

Université de Montréal

Diabetaction – Programme d'exercice pour personnes diabétiques de type 2 ou à risque :
Effets sur la pratique d'activités physiques, la condition physique, la qualité de vie et
différents paramètres de santé.

par

Marie-Eve Mathieu

Département de kinésiologie

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
En vue de l'obtention du grade de Ph.D. en Sciences de l'activité physique

Octobre 2007

©, Marie-Eve Mathieu, 2007



GV
201
U54
2008
V.002

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :
Diabetaction – Programme d'exercice pour personnes diabétiques de type 2 ou à risque :
Effets sur la pratique d'activités physiques, la condition physique, la qualité de vie et
différents paramètres de santé.

présentée par :
Marie-Eve Mathieu

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

M. Yvan Girardin
(président rapporteur et représentant du doyen de la FESP)

M. Martin Brochu
(co-directeur de recherche)

Mme Louise Béliveau
(co-directrice de recherche)

Mme Véronique Pepin
(membre du jury)

M. Denis Prudhomme
(examineur externe)

RÉSUMÉ

S'inscrivant dans le cadre de la Stratégie canadienne sur le diabète de Santé Canada, le projet Diabetaction vise à réduire les risques liés à la sédentarité chez les personnes diabétiques de type 2 ou à risque de développer la maladie. Ce programme d'initiation à l'activité physique a été développé à partir des lignes directrices d'organismes reconnus, des connaissances et résultats de la littérature scientifiques, des résultats obtenus lors de groupes de discussion effectués avec la population cible et de l'expertise de l'équipe multidisciplinaire impliquée. Le premier article de la thèse vise à expliquer en quoi consiste le programme Diabetaction et comment il est en lien avec les résultats des groupes de discussion et les recommandations en activité physique pour les personnes diabétiques. Les résultats obtenus lors de l'évaluation du programme en milieu universitaire et de son implantation dans des milieux cliniques de la communauté font pour leur part l'objet des articles deux, trois et quatre.

Notons tout d'abord que l'étude préliminaire réalisée en milieu universitaire a démontré que les sujets ayant pris part à au moins 50 % des séances de groupe ont amélioré plusieurs paramètres : niveau d'activités physiques, puissance aérobie, force de préhension, masse corporelle, circonférence de taille, épaisseur des plis cutanés, lipoprotéines de haute densité, fréquence cardiaque et pression artérielle systolique au repos (deuxième article). Certains de ces changements ont contribué à la diminution de la prévalence du syndrome métabolique post-intervention. Dans le troisième article, nous avons rapporté que plusieurs paramètres de la qualité de vie furent aussi significativement améliorés après le programme Diabetaction et que ces changements étaient principalement associés aux modifications de la puissance aérobie, de la force de préhension, de la masse corporelle et des plis cutanés. Finalement, dans le quatrième article, les participants ayant pris part au programme dans les milieux cliniques étaient plus actifs après l'intervention tout en ayant amélioré certains paramètres de la condition physique, du contrôle hémodynamique et de la qualité de vie. Cependant, la plupart de ces changements ont aussi été documentés dans le groupe témoin. Ces résultats soulèvent des questions quant à l'effet du programme et ce, bien que les participants à ce dernier aient rapporté une grande appréciation face à celui-ci, perçu des améliorations de plusieurs facteurs qu'ils jugeaient importants et maintenu plusieurs acquis jusqu'à six mois après l'intervention.

MOTS CLÉS

Diabète, exercices aérobies, exercices musculaires, exercices de flexibilité, exercices d'équilibre, implantation dans milieux cliniques de la communauté

ABSTRACT

Developed within the context of the Health Canada's Canadian Diabetes Strategy, the DiabetAction¹ project aims at reducing sedentary-associated risks in type 2 diabetic or at-risk individuals. Based on guidelines of well recognised associations, scientific knowledge and publications, focus groups conducted with target groups and professional expertise of the multidisciplinary team members involved, the DiabetAction program was developed. In the first manuscript of the thesis, the program is described as well as its links with focus group findings and physical activity guidelines for diabetic individuals. Articles two, three and four are about the program evaluation in university settings and its implementation in community-based settings.

First, it is of note that the preliminary study conducted in university settings was associated with improvements for those who took part to at least 50% of group sessions: physical activity level, aerobic capacity, handgrip strength, body mass, waist circumference, skinfolds thickness, high density lipoprotein, resting heart rate and blood pressure (second article). Some of those changes contributed to the reduction of the metabolic syndrome prevalence measured post-intervention. In the third article, it was shown that quality of life parameters also improved post-intervention. Those changes were mainly attributable to improvements in aerobic capacity, handgrip strength, body mass and skinfolds thickness. Finally, it is reported in the fourth article that subjects who took part to DiabetAction in community-based settings increased their physical activity level as well as improved fitness, hemodynamic and quality of life parameters. However, most of those changes were also observed in the control group. Program efficacy in community-based settings thus remains to be determined even though participants report a high satisfaction level towards it, perceive improvements in important parameters and maintained many positive changes up to six months post-intervention.

KEYWORDS (max. 10)

Diabetes, cardiovascular exercises, resistance exercises, flexibility exercises, balance exercises, implementation in community-based settings

¹ Il est à noter que le nom du programme ne s'écrit pas de la même façon en français et en anglais. En français, il s'écrit Diabetaction alors qu'en anglais, DiabetAction est utilisé.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	III
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	X
LES REMERCIEMENTS	XI
CHAPITRE 1 : RECENSION DES ÉCRITS	1
1 LE DIABÈTE	1
2 INTERVENTIONS EN ACTIVITE PHYSIQUE – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	4
2.1 MODALITÉS DES PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	5
2.2 PARAMÈTRES DES PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	6
2.3 SUPERVISION ET SUIVI DES PARTICIPANTS – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	9
3 INTERVENTIONS EN ACTIVITÉ PHYSIQUE – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	11
3.1 MODALITÉS DES PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	11
3.2 PARAMETRES DES PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE.....	12
3.3 SUPERVISION ET SUIVI DES PARTICIPANTS – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE.....	16
4 PRATIQUE D’ACTIVITÉS PHYSIQUES	17
4.1 PRATIQUE D’ACTIVITÉS PHYSIQUES - PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	17
4.2 PRATIQUE D’ACTIVITÉS PHYSIQUES – PROGRAMME D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	21
5 CONDITION PHYSIQUE	22
5.1 CONDITION PHYSIQUE - PROGRAMME D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	23
5.2 CONDITION PHYSIQUE - PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE.....	27
5.3 CONDITION PHYSIQUE – COMPARAISON ET COMBINAISON DES MODALITÉS D’INTERVENTION	29
6 CONTRÔLE GLYCÉMIQUE	30
6.1 CONTRÔLE GLYCÉMIQUE – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	35
6.2 CONTRÔLE GLYCÉMIQUE – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	43
6.3 CONTROLE GLYCEMIQUE - COMPARAISON ET COMBINAISON DES MODALITES D’INTERVENTION	48
7 COMPOSITION CORPORELLE	50
7.1 COMPOSITION CORPORELLE – PROGRAMME D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE.....	52
7.2 COMPOSITION CORPORELLE - PROGRAMME D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	58
7.3 COMPOSITION CORPORELLE - COMPARAISON ET COMBINAISON DES MODALITES D’INTERVENTION	64
8 PROFIL LIPIDIQUE	66
8.1 PROFIL LIPIDIQUE – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE.....	67
8.2 PROFIL LIPIDIQUE – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE.....	72
8.3 PROFIL LIPIDIQUE - COMPARAISON ET COMBINAISON DES MODALITES D’ENTRAÎNEMENT	73
9 PARAMETRES HEMODYNAMIQUES	74
9.1 PARAMETRES HEMODYNAMIQUES – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT AÉROBIE.....	74
9.2 PARAMETRES HEMODYNAMIQUES – PROGRAMMES D’ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE.....	76
9.3 PARAMETRES HEMODYNAMIQUES - COMPARAISON ET COMBINAISON DES MODALITES D’INTERVENTION.....	77

10 CONCLUSION	78
CHAPITRE 2 : ARTICLES	81
OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE LA THÈSE	81
ARTICLE 1.....	83
ARTICLE 2.....	101
ARTICLE 3.....	126
ARTICLE 4.....	145
CHAPITRE 3 : DISCUSSION GÉNÉRALE DES RÉSULTATS	174
CHAPITRE 4 : CONCLUSIONS	183
RÉFÉRENCES	185
ANNEXE A : TABLEAU RÉSUMÉ DES ÉTUDES PORTANT SUR L'ENTRAÎNEMENT AÉROBIE	XII
ANNEXE B : TABLEAU RÉSUMÉ DES ÉTUDES PORTANT SUR L'ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	XXXII
ANNEXE C : TABLEAU RÉSUMÉ DES ÉTUDES AYANT COMPARÉ L'ENTRAÎNEMENT AÉROBIE À L'ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	XLVIII
ANNEXE D : TABLEAU RÉSUMÉ DES ÉTUDES AYANT COMBINÉ L'ENTRAÎNEMENT AÉROBIE À L'ENTRAÎNEMENT MUSCULAIRE	LV
LES DOCUMENTS SPÉCIAUX : CD-ROM DIABETACTION VERSION 1	LXV

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I : Paramètres des programmes d'entraînement aérobic (n = 22)</i>	7
<i>Tableau II : Recommandations pour l'entraînement musculaire</i>	13
<i>Tableau III : Paramètres des programmes d'entraînement musculaire</i>	14
<i>Tableau IV : Paramètres du contrôle glycémique (tests sans apport externe) et programmes d'entraînement aérobic</i>	38
<i>Tableau V : Sensibilité à l'insuline et programmes d'entraînement aérobic</i>	39
<i>Tableau VI : Modifications du contrôle glycémique (test avec apport externe) et programmes d'entraînement aérobic</i>	41
<i>Tableau VII : Paramètres du contrôle glycémique (tests sans apport externe) et programmes d'entraînement musculaire</i>	46
<i>Tableau VIII : Modifications du contrôle glycémique (test avec apport externe) et programme d'entraînement musculaire</i>	47
<i>Tableau IX : Composition corporelle et programmes d'entraînement aérobic</i>	54
<i>Tableau X : Composition corporelle - Programmes d'entraînement musculaire</i>	60
<i>Tableau XI: Profil lipidique et programmes d'entraînement aérobic</i>	70
<i>Tableau XII : Profil lipidique et programmes d'entraînement musculaire</i>	73
<i>Tableau XIII : Profil lipidique et programmes d'entraînement musculaire (efficaces et non efficaces)</i>	73
<i>Tableau XIV : Paramètres hémodynamiques et programmes d'entraînement aérobic</i>	75
<i>Tableau XV : Paramètres hémodynamiques et programmes d'entraînement musculaire</i>	77

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Durée totale d'exposition aux programmes d'entraînement aérobic _____ 9

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACSM : *American College of Sport Medicine*

AGL : acides gras libres

AP : activité(s) physique(s)

Apo : apolipoprotéine

CHO: cholestérol total

CRP : protéine réactive C (C-reactive protein)

DT2 : diabète ou diabétique de type 2

DTEP : durée totale d'exposition au programme (minutes)

F: femmes

H: hommes

HbA1c: hémoglobine glycosylée

HDL : lipoprotéine de haute densité

HOMA: *Homeostasis model assessment*

IMC: indice de masse corporelle (kg/m²)

IVGTT : test de tolérance au glucose intraveineux

Kcal : kilocalorie(s)

L : litres

LDL : lipoprotéine de basse densité

METS : équivalents métaboliques

Mmol : millimolles

OGTT : test oral de tolérance au glucose

PAS : pression artérielle systolique

PAD : pression artérielle diastolique

QUICKI : indice de sensibilité à l'insuline quantitatif

RI : résistance ou résistant(e) à l'insuline

RM : répétition(s) maximale(s)

SI : sensibilité ou sensible à l'insuline

TG: triglycérides

TNF- α : *Tumor necrosis factor alpha*

VLDL : lipoprotéines de très faible densité

VO₂: consommation d'oxygène

LES REMERCIEMENTS

Merci...

