos AD, et al. Interrelationships between muscle fibre type, substrate oxidation and body fat. *Int J Obesity* 1999; 23: 986-991.
- (9) Saris WHM. Exercise with or without dietary restriction and obesity treatment. *Int J Obesity* 1995 ; 19 (Suppl 4) : S113-6.
- (10) Wilmore JH. Variations in physical activity habits and body composition. *Int J Obesity* 1995 ; 19 (Suppl 4) : S107-12.
- (11) Wilmore JH. Increasing physical activity : alterations in body mass and composition. *Am J Clin Nutr* 1996 ; 63 (suppl) : 456S-60S.
- (12) Hadjiolova I, Mintcheva L, Dunev S, Dalvea M, Handjiev S, Balabanski L. Physical working capacity in obese women after an exercise program for body weight reduction. *Int J Obesity* 1982 ; 6 : 405-10.
- (13) Wilmore JH, Després JP, Stanforth PR, et al. Alterations in body weight and composition consequent to 20 wk of endurance training : the HERITAGE Family Study. *Am J Clin Nutr* 1999 ; 70 : 346-52.
- (14) Garrow JS, Summerbell CD. Meta-analysis : effect of exercise, with or without dieting, on the body composition of overweight subjects. *Eur J Clin Nutr* 1995 ; 49 : 1-10.
- (15) Ross R, Janssen I. Physical activity, total and regional obesity:dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (Suppl): S521-527.
- (16) Posner JD, Gorman KM, Windsor-Landsberg, et al. Low to moderate intensity endurance training in healthy older adults: physiological responses after four months. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40: 1-7.

- (17) Mourier A, Gautier JF, De Kerviler E, et al. Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. *Diabetes Care* 1997; 20: 385-391.
- (18) Hinkleman L, Nieman DC. The effects of a walking program on body composition and serum lipids and lipoproteins in overweight women. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33: 49-58.
- (19) Sopko G, Leon AS, Jacobs DR, et al. The effects of exercise and weight loss on plasma lipids in young obese men. *Metabolism* 1985; 34: 227-236.
- (20) Ross R, Dagnone D, Jones PHJ, et al. Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men: a randomised controlled trial. *Ann Intern Med* 2000; 133: 92-103.
- (21) Kohrt WM, Ehsani AA, Birge SJ Jr. Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction forces on bone mineral density (BMD) in women. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 1253-1261.
- (22) Binder EF, Birge SJ, Kohrt WM. Effects of endurance exercise and hormone replacement therapy on serum lipids in older women. *J Am Geriatr Soc* 1996; 44: 231-236.
- (23) Wood PD, Stefanick ML, Dreon DM, et al. Changes in plasma lipids and lipoproteins in overweight men during weight loss through dieting as compared with exercise. *N Engl J Med* 1988; 319: 1173-1179.
- (24) Ready AE, Drinkwater DT, Ducas J, Fitzpatrick DW, Brereton DG, Oades SC. Walking program reduces elevated cholesterol in women postmenopause. *Can J Cardiol* 1995; 11: 905-912.
- (25) Poehlman ET, Gardner AW, Archiero PJ, Goran MI, Calles-Escandon J. Effects of endurance training on total fat oxidation in elderly persons. *J Appl Physiol* 1994; 76: 2281-2287.
- (26) Goran MI, Poehlman ET. Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. *Am J Physiol* 1992; 263: E950-E957.
- (27) Weltman A, Matter S, Stamford BA. Caloric restriction and/or mild exercise: effects on serum lipids and body composition. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 1002-1009.
- (28) Reid CM, Dart AM, Dewar EM, Jennings GL. Interactions between the effects of exercise and weight loss on risk factors, cardiovascular haemodynamics and left ventricular structure in overweight subjects. *J Hypertens* 1994; 12: 291-301.
- (29) Grediagin MA, Cody M, Rupp J, Denardot D, Shern R. Exercise intensity does not effect body composition change in untrained, moderately overfat women. *J Am Diet Assoc* 1995; 95: 661-665.
- (30) Gordon NF, Scott CB, Levine BD. Comparison of single versus multiple lifestyle interventions: are antihypertensive effects of exercise training and diet-induced weight loss additive? *Am J Cardiol* 1997; 79: 763-767.
- (31) Farrell PA, Barboriak J. The time course of alterations in plasma lipid and lipoprotein concentrations during eight weeks of endurance training. *Atherosclerosis* 1980; 37: 231-238.
- (32) Houmard JA, McCulley C, Roy LK, Bruner RK, McCammon MR, Israel RG. Effects of exercise training on absolute and relative measurements of regional adiposity. *Int J Obes* 1994; 18: 243-248.