À Martin et à Louise d'avoir cru en moi dès le début de cette longue aventure et d'avoir été des guides très complémentaires tout au long de ce parcours.

Au Département de kinésiologie, à la Faculté des études supérieures et postdoctorales, au Fonds de la Recherche en Santé du Québec et à Santé Canada pour leur soutien financier.

Aux participants, assistants de recherche, stagiaires, coordonnatrices, kinésiologues ainsi qu'aux employés du CEPSUM, de la Clinique de kinésiologie et de médecine du sport et du Département de kinésiologie de l'Université de Montréal, sans qui rien n'aurait été possible.

Aux enseignants, professeurs et chercheurs qui, pendant ces 22 années de scolarité, m'ont si généreusement offert leurs savoirs si précieux.

À mes parents et à ma famille élargie de m'avoir si bien montré la voie, accompagné et suivi tout au cours de ces années d'apprentissage académique et personnel.

À ma sœur, complice de toujours.

À mes amis, mes colocataires et mes collègues « *geeks* » d'avoir été présents, d'avoir respecté mes absences, d'avoir partagé mes angoisses et d'être la source d'une infinité de petites et de grandes joies.

À mon amour qui a su respecter mon envie de me casser la tête. Si différent, tu m'as complétée et rendue plus forte. Je t'en suis éternellement reconnaissante.

À vous tous qui se reconnaîtront, merci d'être mes phares.

CHAPITRE 1 : RECENSION DES ÉCRITS

1 Le diabète

Le diabète est une maladie fort répandue, affectant actuellement entre 180 (Organisation mondiale de la Santé, 2006) et 250 millions (Fédération internationale du diabète, 2006) de personnes mondialement. Alors que la prévalence de cette maladie est en constante croissance au 21^e siècle (Fédération internationale du diabète, 2006), il n'en demeure pas moins qu'elle est connue depuis fort longtemps. En effet, la première allusion à cette maladie et à ses symptômes remonterait à 1552 avant Jésus-Christ (Association canadienne du diabète, 2005-2007). Puis, 400 ans avant Jésus-Christ, les Hindous identifiaient l'une des caractéristiques de la maladie qui allait longtemps servir de critère diagnostique, c'est-à-dire le goût sucré de l'urine associé à la glucosurie (Laura Dean, 2004). Environ 150 ans plus tard, le médecin grec Aretaeus introduisit le terme diabète, du grec signifiant siphon, pour désigner cette maladie qui semblait liquéfier la chair et les os en urine (Laura Dean, 2004). L'ajout du terme mellitus, du latin miel, serait attribuable au Dr Willis qui nota que l'urine des personnes diabétiques semblait imprégnée de miel ou de sucre (Laura Dean, 2004).

Utilisé pendant longtemps, le terme diabète mellitus est maintenant remplacé par une désignation plus précise basée sur le type de diabète. Outre certains cas de diabète associés à des dérèglements endocriniens, pancréatiques, génétiques, chimiques ou immunitaires, les trois principaux types sont le diabète de type 1, de type 2 (DT2) et de grossesse. Le diabète de type 1, caractérisé par une destruction des cellules bêta du pancréas, a comme problématique centrale une sécrétion d'insuline déficiente (Association canadienne du diabète et al., 2003a). Ce problème de sécrétion d'insuline peut aussi être observé chez les patients DT2, mais toujours en combinaison avec une diminution de la sensibilité des tissus à l'insuline (Association canadienne du diabète et al., 2003a). Pour sa part, le diabète de grossesse correspond à une intolérance au glucose apparaissant ou étant diagnostiquée pendant la grossesse (Association canadienne du diabète et al., 2003a). De tous les types de diabète, le DT2 est le plus répandu, représentant entre 90 et 95 % des cas (Fédération internationale du diabète, 2006). C'est de ce dernier type de diabète qu'il sera question dans la présente thèse.

Anciennement diagnostiqué sur la base du glucose présent dans l'urine, les concentrations plasmatiques de glucose constituent actuellement la base de l'approche utilisée pour déterminer la présence ou l'absence de diabète. Une personne sera diagnostiquée DT2 si sa glycémie à jeun est supérieure ou égale à 7,0 mmol/L, dépasse 11,0 mmol/L à tout moment de la journée ou est supérieure à 11,0 mmol/L deux heures après une ingestion de 75 grammes de glucides (Association canadienne du diabète et al., 2003a). On ne peut parler du DT2 sans considérer les différents stades évolutifs de cette maladie. En effet, une personne sera considérée pré-diabétique si elle a une glycémie altérée à jeun (glycémie à jeun entre 6,1 et 6,9 mmol/L), une intolérance au glucose (glycémie après une ingestion de 75 grammes de glucides entre 7,8 et 11,0 mmol/L) ou une combinaison des deux (Association canadienne du diabète et al., 2003a). Chez les patients pré-diabétiques, le pancréas arrive généralement à compenser la résistance à l'insuline (RI) en augmentant la mise en circulation d'insuline. Cependant, lorsque la RI devient trop élevée ou que la sécrétion d'insuline est insuffisante, la glycémie augmentera à jeun ou après une surcharge glucidique au-delà des limites recommandées, état associé au DT2.

Alors que le DT2 touche actuellement environ 6 % de la population mondiale âgée de 20 à 79 ans, une proportion plus considérable de la population est considérée pré-diabétique comme en témoigne la prévalence de 7,5 % d'intolérance au glucose dans la population mondiale (Fédération internationale du diabète, 2006). Considérant que le risque de développer le DT2 est élevé chez les personnes ayant une glycémie anormale à jeun ou une intolérance au glucose (Rasmussen et al., 2007), la prévision pour 2025 selon laquelle la prévalence du DT2 augmenterait à 7,3 % n'est que logique (Fédération internationale du diabète, 2006). Au cœur des causes de cette augmentation de la prévalence du DT2, notons que le mode de vie sédentaire occupe une place importante aux côtés du vieillissement de la population, de l'alimentation malsaine, du surplus de poids et de l'obésité (Fédération internationale du diabète, 2006).

Adopter un mode de vie physiquement actif présente plusieurs avantages, dont ceux d'aider à prévenir l'apparition du DT2 et des complications liées à la maladie. Il a en effet été rapporté dans une étude menée auprès de 780 hommes et 1 032 femmes que les individus les plus actifs présentaient, par rapport aux moins actifs, une insulïnémie à jeun et une glycémie deux heures après l'ingestion d'une surcharge glucidique plus basses (Borodulin et al., 2006). Ainsi, la prévalence de l'intolérance au glucose, combinée ou non

à un diagnostic de DT2, était plus basse pour les individus les plus actifs. En lien avec ces résultats transversaux, l'étude longitudinale de Hu et al. (2004) réalisée sur une période d'environ 12 ans confirme que ce sont les individus les plus actifs qui sont le moins à risque de développer la maladie. Pour les 6 898 hommes et 7 392 femmes sans DT2 au début de l'étude, le risque de développer la maladie était plus bas chez ceux ayant un niveau d'activités physiques ² (AP) modéré ou vigoureux et ce, que leurs activités soient effectuées au travail ou dans les loisirs (Hu et al., 2004). Le transport actif pourrait aussi jouer un rôle préventif puisqu'il fut démontré que se déplacer à la marche ou en vélo au moins 30 minutes quotidiennement contribuait à diminuer le risque de développer le DT2 (Hu et al., 2004).

Au Canada, en 1998-1999, c'est 55 % de la population qui déclarait être sédentaire (Santé Canada, 2002), c'est-à-dire dépenser quotidiennement moins de 1,5 kcal/kg de masse corporelle. Ce portrait est encore moins encourageant dans la population diabétique. En effet, dans l'Enquête Nationale sur la Santé des Populations de 1998-1999, 65 % des personnes s'étant déclarées diabétiques rapportaient dépenser moins de 1,5 kcal/kg de masse corporelle par jour, indiquant que ce sont moins de 35 % des personnes diabétiques qui sont considérées actives (Santé Canada, 2002). Des données similaires ont été obtenues plus récemment par Plotnikoff et al. (2006) dans une étude menée en Alberta auprès de patients DT2. Utilisant la valeur de référence de 150 minutes d'AP hebdomadaires recommandée par l'Association canadienne du diabète (Association canadienne du diabète et al., 2003b), ces investigateurs ont déterminé que seulement 22 % des femmes et 29 % des hommes DT2 étaient suffisamment actifs. Alors qu'être inactif augmente le risque de développer le diabète, être sédentaire n'est pas sans conséquence pour les personnes diagnostiquées DT2. En effet, Wei et al. (2000) ont rapporté que le risque relatif de décès était 1,7 fois plus élevé pour les hommes diabétiques qui rapportaient aucune AP de nature aérobie telles la marche ou la course dans les trois mois précédents l'évaluation et ce, par rapport à ceux qui avaient effectué ces activités au moins une fois pendant cette période.

² Activité physique, selon l'Office québécois de la langue française, signifie « *activité au cours de laquelle on a recours à ses ressources corporelles pour effectuer des mouvements, entraînant une dépense énergétique* ».

Afin de mieux comprendre comment l'AP peut être un outil de prévention primaire et secondaire du diabète, les effets des interventions ³ en AP feront l'objet d'une analyse approfondie dans la suite de cette recension des écrits. La recherche des publications a été effectuée d'une part à l'aide du moteur de recherche PubMed en utilisant les mots clés suivants : « physical activity program diabetes » et « exercise program diabetes ». D'autre part, les articles répertoriés dans les listes de référence des articles d'intérêt ainsi que ceux accumulés au fil des années de travail sur le sujet ont été utilisés. Réalisées auprès de personnes DT2, pré-diabétiques ou avec une histoire familiale de DT2, les études présentées dans ce document ont rapporté les modifications du contrôle glycémique, mais aussi d'autres facteurs associés à la problématique du DT2. Principalement, ce sont les modifications de la pratique d'AP, de la condition physique, du contrôle glycémique, de la composition corporelle, du profil lipidique et des paramètres hémodynamiques qui seront abordées et ce, autant pour les interventions ayant opté pour une seule modalité d'exercice ⁴, c'est-à-dire les exercices aérobies ou musculaires, que pour une combinaison ou une comparaison de ces différentes modalités d'entraînement. Notons que les résultats des études ayant comparé les modalités d'entraînement sont utilisés non pas dans les sections « Programmes d'entraînement aérobie » et « Programmes d'entraînement musculaire » mais bien dans les sections « Comparaison et combinaison des modalités d'intervention ».

2 Interventions en activité physique – Programmes d'entraînement aérobie

Dans le but de dresser un portrait précis des effets de l'entraînement aérobie chez des sujets DT2, pré-diabétiques ou ayant une histoire familiale de DT2, un résumé de 29 études répertoriées ayant utilisé cette modalité d'entraînement a été réalisé (Annexe A). Il est à noter que certains paramètres présentés dans un petit nombre d'études ont été laissés de côté tels que l'oxydation des substrats lors du clamp euglycémique hyperinsulinémique, la composition des lipoprotéines de très faible densité (VLDL), la

³ Intervention, selon l'Office québécois de la langue française, signifie « *Activité ou technique propre à une discipline visant à prévenir, à soulever ou à régler les problèmes physiques ou psychologiques des personnes ayant des incapacités* ». Pris dans ce contexte, un programme d'entraînement s'avère être un exemple d'intervention et les deux termes seront utilisés comme synonymes dans ce document.

⁴ Exercice, selon l'Office québécois de la langue française, se définit comme un « *Ensemble de mouvements ou d'actions qui s'exercent dans un domaine particulier* ». Dans le cadre du présent document, les exercices font référence aux mouvements ou activités effectués dans un contexte d'entraînement physique.

cinétique des apolipoprotéines des *VLDL*, les hormones sexuelles, la dépense énergétique à l'effort, les adipokines et les apports alimentaires. De plus, certaines études ont été exclues du résumé, soient celles pour lesquelles il n'était pas possible de dissocier l'effet de l'entraînement de celui des changements des habitudes alimentaires. En effet, certaines interventions combinaient nutrition et AP alors qu'aucun groupe ne recevait un seul type d'intervention, ce qui aurait permis de dissocier l'effet de la diète de l'exercice.

2.1 Modalités des programmes d'entraînement aérobie

Définies comme toute activité comportant des mouvements rythmiques, répétés de façon continue et impliquant des masses musculaires importantes pour une durée minimale de dix minutes (Sigal et al., 2004), les activités aérobies peuvent prendre plusieurs formes. Une première constatation qui ressort des études répertoriées est l'importance de la marche/course comme modalité d'entraînement. En effet, ce ne sont pas moins de 18 des 29 études qui ont utilisé cette modalité. Dans plusieurs des cas, celle-ci était combinée à l'utilisation d'un podomètre (Araiza et al., 2006; Miyatake et al., 2002; Swartz et al., 2003; Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002). Dans l'étude de Fisher et al. (2007), une variante à la marche traditionnelle était proposée. Les participants marchaient en utilisant des bâtons de marche afin de stimuler la coordination des membres supérieurs et inférieurs, tout en augmentant le rythme cardiaque et la dépense énergétique lors de l'entraînement. Il faut souligner qu'en plus de la marche/course, les participants pouvaient dans plusieurs interventions prendre part à d'autres activités : la bicyclette stationnaire (Dasgupta et al., 2006; De Filippis et al., 2006; Giannopoulou et al., 2005a; Giannopoulou et al., 2005b; Holton et al., 2003; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995), l'appareil elliptique (Dasgupta et al., 2006; Yokoyama et al., 2004), le « stepping » (Giannopoulou et al., 2005a et 2005b), la danse en ligne, des cours d'aérobic (Wing et al., 1998) et des activités telles le rameur, le saut à la corde ou la gymnastique (Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995). Pour certaines études, la répartition des activités pratiquées était déterminée dans le programme d'entraînement (Giannopoulou et al., 2005a; Giannopoulou et al., 2005b; Holton et al., 2003; Wing et al., 1998; Yokoyama et al., 2004). Cette structure permet de mieux documenter le type d'effort auquel les participants ont été soumis. À l'opposé, d'autres études ont laissé choisir les participants parmi les activités proposées (Alam et al., 2004; De Filippis et al., 2006). Cette dernière approche, bien que rendant plus difficile la quantification de l'effort, favorisait une certaine individualisation du programme d'entraînement. Notons que les programmes incluant différentes activités

peuvent présenter certains avantages tels que diminuer le risque de blessure et varier l'entraînement (Giannopoulou et al., 2005b). Des 29 programmes répertoriés, 40 % ont opté pour une combinaison d'activités aérobies. Et lorsqu'une seule modalité d'entraînement aérobie était sélectionnée, on retrouvait la marche/course dans neuf études, la bicyclette stationnaire dans six études, l'escaladeur dans une étude et le mini-trampoline dans une autre (Annexe A).

Considérant l'ensemble des 29 études, ce sont la marche/course puis la bicyclette qui ont été utilisées le plus fréquemment. Ces activités semblent bien correspondre aux goûts et aux habitudes de pratique de la population générale puisqu'elles se retrouvent dans les dix activités les plus populaires auprès des adultes canadiens (Statistique Canada, 2003). Cependant, on peut noter que la natation, qui se retrouve en cinquième position des activités les plus pratiquées, n'a pas été utilisée pour aucune des interventions étudiées. Une autre constatation qui ressort des activités proposées dans les programmes d'entraînement est l'omniprésence des activités individuelles. En effet, on ne retrouve aucune activité sportive d'équipe et très peu d'activités réalisées en contexte de groupe, exceptions faites de la danse en ligne, des marches populaires et des cours d'aérobie (Wing et al., 1998). Ceci est d'autant plus surprenant que plusieurs activités de groupes telles que les quilles, le baseball/softball, le tennis et le volley-ball se retrouvent dans les vingt activités les plus populaires dans l'enquête de 2001-2002 de Statistiques Canada (Statistique Canada, 2003). Ainsi, les activités choisies pour fins de recherche sont dans les plus populaires, mais en même temps, d'autres activités prisées par la population sont sous-étudiées.

2.2 Paramètres des programmes d'entraînement aérobie

En ce qui a trait aux paramètres d'entraînement, une grande variété peut être observée entre les programmes (Tableau I, p.7 et Annexe A). De deux (Poirier et al., 2002) à sept (Miyatake et al., 2002; Swartz et al., 2003; Yokoyama et al., 2004) séances hebdomadaires étaient prévues et en moyenne, les participants s'entraînaient quatre fois par semaine. La durée des différents entraînements aérobies répertoriés variait entre 20 (Alam et al., 2004; Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Dela et al., 2004; Holton et al., 2003) et 90 minutes (Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995), pour une moyenne d'environ 45 minutes. Considérant en plus que la durée des programmes d'entraînement était de trois (Yokoyama et al., Association canadienne du diabète et

al.2004) à 112 (Wing et al., 1998) semaines avec une moyenne de 17, il s'avère évident que l'exposition aux activités aérobies était très variable d'une étude à une autre. En effet, la durée totale d'exposition au programme (DTEP), calculée en multipliant le nombre de séances hebdomadaires par la durée des séances et par la durée de l'intervention pour les 22 études ayant documenté ces trois paramètres, variait entre 910 (Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006) et 3 600 minutes (Walker et al., 1999), avec une DTEP moyenne de 1895 minutes (Figure 1, p.9 et Tableau I, p.7).

Tableau I : Paramètres des programmes d'entraînement aérobic (n = 22)

	Minimum	Maximum	Moyenne
Nombre de séances hebdomadaires	2	7	4
Durée des séances (minutes)	20	90	45
Durée des interventions (semaines)	3	112	17
Durée totale d'exposition au programme (minutes)	910	3 600	1 895

Pour ce qui est de l'intensité, il existe une grande variabilité dans la façon de rapporter celle-ci selon les études. En effet, lorsque spécifiée, l'intensité d'entraînement est rapportée en pourcentage : 1) de la fréquence cardiaque maximale (Dasgupta et al., 2006; DiPietro et al., 1998; Giannopoulou et al., 2005a; Giannopoulou et al., 2005b; Middlebrooke et al., 2006; Yokoyama et al., 2004), 2) de la fréquence cardiaque de réserve (Holton et al., 2003), 3) de la consommation maximale d'oxygène (Alam et al., 2004; Dela et al., 2004; Ligtenberg et al., 1998; Ostergard et al., 2006), 4) de la consommation d'oxygène de pointe (Boudou et al., 2000; Boudou et al., 2001; Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Poirier et al., 2002), 5) de la consommation d'oxygène de réserve (Fisher et al., 2007), 6) de la puissance aérobic⁵ (Perseghin et al., 1996) et 7) de l'effort maximal (Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995). Ces différentes méthodes complexifient les comparaisons entre les différents programmes d'entraînement. De plus, la détermination d'une valeur maximale, telle la consommation maximale d'oxygène, peut avoir été effectuée par des méthodes aussi différentes qu'un test de marche de 1,6 km où la consommation d'oxygène est calculée à partir d'une formule de prédiction (Walker et al., 1999) ou un test d'effort maximal avec mesure des gaz inspirés et expirés (Boudou et al., 2000; Boudou et al., 2001). Notons tout de même

⁵ Puissance, selon l'Office québécois de la langue française, se définit comme la « *Quantité d'énergie fournie par le travail d'un procédé ou d'un système par unité de temps* ». La puissance aérobic est, selon les études, exprimée en litre d'oxygène par minute ou en millilitres d'oxygène par kilogramme de masse corporelle et par minute.

que les intensités s'étendaient de 50 à 70 % de la capacité d'effort, de 60 à 85 % de la puissance aérobie maximale, de 40 à 75 % de la puissance aérobie de réserve, de 46 à 85 % de la fréquence cardiaque maximale et de 50 à 65 de la fréquence cardiaque de réserve (Annexe A). Aucun des programmes d'entraînement n'a utilisé l'échelle de perception de l'effort de Borg et ce, même s'il s'agit d'un indicateur valide et fidèle de la tolérance à l'effort (American College of Sport Medicine, 1995). Cette constatation est plutôt surprenante considérant que cette méthode est particulièrement utile avec les patients DT2 qui ont des atteintes neurologiques pouvant modifier la réponse cardiaque à l'effort (American College of Sport Medicine, 1995).

Par ailleurs, sept études ne donnaient aucune indication sur l'intensité à laquelle l'activité devait être effectuée (Fritz et al., 2006a; Fritz et al., 2006b; Miyatake et al., 2002; Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002; Walker et al., 1999; Wing et al., 1998). Tous ces programmes avaient comme seule ou principale modalité d'entraînement la marche. Il faut toutefois souligner que le programme de l'étude de Fritz et al. (2006a et 2006b) indiquait que la marche devait être rapide (*brisk*) alors qu'il était spécifié dans l'étude de Walker et al. (1999) que les participantes sélectionnaient leur intensité. Cette notion de choix, aussi présente pour la sélection des activités pratiquées dans quelques interventions tel que mentionné précédemment, a aussi été utilisée dans le cadre du *First Step Program* non pas pour choisir l'intensité, mais pour fixer un objectif (Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002). En effet, les participants à ce programme de marche déterminaient le nombre de pas à cumuler quotidiennement. Ainsi, dans une minorité de programmes, les participants prenaient part activement aux décisions, que ce soit pour sélectionner l'objectif à atteindre, l'intensité de l'effort ou les activités pratiquées. Il est à noter qu'actuellement, aucune étude ne semble avoir comparé l'impact de la présence ou de l'absence de l'implication du participant dans le processus de prise de décision.