- (33) Kollias J, Skinner JS, Barlett HL, Bergstinova BS, Buskirk ER. Cardiorespiratory responses to young and overweight women to ergometry following modest weight reduction. *Arch Environ Health* 1973; 27: 61-64.
- (34) Schwartz RS. The independent effects of dietary weight loss and aerobic training on high density lipoprotein (HDL) and apolipoprotein A-I concentrations in obese men. *Metabolism* 1987; 36: 165-171.
- (35) Hagan RD, Upton SJ, Wong L, Whittam J. The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18: 87-94.
- (36) Keim NL, Barbieri TF, Vanloan MD, Anderson. Energy expenditure and physical performance in overweight women: response to training with and without caloric restriction. *Metabolism* 1990; 39: 651-658.
- (37) Boileau RA, Buskirk ER, Horstman DH, Mendez J, Nicholas WC. Body composition changes in obese and lean men during physical conditioning. *Med Sci Sports Exerc* 1971; 3: 183-189.
- (38) Bouchard C, Tremblay A, Després JP, et al. The response to exercise with constant energy intake in identical twins. *Obes Res* 1994; 2: 400-410.
- (39) Leon AS, Conrad J, Hunninghake DB, Serfass R. Effects of a vigorous walking program on body composition, and carbohydrate and lipid metabolism of obese young men. *Am J Clin Nutr* 1979; 33: 1776-1787.
- (40) Smutok MA, Reece C, Kokkinos PF, et al. Aerobic versus strength training for risk factor intervention in middle-aged men at risk for coronary heart disease (CHD). *Metabolism* 1993; 42: 177-184.
- (41) Poirier P, Catillier C, Tremblay A, Nadeau A. Role of body fat loss in the exercise-induced improvement of the plasma lipid profile in non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Metabolism* 1996; 45: 1383-1387.
- (42) Frey-Hewitt B, Vranizan KM, Dreon DM, Wood PD. The effect of weight loss by dieting or exercise on resting metabolic rate (RMR) in overweight men. *Int J Obes* 1990; 14: 327-334.
- (43) Coggan AR, Spina RJ, King DS, et al. Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 1992; 72: 1780-1786.
- (44) Kohrt WM, Obert KA, Holloszy JO. Exercise training improves fat distribution patterns in 60- to 70-year-old men and women. *J Gerontol Med Sci* 1992; 47: M99-M105.
- (45) Després JP, Pouliot MC, Moorjani S, et al. Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training in obese women. *Am J Physiol* 1991; 261: E159-E167.
- (46) Lamarche B, Després JP, Pouliot MC, et al. Is body fat loss a determinant factor in the improvement in carbohydrate and lipid metabolism following aerobic exercise training in obese women ? *Metabolism* 1992; 41: 1249-1256.
- (47) Ravussin E, Gautier JF. Metabolic predictors of weight gain. *Int J Obesity* 1999 ; 23 (Suppl 1) : S37-41.
- (48) Sherwood NE, Jeffery RW, French SA, Hannan PJ, Murray DM. Predictors of weight gain in the Pound of Prevention Study. *Int J Obesity* 2000 ; 24 : 395-403.
- (49) Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health - A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995 ; 273 (5) : 402-7.

- (50) Hunter GR, Weinsier RL, Bamman MM, Larson DE. A role for high intensity exercise on energy balance and weight control. *Int J Obesity* 1998 ; 22 : 489-93.
- (51) Tremblay A, Després JP, Leblanc C, et al. Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution. *Am J Clin Nutr* 1990 ; 51 : 153-7.
- (52) Tremblay A, Simoneau JA, Bouchard C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism* 1994 ; 43 : 814-8.
- (53) Imbeault P, Saint-Pierre S, Alméras N, Tremblay A. Acute effects of exercise on energy intake and feeding behaviour. *Br J Nutr* 1997 ; 77 : 511-21.
- (54) Westerterp KR. Obesity and physical activity. *Int J Obesity* 1999 ; 23 (Suppl 1) : 59-64.
- (55) Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974; 32: 77-87.
- (56) Geerling BJ, Alles MS, Murgatroyd PR, Goldberg GR, Harding M, Prentice AM. Fatness in relation to substrate oxidation during exercise. *Int J. Obes* 1994; 18: 453-459.
- (57) National Heart, Lung, and Blood Institute. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. The evidence report. *Obes Res* 1998, 6 (Suppl 2): 51S-209S.
- (58) Gray DS, Bray GA, Bauer M, et al. Skinfold thickness measurements in obese subjects. *Am J Clin Nutr* 1990; 51: 571-577.