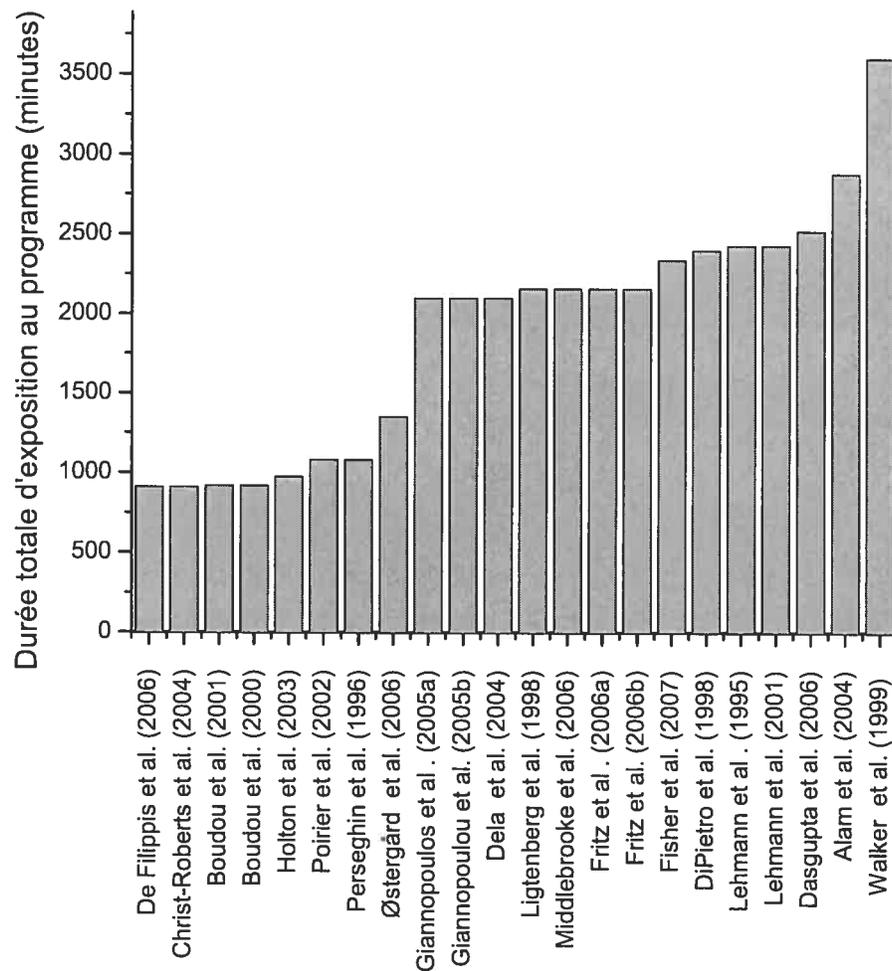


Figure 1: Durée totale d'exposition aux programmes d'entraînement aérobic

2.3 Supervision et suivi des participants – Programmes d'entraînement aérobic

Une dernière particularité des interventions à ne pas négliger est le contexte dans lequel se sont effectuées les séances d'entraînement. En effet, alors que les participants à certains programmes effectuaient leurs séances sous une supervision constante (Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Giannopoulou et al., 2005a; Giannopoulou et al., 2005b; Holton et al., 2003; Perseghin et al., 1996; Poirier et al., 2002), d'autres études n'offraient aucune supervision (Araiza et al., 2006; Miyatake et al., 2002; Swartz et al., 2003; Walker et al., 1999). Entre les deux, on retrouve des modèles hybrides. Par exemple, des séances supervisées étaient combinées à des séances non-supervisées

pour certains programmes (Alam et al., 2004; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995; Middlebrooke et al., 2006; Ostergard et al., 2006) alors que pour d'autres, le nombre de séances supervisées diminuait au fur et à mesure que le programme progressait (Dasgupta et al., 2006; Wing et al., 1998). Dans certains cas, on passait d'une période supervisée à une non supervisée (Fisher et al., 2007; Ligtenberg et al., 1998) ou alors des séances supervisées étaient offertes sans pour autant être obligatoires (Fritz et al., 2006a et 2006b). Finalement, dans un autre programme, une supervision directe lors des séances de groupe était combinée à une supervision indirecte par suivis téléphoniques (Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002). Ce type de supervision indirecte fut aussi effectué dans certaines études, soit en optant pour l'utilisation d'un journal de bord (Alam et al., 2004; Araiza et al., 2006; Dela et al., 2004; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995; Swartz et al., 2003; Walker et al., 1999; Wing et al., 1998). Une méthode quelque peu inhabituelle a même été utilisée par Dela et al. (2004). Ils ont, en combinaison avec l'utilisation d'un journal de bord, caché un odomètre sur le vélo des participants à leur domicile et un relevé de la distance couverte était effectué périodiquement.

Considérant les différentes méthodes de supervision, il est raisonnable de se questionner à savoir si les participants sans supervision ont bel et bien effectué le programme recommandé et, dans les cas où un journal de bord était utilisé, est-ce que le contenu de celui-ci correspondait à la réalité? Dans le contexte où l'effet du programme doit être déterminé, il peut s'avérer intéressant d'opter pour une supervision directe des participants. Cependant, il faut considérer les coûts, le temps investi autant par l'intervenant que par le participant, les contraintes d'horaires et l'aspect peu réaliste pour bien des participants d'effectuer leurs AP sous supervision directe. Tel que mentionné par Dasgupta et al. (2006) qui a étudié l'effet d'un programme débutant à trois séances supervisées par semaine pour réduire à deux séances huit semaines plus tard tout en encourageant les participants à effectuer 135 minutes d'AP par semaine, diminuer graduellement la supervision peut être une stratégie pour habituer les participants à effectuer leurs exercices de façon indépendante et possiblement dans un contexte plus près de la réalité.

3 Interventions en activité physique – Programmes d'entraînement musculaire

Alors que les exercices aérobies sont depuis longtemps recommandés pour les personnes DT2, les exercices de musculation ont été introduits en 2003 dans les lignes directrices de l'Association canadienne du diabète (Association canadienne du diabète et al., 2003b). Utilisant la force musculaire pour déplacer une charge ou déployer un effort contre une résistance, les exercices musculaires peuvent être effectués en levant des charges ou à l'aide d'appareil de musculation (Association canadienne du diabète et al., 2003b). La présente section vise à mieux décrire quelles sont les caractéristiques des programmes de musculation utilisés avec des personnes DT2 ou pré-diabétiques. Dix-sept études ayant rapporté l'effet de l'entraînement musculaire auprès de ces groupes ont été répertoriées et sont détaillées à l'Annexe B. Seuls les résultats des changements des hormones sexuelles, des adipokines ainsi que de certains paramètres mesurés lors du clamp (D-Beta_hydroxybutyrate, glycérol, AGL, oxydation du glucose par calorimétrie indirecte respiratoire) n'ont pas été documentés dans ce résumé. De plus, notons qu'à ce jour, aucune étude ne semble avoir été menée auprès de sujets non-diabétiques ayant une histoire familiale de DT2.

3.1 Modalités des programmes d'entraînement musculaire

Avec l'objectif commun de solliciter le système musculaire, différents stimuli ont été utilisés. Les appareils de musculation, qu'ils utilisent des charges, un système pneumatique ou un système hydraulique pour générer la résistance, ont été utilisés dans 14 des 17 programmes. Différentes combinaisons ont été utilisées : appareils de musculation et poids libres (Daly et al., 2005; Dunstan et al., 2006), appareils de musculation, poids libres et exercices au sol (Dunstan et al., 2002; Dunstan et al., 2005; Dunstan et al., 1998; Fenicchia et al., 2004; Ryan et al., 2001) ainsi que poids libres et exercices au sol (Fenicchia et al., 2004). Dans certaines études, des combinaisons différentes étaient utilisées selon la phase des programmes. Par exemple, après un entraînement sur appareil et avec poids libres dans la première phase d'entraînement des programmes de Daly et al. (2005) et Dunstan et al. (2006), les participants s'entraînaient à domicile en utilisant seulement des poids libres. Pour la deuxième phase du programme de Dunstan et al. (2005), en plus de pouvoir effectuer l'entraînement à la maison, les participants avaient accès à des installations sportives. Alors qu'avoir un accès aux installations sportives de la communauté semble être une stratégie intéressante pour faciliter le transfert des habitudes d'entraînement du milieu de recherche vers un milieu

naturel de pratique, les auteurs ont rapporté qu'aucun des participants n'a poursuivi son entraînement dans ces installations. Bien que ce constat ne soit pas expliqué par les auteurs, il est possible que les barrières à la pratique d'AP dans ces installations aient été plus importantes par rapport à l'entraînement à domicile. Considérant que l'entraînement à domicile ne requiert aucun temps et aucune logistique pour le transport et que l'équipement d'entraînement est toujours libre, il se peut que ce soit pour ces raisons que les participants à l'étude de Dunstan et al. (2005) aient opté pour l'entraînement à domicile.

3.2 Paramètres des programmes d'entraînement musculaire

Pour optimiser les bénéfices d'un programme de musculation, différents paramètres sont à considérer. Selon l'*American College of Sport Medicine (ACSM)* (Kraemer et al., 2002) et l'Association canadienne du diabète (Association et al., 2003b), il est recommandé d'effectuer deux à trois séances d'entraînement musculaire par semaine et de répéter chaque exercice une à trois fois par séance (Tableau II, p.13). Si le programme vise à améliorer l'endurance musculaire, 10 à 15 répétitions de chaque exercice devraient être effectuées alors que si la force est visée, de huit à 12 répétitions sont plutôt recommandées. On peut en déduire que les recommandations de l'Association canadienne du diabète visent dans un premier temps à améliorer l'endurance musculaire pour ensuite favoriser un développement de la force, de l'hypertrophie ou de la puissance (Tableau II, p.13). En fait, pour conclure laquelle de ces qualités musculaires est visée pour les personnes diabétiques, il aurait fallu que l'intensité et les temps de repos soient spécifiés, ce qui n'est pas le cas.

Tel que rapporté au tableau III (p.14), les programmes d'entraînement musculaire utilisés dans les études avec des personnes DT2 ou pré-diabétiques varient considérablement d'une étude à l'autre. En effet, ils comprennent entre trois et 11 exercices, une à cinq séries, cinq à 20 répétitions, deux à cinq séances hebdomadaires et ils s'échelonnent sur quatre à 104 semaines. En se basant sur le nombre de séries et de répétitions recommandés par l'ACSM, 11 programmes visaient le développement de la force/hypertrophie/puissance musculaire alors que deux sollicitaient plutôt l'endurance musculaire (Tableau III, p.14). Les autres programmes sollicitaient plusieurs qualités et quelques fois, le nombre de répétitions était légèrement plus bas (Ibanez et al., 2005) ou plus haut (Eriksson et al., 1997; Ishii et al., 1998) que celui des recommandations.

Tableau II : Recommandations pour l'entraînement musculaire

	# séries	# répétitions	# séances/ semaine	Intensité	Repos
<i>Recommandations de l'ACSM pour novices selon les qualités musculaires ciblées</i>					
Force	1 à 3	8 à 12	2 à 3	60 – 70 % 1RM	1 à 2 min (2 à 3 min tronc)
Hypertrophie	Idem force	Idem force	Idem force	Idem force	1 à 2 min
Puissance	Idem force	Idem force	Idem force	> 80 % 1RM ou 30 à 60 % avec vélocité ↑	Idem force
Endurance	Idem force	10 à 15	Idem force	50 – 70 % 1RM	1 à 2 min
<i>Recommandations de l'Association canadienne du diabète (2003)</i>					
Débuter	1	10 à 15	2 à 3	-	-
Viser	3	8	2 à 3	-	-

RM : Répétition maximale

Selon les interventions, l'intensité à laquelle les exercices sont effectués varie du simple au double, soit de 40 à plus de 80 %, intensité habituellement relative à la force maximale mesurée à l'aide du test d'une répétition maximale (1RM). Honkola et al. (1997) ont été les seuls à utiliser l'échelle de perception de l'effort de Borg pour spécifier l'intensité de l'effort musculaire. Considérant que l'intensité varie très souvent à l'intérieur d'une même séance ou au cours du programme et que les pourcentages de la force maximale jouent dans les intervalles de force/hypertrophie et de puissance, il est souvent difficile de départager les programmes de force/hypertrophie de ceux visant plutôt la puissance. Par exemple, Daly et al. (2005) ont opté pour une première phase d'entraînement se situant à cheval entre ces différentes qualités avec une intensité d'effort entre 75 et 85 % de 1RM. Puisque les intervalles d'intensité pour l'ensemble des programmes sont importants et que l'intensité maximale était de 85 % de 1RM, on peut supposer que la majorité des entraînements étaient de type force/hypertrophie (Tableau II, p.13 et Tableau III, p.14). Pour les quelques programmes comprenant une deuxième phase d'intervention (Brandon et al., 2003; Daly et al., 2005; Dunstan et al., 2005; Dunstan et al., 2006), le nombre d'exercice, de séries, de répétition et de séances hebdomadaires était sensiblement le même que dans la première phase. Il faut cependant souligner que la deuxième phase était caractérisée par une intensité maximale moindre pour trois des quatre études (Tableau III, p.14).

Tableau III : Paramètres des programmes d'entraînement musculaire

	# exercices	# séries	# répétitions	# séances/ semaine	# semaines †	Intensité	Supervision
Brandon et al. (2003)	5	3	8 à 12	P1 : 3; P2 : 2 à 3	P1 : 26; P2 : 78	50 à 70 %	Oui
Brooks et al. (2007)	5	3	8	3	16	60 à 80 %	-
Castaneda et al. (2002)	5	3	8	3	16	50 à 80 %	Oui
Colberg et al. (2006)	8	3	10	3	8	50 à 70 %	Oui
Daly et al. (2005)	9	3	8 à 10	3	P1 : 26 sem; P2 : 26 sem	P1 : 75 à 85 %; P2 : 60 à 80 %	P1 : oui; P2 : indirecte
Dunstan et al. (1998)	9	2 à 3	10 à 15	3	8	50 à 55 %	Oui
Dunstan et al. (2002)	9	3	8 à 10	3	26	50 à 85 %	Oui
Dunstan et al. (2005)	9	3	8 à 10	3	P1 : 26 sem; P2 : 26 sem	P1 : 50 à 85 % P2 : 60 à 80 %	P1 : oui; P2 : indirecte
Dunstan et al. (2006)	P1 : 9; P2 : 8	3	P1 : 8; P2 : 8 à 10	P1 : 2; P2 : 2 à 3	P1 : 9; P2 : 52	P1 : 50 à 85 %; P2 : ~ 60 à 80 %	P1 : oui; P2 : indirecte
Eriksson et al. (1997)	11	1	15 à 20	2	13	> 50 %	-
Fenicchia et al. (2004)	10	3	8 à 12	3	6	80 %	Oui
Herriott et al. (2004)	8	3	8 à 12	3	8	50 à 70 %	Oui
Holten et al. (2004)	3 (une jambe)	3	8 à 12	3	6	50 à 80 %	Oui
Honkola et al. (1997)	8 à 10	2	12 à 15	2	22	Modérée (Borg et 1RM)	Oui
Ibanez et al. (2005)	7 à 8	3 à 5	5 à 15	2	16	50 à 80 %	Oui
Ishii et al. (1998)	9	2	10 à 20	5	4 à 6	40 à 50 %	-
Ryan et al. (2001)	11	1 à 3	8 à 15	3	26	Variable, voir Annexe B	-
Moyenne (min. – max.)	8 (3 – 11)	3 (1 – 5)	10 (5 – 20)	3 (2 – 5)	26 (4 – 104)	(40 – 85 %)	-

† Pour avoir une base de comparaison commune, chaque intervention rapportée en mois a été arrondie au nombre de semaines le plus près (52 semaines x # mois x 12 mois⁻¹); P = phase; - : information non spécifiée par les auteurs

Alors que la plupart des programmes ciblaient plusieurs groupes musculaires, une minorité d'interventions ciblaient uniquement les membres inférieurs (Brandon et al., 2003; Holten et al., 2004). Notons de plus que les participants au programme d'Holten et al. (2004) entraînaient une seule jambe. Alors que ce type d'intervention peut être intéressant pour étudier l'impact du programme sans avoir à contrôler pour plusieurs facteurs puisque la jambe non-entraînée est utilisée comme témoin, on peut se demander ce qu'il en est de l'équilibre musculaire après les six semaines de ce programme. Dans une mesure moindre, d'autres programmes d'entraînement ne semblent pas particulièrement développés pour assurer un équilibre musculaire. Par exemple, certaines interventions négligeaient la région du tronc pour se concentrer sur les membres inférieurs et supérieurs (Brooks et al., 2007; Castaneda et al., 2002; Colberg et al., 2006; Herriott et al., 2004) alors que pour certains programmes sollicitant la région du tronc, les abdominaux étaient entraînés alors que les muscles antagonistes, les érecteurs du dos, ne l'étaient pas (Dunstan et al., 1998, 2002, 2005 et 2006; Fenicchia et al., 2004).

Il faut noter que certaines caractéristiques des programmes d'entraînement n'ont été rapportées que très rarement. Ainsi, seuls quelques auteurs indiquent de façon plus ou moins précise le tempo d'exécution. En effet, Dunstan et al. (1998) ont spécifié que les 10 à 15 répétitions lentes et contrôlées étaient réalisées dans un laps de temps de 30 secondes (Dunstan et al., 2002, 2005 et 2006). Alors que l'information sur le tempo peut sembler plus ou moins importante, elle permet de mieux documenter les stimuli auxquels ont été soumis les sujets. En effet, pour un programme donné, doubler le temps consacré à chaque répétition double le volume d'entraînement. Un autre paramètre peu documenté est le temps de repos entre les séries et les différents exercices. Lorsque spécifié, le repos était de 30 secondes entre les stations (Eriksson et al., 1997), inférieur à 60 secondes entre les stations (Honkola et al., 1997), inférieur à une minute (Ishii et al., 1998), de 90 secondes (Fenicchia et al., 2004), de 90 secondes entre les séries et 120 secondes entre les exercices (Holten et al., 2004) et de 90 à 120 secondes entre les séries (Dunstan et al., 2002 et 2006). Seuls Dunstan et al. (1998) ont opté pour un repos actif sur bicyclette à faible intensité. Alors qu'à notre connaissance l'impact de différents temps de repos lors d'entraînement musculaire n'a pas été évalué auprès de personnes DT2, des études réalisées avec des populations saines indiquent qu'il s'agit d'un paramètre à ne pas négliger. Raccourcir le temps de repos entre les séries et les exercices peut entre autres diminuer les gains en force (Hill-Haas et al., 2007) et comme

le propose Willardson (2006), le temps de repos devrait être plus important lorsque l'on vise un gain en force ou une hypertrophie plutôt qu'une amélioration de l'endurance musculaire. Cette importance du temps de repos est par contre en contradiction avec la position de l'ACSM qui indique le temps de repos est similaire pour les entraînements de la force, de l'endurance, de la puissance et de l'hypertrophie (Kraemer et al., 2002). En attendant qu'il y ait consensus sur l'importance des temps de repos et que des études soient réalisées pour identifier si le temps de repos influence les adaptations à l'entraînement des personnes DT2 ou à risque, une meilleure documentation de ce paramètre serait souhaitée.

3.3 Supervision et suivi des participants – Programmes d'entraînement musculaire

Tel que mentionné dans les lignes directrices de l'Association canadienne du diabète, une instruction préalable à tout programme de musculation ainsi qu'une supervision périodique sont recommandées (Association canadienne du diabète et al., 2003b). Bien que ces informations ne soient pas spécifiées par tous les auteurs, ceux qui y font référence rapportent que les sujets étaient supervisés pendant tout le programme ou pendant la première phase de celui-ci qui durait au minimum deux mois (Annexe B et Tableau III, p.14). La supervision la plus considérable est probablement celle documentée par Ishii et al. (1998) où les sujets ont été hospitalisés pendant les quatre à six semaines du programme. Bien que ce programme permette un contrôle optimal de l'apport alimentaire en plus de la supervision de l'entraînement, il serait difficile de réaliser cette intervention à grande échelle. Pour leur part, Daly et al. (2005) ont utilisé une combinaison de moyens pour assurer le suivi pendant la phase deux du programme effectuée à domicile. Pour assurer le transfert du programme supervisé vers le programme à domicile, les sujets s'entraînaient à domicile sous supervision pendant la première semaine et devaient effectuer une séance mensuelle au site d'intervention pour assurer l'exécution adéquate des exercices ainsi que pour documenter la progression des participants. De plus, les participants aux programmes de Daly et al. (2005) et de Dunstan et al. (2005 et 2006) recevaient régulièrement des appels téléphoniques et devaient tenir un journal de bord dans la deuxième phase des programmes.

Malgré toutes les stratégies utilisées pour faciliter le transfert de l'entraînement vers le domicile et vers des milieux habituels de pratique d'AP tels les centres d'entraînement présents dans la communauté, les quelques auteurs ayant documenté l'assiduité au

programme pendant ces phases ont rapporté une diminution de la pratique des exercices musculaires (Daly et al., 2005; Dunstan et al., 2005; Dunstan et al., 2006). De plus, après une période d'entraînement supervisé de deux mois, Dunstan et al. (2006) ont démontré que l'assiduité au programme de maintien était la même, que les participants s'entraînent à la maison ou dans un centre d'entraînement. En effet, les participants s'entraînant à domicile ou dans un centre de leur communauté prenaient part à un peu plus de 65 % des séances prévues à l'horaire pendant la période de maintien, une assiduité de 20 % inférieure à celle rapportée pour les deux premiers mois d'entraînement effectués au laboratoire. Ainsi, l'endroit où a lieu l'entraînement dans la deuxième phase d'intervention ne semble pas influencer l'assiduité à l'entraînement, ce qui ne signifie pas pour autant que les deux sont équivalents. Cet aspect sera discuté dans d'autres sections de la recension.

4 Pratique d'activités physiques

4.1 Pratique d'activités physiques - Programmes d'entraînement aérobic

Dans les 29 études répertoriées à l'annexe A, dix ont documenté la pratique d'AP en utilisant des moyens aussi variés que des questionnaires, des journaux de bord et des podomètres. Les questionnaires utilisés étaient le Baecke, le *Paffenbarger Physical Activity Questionnaire* et un troisième questionnaire maison pour lequel aucun détail n'était fourni autre qu'il permettait de documenter la pratique d'AP en heure par semaine. À l'aide du questionnaire de Baecke, un indice de la pratique totale d'AP basé sur la pratique habituelle d'AP au travail, pendant les activités sportives et les loisirs est mesuré (Baecke et al., 1982). Pour sa part, le *Paffenbarger Physical Activity Questionnaire* estime la dépense calorique de la semaine à partir d'informations telles que le nombre de paliers d'escaliers montés et de pâtés de maison marchés (Paffenbarger et al., 1978; Wing et al., 1998). L'utilisation des kilocalories par semaine, comme dans ce dernier questionnaire, peut présenter l'avantage de faire ressortir les différences entre, par exemple, un individu qui pratique plusieurs heures par semaine des activités de faible intensité et un autre qui pratique tout aussi longtemps une activité où l'intensité, et par le fait même la dépense calorique, est supérieure. Par contre, tout questionnaire présente des limites et pour ceux où une dépense calorique est estimée, on peut se demander si l'activité est réellement effectuée à l'intensité spécifiée pour le questionnaire. Il est en effet possible de pédaler à des vitesses plus ou moins élevées, ce qui ne sera pas nécessairement considéré dans le

calcul de la dépense calorique à partir de questionnaires. Avec comme principal avantage leur faible coût, il ne faut pas négliger le fait que les questionnaires font appel à la mémoire et peuvent possiblement ne pas être aussi précis que voulu. Le journal de bord s'avère une alternative intéressante et peu coûteuse au questionnaire et ce, particulièrement si les participants le complètent de façon assidue. Cette méthode a été utilisée dans l'étude de Lehmann et al. (1995 et 2001) et a été combinée à l'utilisation du questionnaire dans deux études (Fritz et al., 2006a; Wing et al., 1998). Cependant, les résultats tirés de ces journaux n'ont pas été publiés, rendant donc difficile l'évaluation de leur pertinence.

Lorsque documentée par mesures indirectes tels les questionnaires, la pratique d'AP (minutes/semaine) a augmenté dans le groupe intervention alors qu'elle est demeurée inchangée dans le groupe témoin (Fritz et al., 2006a; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995). Il faut toutefois souligner que les sujets n'ayant pas augmenté leur pratique d'AP dans l'étude de Fritz et al. (2006a) ont été analysés comme faisant partie du groupe témoin, ce qui contribue à rendre les modifications plus importantes pour le groupe intervention. Dans ces trois études, il n'est pas spécifié si la pratique d'AP comprend les activités du programme d'entraînement ou seulement celles effectuées en dehors de l'intervention. Cette information manquante empêche d'identifier si l'augmentation de la pratique d'AP représente une assiduité au programme proposé, l'adoption d'un mode de vie plus actif dépassant le cadre de l'intervention ou une combinaison des deux. Bien que la plupart des études mesurent le niveau d'AP seulement avant et après l'intervention, une étude nous permet de mieux comprendre la cinétique de changement. Mesurant à quatre reprises la pratique d'AP pendant les deux années de l'intervention (zéro, six, 12 et 24 mois), l'étude de Wing et al. (1998) a bien documenté les changements et ce, pour les groupes diète seule, exercice seul et diète + exercice. Ce fut dans le groupe diète + exercice que l'augmentation de la pratique a été la mieux maintenue. En effet, ce groupe était plus actif à six, 12 et 24 mois alors que le groupe exercice a eu une pratique plus élevée seulement à six et 12 mois (Wing et al., 1998). Les auteurs suggèrent que la réduction de la masse ⁶, qui a été plus importante dans le groupe diète + exercice que

⁶ Tel que précisé par l'Office de la langue française, « *la masse est la grandeur physique fondamentale caractérisant la quantité de matière d'un corps, indépendamment de la pression, de la température et de l'état physique de ce corps. Il est essentiel de ne pas confondre la masse d'un corps et son poids. Le poids est une force qui mesure l'action de la pesanteur sur ce corps. La masse d'un corps est invariable* » (française). Dans le présent ouvrage, il sera question de la masse d'un individu et non de son poids. Lorsqu'aucune spécification ne sera attribuée à cette masse (ex. : grasse, maigre...), il sera convenu qu'il s'agit de la masse totale du corps.

dans le groupe exercice seul, aurait pu être le facteur motivant les participants à maintenir leur mode de vie actif plus longtemps.

Dans les études répertoriées, une seule mesure objective de la pratique d'AP a été utilisée, soit le port du podomètre (Araiza et al., 2006; Miyatake et al., 2002; Swartz et al., 2003; Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002). Cette méthode s'avère particulièrement intéressante et spécifique pour les programmes d'exercices utilisant la marche comme modalité d'entraînement. Selon les études, l'utilisation du podomètre variait. Dans certaines, le podomètre était combiné à un journal de bord pendant toute la durée des études (Araiza et al., 2006; Swartz et al., 2003). Dans d'autres, il servait à calculer la moyenne de pas effectués pendant trois (Tudor-Locke et al., 2004), quatre (Tudor-Locke et al., 2002) ou sept (Miyatake et al., 2002) jours afin de mieux documenter les variations suite à l'intervention. En plus d'être utilisé pour documenter la pratique d'AP, le podomètre faisait partie intégrante de ces programmes. Cette dernière utilisation du podomètre présente un intérêt particulier puisque tous les programmes étaient soit sans supervision (Araiza et al., 2006; Miyatake et al., 2002; Swartz et al., 2003) ou comportaient des séances supervisées seulement dans le premier mois du programme (Tudor-Locke et al., 2002 et 2004).

Quelle que soit l'intervention utilisée dans les études ayant mesuré la pratique d'AP avec podomètre, toutes ont été associées à une augmentation du nombre de pas. Une augmentation du nombre de pas quotidiens suite au programme d'exercice a été rapportée (Araiza et al., 2006; Miyatake et al., 2002) sans changement dans le groupe témoin (Araiza et al., 2006). Des résultats similaires ont été obtenus par Swartz et al. (2003) où, après une période de référence sans intervention de quatre semaines, le nombre de pas quotidiens n'a pas changé, alors qu'il a augmenté après huit semaines du programme de marche. De même, dans le cadre de l'étude préliminaire du *First Step Program*, il a été démontré que le temps consacré à la marche augmentait dans le premier mois d'intervention comprenant quatre séances de groupes, pour ensuite se stabiliser pendant le deuxième mois du programme où la supervision diminuait (Tudor-Locke et al., 2002). Dans une seconde étude portant sur le *First Step Program*, des résultats similaires ont été rapportés pour les participants du groupe intervention, soit une augmentation significative du nombre de pas après 16 semaines alors qu'une diminution significative a été mesurée dans le groupe témoin (Tudor-Locke et al., 2004).

En se basant sur l'ensemble des études où la pratique d'AP a été documentée, il a été démontré que le niveau d'AP post-intervention augmente pour les sujets DT2 (Araiza et al., 2006; Fritz et al., 2006a; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995; Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002), pré-diabétiques (Miyatake et al., 2002) ainsi que ceux avec une histoire familiale de DT2 (Perseghin et al., 1996; Swartz et al., 2003; Wing et al., 1998). En comparant dans une même étude les individus avec une histoire familiale de DT2 à ceux sans histoire familiale de la maladie, Perseghin et al. (1996) ont rapporté que les deux groupes répondaient en augmentant leur pratique d'AP. Sur la base des études ayant mesuré et rapporté les modifications de la pratique d'AP, il semble qu'une augmentation de la pratique d'AP soit possible, peu importe que les sujets soient DT2, pré-diabétiques ou issus d'une famille avec une histoire de diabète.

Il faut souligner que ces modifications étaient observées pendant ou juste après les interventions et que la persistance de ces changements après l'intervention constitue une autre question étudiée par très peu de chercheurs. Lehmann et al. (1995) ont documenté la pratique d'AP trois mois après une intervention de 12 semaines caractérisée par une grande variété d'activités aérobies. Après une intervention ayant fait significativement augmenter la pratique d'AP, le niveau d'AP était toujours significativement plus élevé que le niveau initial trois mois après la fin de l'intervention (Lehmann et al., 1995). Ce maintien de la pratique a aussi été observé deux mois après le *First Step Program* dans le cadre de l'étude préliminaire effectuée avec neuf patients DT2 (Tudor-Locke et al., 2002). Cependant, ces résultats n'ont pu être reproduits dans l'étude randomisée subséquente (Tudor-Locke et al., 2004). En effet, les participants du groupe intervention effectuaient toujours plus de pas que ceux du groupe témoin, mais cette différence n'atteignait pas le seuil de signification ($p=0,17$). Les résultats des quelques études ayant effectué un suivi de la pratique d'AP des participants après la période d'intervention suggèrent donc que les participants pourraient maintenir un niveau d'AP plus élevé que leur niveau initial (Lehmann et al., 1995; Tudor-Locke et al., 2002), mais pas significativement différent de celui du groupe témoin (Tudor-Locke et al., 2004). Cette question mériterait certainement d'être approfondie étant donné les répercussions importantes d'un mode de vie actif et ce, particulièrement s'il est maintenu après les interventions qui sont fréquemment de courte durée.

4.2 Pratique d'activités physiques – Programme d'entraînement musculaire

Utilisant l'entraînement musculaire, certains auteurs ont rapporté des modifications de la pratique d'AP. Brooks et al. (2007) et Castaneda et al. (2002) ont documenté, à l'aide du questionnaire *Physical Activity Scale for the Elderly*, que les sujets ayant pris part au programme de musculation étaient plus actifs dans leurs loisirs et leurs activités domestiques que les sujets du groupe témoin et ce, sans considérer les activités effectuées dans le cadre du programme. Dans l'étude de Brooks et al. (2007), les participants du groupe entraîné dépensaient 187 kcal par semaine de plus à la fin de l'intervention de 16 semaines alors que ceux du groupe témoin avaient diminué pour la même période leur dépense énergétique de 50 kcal par semaine. Ces résultats fort prometteurs en ce qui a trait au transfert des acquis d'un programme structuré de musculation vers un mode de vie plus actif n'ont cependant pas été confirmés dans les autres études ayant documenté la pratique d'AP. En effet, aucun changement significatif de la pratique habituelle d'AP n'a été mesuré dans les groupes prenant part à un entraînement musculaire combiné (Daly et al., 2005; Dunstan et al., 2002; Dunstan et al., 2005) ou non (Honkola et al., 1997; Ibanez et al., 2005) à un plan alimentaire visant une diminution de la masse. Il semble donc que l'entraînement musculaire soit associé à un maintien ou à une augmentation du niveau de pratique d'AP. Soulignons que les études ayant documenté la pratique d'AP n'ont en aucun cas rapporté que les participants prenant part aux interventions musculaires diminuaient leurs niveaux d'AP. Comme ces interventions comprenaient deux à trois séances d'AP, on peut supposer que cette fréquence n'est pas trop élevée pour induire une fatigue trop importante et ainsi interférer avec les activités quotidiennes.

En conclusion, il semble que les interventions utilisant l'entraînement aérobie aient été associées à une augmentation de la pratique d'AP alors que les participants prenant part à un programme de musculation ont maintenu ou augmenté leur niveau d'activités. Il n'est cependant pas possible d'identifier quelle modalité est plus efficace puisqu'à notre connaissance, aucune étude n'a simultanément comparé l'effet de l'entraînement musculaire à celui de l'entraînement aérobie sur la pratique d'AP (Annexe C). Toutefois, l'étude de Sigal et al. (2007), dont les caractéristiques sont spécifiées à l'Annexe D, indique qu'en dehors des séances planifiées dans l'intervention, les participants DT2 ne diminuaient pas leur pratique d'AP tel que mesuré par podomètre. Il est intéressant de souligner que ce constat était fait pour les groupes prenant part à l'entraînement aérobie, à l'entraînement musculaire, mais aussi à une combinaison des deux modalités doublant

le volume d'entraînement par rapport aux entraînements comportant une seule modalité. Ainsi, il semble que trois séances hebdomadaires d'environ 90 minutes ne réduisent pas le niveau d'activité des sujets DT2.

5 Condition physique

Alors qu'il a été mentionné précédemment qu'être sédentaire augmentait le risque de décès chez les hommes DT2, ce risque s'avère être encore plus important pour ceux qui sont en mauvaise condition physique ⁷. En effet, le risque relatif se situe entre 2,1 et 2,9 pour ceux ayant une mauvaise puissance aérobie par rapport au risque d'une personne avec une puissance aérobie plus élevée alors qu'il se situe entre 1,7 et 1,8 pour l'adoption d'un mode de vie peu actif par rapport à un mode de vie actif (Wei et al., 2000). Les individus DT2 ont donc tout intérêt à avoir une puissance aérobie élevée. De même, pour les personnes non-diabétiques, il a été démontré dans le cadre de la *Canadian Physical Activity Longitudinal Study* que l'incidence du diabète était plus élevée chez les personnes avec une faible puissance aérobie (Katzmarzyk et al., 2007). De plus, l'absence de lien entre la pratique d'AP et l'incidence du diabète documenté dans cette étude suggérerait un lien plus fort entre la condition physique et l'apparition de dérèglements du métabolisme glucidique qu'entre un mode de vie actif et l'incidence de la maladie. Cette association avec la condition physique pourrait expliquer pourquoi il est rapporté que la puissance aérobie est habituellement plus basse chez les personnes diabétiques. En effet, celle-ci pourrait être jusqu'à 20 % inférieure pour les personnes DT2 sans complications associées à la maladie et ce, par rapport à des individus du même groupe d'âge ayant un niveau de pratique d'AP similaire (Regensteiner et al., 1995). Outre la puissance aérobie, d'autres paramètres de la condition physique sont associés au contrôle glycémique. Mesurée à l'aide d'un dynamomètre manuel, la force musculaire était significativement plus basse pour les sujets DT2 que pour ceux intolérants et tolérants au glucose et ce, particulièrement pour les hommes (Sayer et al., 2005). Bien que cette association pourrait être expliquée par un mode de vie plus actif, la relation entre la force musculaire et le contrôle glycémique demeure significative après ajustement pour la pratique d'AP.

⁷ Condition physique, selon l'Office québécois de la langue française, se définit comme « l'état des qualités physiques (qui comprennent) entre autre l'aptitude aérobie, la puissance, la force et l'endurance musculaire, la flexibilité et la composition corporelle ».

5.1 Condition physique - Programme d'entraînement aérobie

La principale qualité physique mesurée dans les études répertoriées ayant utilisé l'entraînement aérobie est la puissance aérobie. Celle-ci est exprimée de différentes façons : consommation d'oxygène maximale (VO_2 max) (Alam et al., 2004; Dela et al., 2004; Ligtenberg et al., 1998; Ostergard et al., 2006; Walker et al., 1999), consommation d'oxygène de pointe (VO_2 de pointe) (Boudou et al., 2000; Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; DiPietro et al., 1998; Fritz et al., 2006a; Fritz et al., 2006b; Giannopoulou et al., 2005a; Giannopoulou et al., 2005b; Holton et al., 2003; Poirier et al., 2002; Wing et al., 1998) ou non spécifiée (Fisher et al., 2007; Miyatake et al., 2002; Perseghin et al., 1996). Suite à la majorité des interventions, la puissance aérobie a augmenté significativement (Annexe A). La majorité de ces améliorations ont été mesurées par rapport aux valeurs initiales (Alam et al., 2004; Boudou et al., 2000; Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Dela et al., 2004; DiPietro et al., 1998; Fisher et al., 2007; Miyatake et al., 2002; Ostergard et al., 2006; Poirier et al., 2002; Walker et al., 1999). Les autres changements ont été observés par rapport : 1) au groupe témoin qui ne recevait pas d'intervention (Ligtenberg et al., 1998); 2) aux valeurs initiales du groupe intervention (avec et sans DT2 combinés) et au groupe témoin (Holton et al., 2003); 3) au groupe témoin qui recevait un programme de durée, fréquence et intensité moindre (DTEP de 160 minutes vs. 920 minutes pour le groupe intervention) (De Filippis et al., 2006) ou 4) au groupe qui n'était pas supervisé (Alam et al., 2004).

Quatre études ont permis de démontrer que les sujets DT2 amélioraient leur puissance aérobie de façon similaire aux sujets avec une glycémie normale (Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Holton et al., 2003; Walker et al., 1999). Fait intéressant, ces résultats ont été obtenus après des programmes ayant une durée inférieure ou égale à dix semaines et des DTEP aussi basses que 910 (Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006) et 975 minutes (Holton et al., 2003). De plus, le stade évolutif de la maladie ne semble pas moduler la réponse. Comparant des sujets DT2 avec une sécrétion d'insuline par les cellules du pancréas modérée ou diminuée, Dela et al. (2004) ont en effet observé dans les deux groupes une amélioration de la puissance aérobie. Dans le même ordre d'idée, qu'ils présentent ou non une obésité, les sujets DT2 amélioraient leur puissance aérobie (Poirier et al., 2002). Chez les individus sans DT2, qu'ils aient ou non un lien de parenté du premier degré avec une personne DT2, les améliorations de la puissance aérobie et de la puissance maximale générée lors du test sur bicyclette stationnaire ont été les mêmes (Ostergard et al., 2006). Ces résultats suggèrent que les

améliorations de la puissance aérobie suite à une intervention aérobie ne sont pas influencées par le DT2, la sévérité de la maladie, le niveau d'obésité des patients DT2 et l'histoire familiale de DT2.

Contrairement à la majorité des études, aucune modification de la puissance aérobie n'a été mesurée dans les études de Fritz et al. (2006a et 2006b), de Middlebrooke et al. (2006) et de Perseghin et al. (1996). Ces études ne présentent pas de caractéristiques communes permettant d'expliquer cette absence de changement. En effet, les modalités d'entraînement étaient différentes pour les trois interventions (escaladeurs, marche et activités aérobies non spécifiées), la durée des programmes variait de six à 24 semaines et la durée des séances se situait entre 30 et 45 minutes. Le calcul de la durée totale d'exposition au programme (DTEP), correspondant à la durée des séances multipliée par la durée du programme et multipliée par la fréquence des entraînements par semaine, place ces études entre 1080 minutes, soit près de l'étude ayant la DTEP la plus basse, et 2160 minutes, soit légèrement au-dessus de la valeur moyenne de DTEP.

Comparativement aux caractéristiques de l'ensemble des programmes, on peut toutefois noter que le programme utilisé par Fritz et al. (2006) n'avait pas d'intensité ciblée pour l'entraînement outre que la marche devait être rapide. Il est possible que les participants à ce programme ne se soient pas entraînés à une intensité suffisante pour améliorer la puissance aérobie. En effet, bien que la pratique régulière d'AP puisse améliorer la puissance aérobie des personnes DT2, Boulé et al. (2003) ont démontré que plus l'intensité de l'entraînement était élevée, plus les adaptations cardiorespiratoires étaient importantes. De plus, Fritz et al. (2006) ont rapporté que la majorité des participants ne se sont pas prévalus des séances supervisées. On peut se demander si l'absence de supervision dans le programme de Fritz et al. (2006) pourrait être en cause sachant que lorsque soumis à un même programme, les participants du groupe non supervisé dans l'étude de Alam et al. (2004) n'ont pas modifié leur puissance aérobie alors que les sujets supervisés l'ont augmentée. Pour sa part, l'intervention utilisée dans l'étude de Perseghin et al. (1996) était, avec une DTEP de 1 080 minutes, sous la moyenne. Par contre, toutes les études avec une DTEP se situant entre 910 et 1080 minutes ont induit une modification de la puissance aérobie. Une seule distinction est à faire entre ces études et celle de Perseghin et al. (1996), soit qu'elles duraient au minimum huit semaines alors que celle de Perseghin et al. (1996) ne durait que six semaines. Ceci suggère qu'une durée minimale serait nécessaire pour modifier ce paramètre. Pour ce qui est de l'étude de

Middlebrooke et al. (2006), aucune caractéristique du programme ne semble expliquer l'absence de modification de la puissance aérobie. Il est à noter que d'autres d'études devront être réalisées pour confirmer que des facteurs tels l'absence de supervision et la durée des interventions jouent un rôle dans l'absence de modification de la puissance aérobie.

Mais qu'arrive-t-il lorsqu'un programme est combiné à des modifications des habitudes alimentaires? L'étude de Giannopoulou et al. (2005a) a démontré que combinée ou non à une diète, une intervention aérobie induisait une amélioration de la puissance aérobie absolue (ml d'oxygène/minute) alors que le groupe diète seule maintenait sa puissance aérobie (Giannopoulou et al., 2005a et 2005b). Des résultats similaires ont été obtenus par Wing et al. (1998). En effet, dans le cadre d'un programme de deux ans, la puissance aérobie a été augmentée dans le groupes exercice ainsi que dans le groupe diète + exercice six mois après le début de l'intervention (Wing et al., 1998). Cependant, le groupe diète seule a aussi amélioré sa puissance aérobie. En effet, les sujets du groupe diète mettaient significativement moins de temps pour couvrir la distance d'un demi-mile à la marche. Il ne peut être exclu que de réduire la masse par la diète aurait rendu la marche plus facile. Il faut par ailleurs noter que ces améliorations de la puissance aérobie n'ont été mesurées que dans le premier quart de l'étude de deux ans, ce qui correspond à la période où la fréquence des rencontres, et donc la supervision, était la plus élevée (Wing et al., 1998). Dans l'année et demie qui suivit, la puissance aérobie retourna aux valeurs initiales et ce, pour l'ensemble des groupes. Ce dernier constat pourrait venir renforcer l'importance de la supervision pour améliorer la puissance aérobie.

En plus de la puissance aérobie, d'autres paramètres associés à la condition cardiovasculaire ont été mesurés lors des épreuves d'effort. La puissance générée lors du test à l'effort a augmenté significativement dans le groupe intervention supervisé et ce, par rapport aux valeurs initiales (Alam et al., 2004; Boudou et al., 2000) et aux valeurs du groupe non supervisé (Alam et al., 2004). De plus, les sujets DT2 ont atteint une fréquence cardiaque maximale plus élevée après l'intervention pour se rapprocher à 9 % de leur valeur maximale prédite, une réponse similaire à celle des sujets non-diabétiques et ce, alors qu'ils étaient à 18 % de cette valeur théorique avant l'intervention (Christ-Roberts et al., 2004). Considérant que la fréquence cardiaque maximale n'est habituellement pas modifiée suite à l'entraînement, on peut supposer que les participants DT2 ont fourni un effort plus important suite à l'entraînement. Certaines modifications ont

aussi été observées pour des efforts sous-maximaux. Celles-ci comprennent une diminution de la fréquence cardiaque pour un effort donné (Dela et al., 2004; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995) et une diminution de la fréquence cardiaque de récupération après un test sous-maximal (Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995). Dans l'étude de De Filippis et al. (2006), la consommation d'oxygène à 60 watts, ce qui représente probablement un effort sous-maximal pour la majorité des sujets, a augmenté post-intervention. De façon surprenante, les auteurs qualifient ce changement d'amélioration. Cela peut en effet être bénéfique de dépenser plus d'énergie pour un effort donné si un contrôle de la masse corporelle est visé, mais cette réponse indique une diminution de l'efficacité énergétique. Il faut de plus souligner qu'aucun changement de la fréquence cardiaque à 60 watts n'a été mesuré. Puisque la fréquence cardiaque augmente habituellement proportionnellement à la consommation d'oxygène à des intensités sous-maximales, ce résultat laisse quelque peu perplexe.

Outre la condition cardiovasculaire, d'autres indicateurs de l'amélioration de la condition physique ont été documentés. Ainsi, une augmentation de la section transverse du muscle de la cuisse a été rapportée après un programme effectué sur bicyclette stationnaire (Boudou et al., 2001). Une augmentation de la force des jambes (absolue et par rapport à la masse corporelle) a aussi été observée pour des hommes obèses et ce, après un programme de (Miyatake et al., 2002). Au niveau cellulaire, une augmentation de l'activité des enzymes mitochondriales (citrate synthase et cytochrome C oxydase) a été mesurée après que des personnes non diabétiques avec ou sans histoire familiale de diabète aient effectué un programme sur bicyclette stationnaire (Ostergard et al., 2006). Dans cette dernière étude, il a été rapporté que la densité des capillaires présents autour des fibres musculaires augmentait chez les individus avec une histoire familiale de diabète alors qu'aucun changement n'était mesuré pour ceux sans histoire familiale. Lorsque l'ensemble des 48 sujets était considéré, la puissance aérobie corrélait significativement avec la densité capillaire, sans pour autant que l'augmentation de la densité capillaire ne soit liée à l'augmentation de la puissance aérobie (Ostergard et al., 2006). D'autres paramètres musculaires sont demeurés inchangés, soient le pourcentage des différentes fibres musculaires et la grosseur de celles-ci (Ostergard et al., 2006), la force de préhension, la flexibilité de la chaîne postérieure et l'équilibre sur un pied les yeux fermés (Miyatake et al., 2002).

Bien que diverses composantes de la condition physique aient été mesurées suite aux interventions aérobies, une seule étude menée en 1995 par Lehmann et ses collaborateurs a documenté les résultats d'un suivi de la condition physique post-intervention. Les résultats sont en lien avec le maintien de la pratique d'AP mesurée dans les mois suivant l'intervention, c'est-à-dire que les fréquences cardiaques pour un effort donné et de récupération étaient toujours plus basses que les valeurs initiales trois mois post-intervention (Lehmann et al., 1995).

5.2 Condition physique - Programmes d'entraînement musculaire

Alors que la puissance aérobie était la principale composante de la condition physique documentée après un entraînement aérobie, ce sont les tests de force musculaires qui ont principalement été effectués suite aux programmes d'entraînement musculaire. Ces derniers ont été utilisés autant pour ajuster les charges lors des entraînements que pour documenter les améliorations suite à l'entraînement. La majorité des évaluations étaient des tests où la charge maximale pouvant être déplacée une fois (1RM) était mesurée et à quelques occasions, des tests de trois répétitions maximales et d'endurance musculaire (nombre de répétitions x charge) ont été réalisés (Annexe B). Suite à l'entraînement musculaire, tous les auteurs ont rapporté des améliorations de la force ou de l'endurance (Annexe B). Certains programmes ont documenté des améliorations après aussi peu que quatre mois (Brooks et al., 2007) alors que d'autres études suggèrent que ce n'est qu'après neuf mois que les différences significatives sont observables entre les groupes entraînés et non-entraînés (Dunstan et al., 2005). À mi-chemin entre ces deux programmes, Daly et al. (2005) ont rapporté que la force musculaire relative et absolue augmentait par rapport aux valeurs initiales dans les six premiers mois d'un entraînement comprenant trois séances hebdomadaires pour ensuite se stabiliser dans la deuxième phase d'intervention d'un an et demi où deux à trois séances supervisées étaient prévues. Ce maintien de la force a d'ailleurs été mesuré pendant la deuxième phase du programme de Dunstan et al. (2006), mais bien que les auteurs aient documenté que la force était significativement plus élevée après la phase deux que les niveaux initiaux, ils ont rapporté que le groupe entraîné en centre sportif pendant la deuxième phase maintenait mieux leur force que le groupe effectuant les exercices à domicile. Puisque les deux groupes avaient la même assiduité à l'entraînement pendant la deuxième phase, le fait que le groupe en centre ait eu un meilleur maintien de la force pourrait suggérer que la qualité des entraînements en salle était supérieure à celle de ceux à domicile.

Certaines études ont permis d'identifier si certains facteurs tels le statut diabétique, le genre et la combinaison de l'entraînement à une intervention nutritionnelle modulaient la réponse. Sur la base des quatre études ayant comparé la réponse de groupes avec et sans diabète, le statut diabétique n'a pas semblé diminuer les adaptations à l'entraînement musculaire. En effet, Colberg et al. (2006), Herriott et al. (2004) et Holten et al. (2004) ont documenté des améliorations de la force tant dans les groupes de patients DT2 que non diabétiques. Le groupe de Fennicchia et al. (2004) ont même mesuré une augmentation de la force plus importante pour les sujets DT2 que pour le groupe non-DT2 soumis au même entraînement et ce, alors que leur force initiale semblait similaire. Fait intéressant à noter quant aux caractéristiques des participants, les femmes étaient aussi, voire plus nombreuses que les hommes à prendre part aux programmes d'entraînement aérobie alors qu'un nombre égal ou plus important d'hommes que de femmes prenait part aux programmes musculaires (Annexes A et B). Alors que cette différence peut refléter des intérêts différents selon les genres pour le type d'entraînement, Ryan et al. (2001) ont démontré que les deux genres amélioraient leur force suite aux interventions. En terminant, combiner l'entraînement musculaire à un plan alimentaire visant la réduction de la masse n'empêcherait pas d'augmenter la force musculaire tel que démontré par Daly et al. (2005) avec des patients DT2.

Différents paramètres peuvent contribuer à cette amélioration de la force et de l'endurance musculaire post-intervention. Outre les modifications de la masse maigre qui peuvent avoir un effet (il sera question de cet aspect à la section 7.2 Composition corporelle – programmes d'entraînement musculaire), il a été démontré que la force augmentait par unité de masse maigre (Brooks et al., 2007). De plus, Castaneda et al. (2002) ont mesuré une augmentation des réserves de glycogène musculaire après leur intervention. Ce résultat est corroboré par l'étude de Holten et al. (2004) dans laquelle le glycogène musculaire augmentait après l'entraînement dans la jambe entraînée alors qu'aucun changement n'était noté pour la jambe non-entraînée. Possiblement que l'augmentation de l'activité de la glycogène synthase, une enzyme impliquée dans la synthèse du glycogène, mesurée post-entraînement par Holten et al. (2004), constitue un facteur clé dans l'augmentation des réserves de glycogène. Suite à l'entraînement musculaire, Brooks et al. (2007) et Holten et al. (2004) ont mesuré une hypertrophie des fibres musculaires. Alors que l'augmentation du diamètre des fibres de type II mesurée après ces deux interventions de type force-hypertrophie est attendue, une augmentation du

diamètre des fibres de type I a aussi été mesurée dans un groupe de personnes DT2 par Brooks et al. (2007). Ces modifications des fibres de type I pourraient être l'un des facteurs ayant contribué à l'augmentation de la puissance aérobie des sujets DT2 mesurée après l'intervention musculaire de Colberg et al. (2006). Ainsi, des modifications qualitatives et quantitatives de la masse musculaire résulteraient de l'entraînement musculaire.

Outre la force musculaire et l'endurance musculaire et aérobie, d'autres composantes de la condition physique ont été positivement influencées par les programmes d'entraînement musculaire. En effet, la mobilité dans les escaliers et la flexibilité ont été améliorées après des programmes musculaires incluant des exercices de flexibilité (Brandon et al., 2003; Herriott et al., 2004). Bien que ces dernières études ne permettent pas d'identifier si ce sont les exercices musculaires, de flexibilité ou la combinaison des deux qui contribuent à ces améliorations, il faut souligner que mobiliser le corps sans charge avec des exercices de flexibilité n'améliore pas la force (Dunstan et al., 2002). Il serait donc surprenant que les exercices musculaires n'aient pas un rôle à jouer dans l'amélioration de la mobilité.

5.3 Condition physique – Comparaison et combinaison des modalités d'intervention

Dans le but de mieux comprendre les réponses des personnes DT2 ou pré-diabétiques, certains auteurs ont, dans une même étude, comparé les effets d'un entraînement musculaire et d'un entraînement aérobie (Annexe C). Bien que Colberg et al. (2006) aient documenté une amélioration de la puissance aérobie après un entraînement musculaire, les études comparatives soulignent que l'entraînement aérobie est la principale modalité associée à une amélioration de la puissance aérobie (Eriksson et al., 1998; Stumtok et al., 1993). Cuff et al. (2003) ont démontré qu'ajouter un entraînement musculaire à un entraînement aérobie ne modifiait en rien les améliorations de la puissance aérobie par rapport au groupe entraînement aérobie seul. À cet égard, il n'est donc pas surprenant que les autres interventions ayant combiné l'entraînement musculaire et aérobie dans un même programme aient documenté des améliorations de la puissance aérobie (Loimaala et al., 2003; Maiorana et al., 2001; Osberbach et al., 2006; Tessier et al., 2000; Tokmakidis et al., 2004) (Annexe D).

En ce qui concerne la force musculaire, les études ayant comparé les deux modalités corroborent les résultats des études ayant utilisé une seule modalité. En effet, dans les

études ayant testé ce paramètre, il est rapporté que ce sont les participants au programme de musculation qui augmentent leur force musculaire (Cauza et al., 2005; Smutok et al., 1993). Il faut toutefois rappeler que Miyatake et al. (2002) ont mesuré une augmentation de la force des jambes (absolue et par rapport à la masse corporelle) après un programme de marche chez des hommes âgés entre 32 et 59 ans. Ces résultats sont dans la lignée de ceux rapportés par Carmeli et al. (2002) où des sujets plus âgés non-diabétiques ont aussi amélioré la force de leurs membres inférieurs suite à un programme de marche (Carmeli et al., 2002). De plus, l'amélioration de la force après un programme de marche va dans le même sens que l'étude de Cauza et al. (2005a). Ces derniers ont rapporté que la force et la puissance des membres inférieurs et du tronc augmentaient pour le groupe suivant un entraînement musculaire ainsi que pour celui attiré au programme d'exercices aérobies sur bicyclette stationnaire. Les auteurs ont par contre documenté que les augmentations de la force étaient plus importantes pour le groupe entraîné en musculation et que la force musculaire des membres supérieurs n'augmentait que pour le groupe suivant l'entraînement musculaire. Considérant que Smutok et al. (1993) n'ont pas rapporté de modifications de la force musculaire après un entraînement aérobic sur tapis roulant, on peut supposer que d'effectuer l'entraînement musculaire sur bicyclette stationnaire pourrait favoriser une augmentation de la force musculaire des membres inférieurs plus importante. En terminant, il faut souligner que, si l'entraînement musculaire ne nuit pas aux adaptations cardiovasculaires lorsque le programme combine les deux modalités, ajouter une portion aérobic à l'entraînement musculaire n'a pas semblé nuire à l'augmentation de la force musculaire. En effet, dans les programmes combinant les deux modalités et mesurant les changements des qualités musculaires, des améliorations de la force et des charges d'entraînement ont été documentées (Cuff et al., 2003; Loimaala et al., 2003; Maiorana et al., 2002; Tokmakidis et al., 2004).

6 Contrôle glycémique

Substrat énergétique important, voire essentiel, le glucose sanguin fluctue idéalement entre quatre et six mmol/L à jeun et entre cinq et huit mmol/L deux heures après un repas (Association canadienne du diabète et al., 2003d). Le contrôle de la glycémie est essentiel afin d'éviter d'une part une diminution entraînant potentiellement des pertes de conscience et d'autre part une concentration trop élevée contribuant à des complications telles la cécité, l'insuffisance rénale et les neuropathies (Shepherd et al., 1999). Pour assurer le contrôle glycémique, un ajustement précis entre l'entrée du glucose dans les

cellules, l'apport alimentaire glucidique, la mise en circulation de glucose par le foie ainsi que la libération d'hormones influençant la glycémie est nécessaire. Parmi les hormones impliquées dans le contrôle glycémique, notons l'insuline, le glucagon, la somatostatine, l'hormone de croissance, les glucocorticoïdes et les hormones thyroïdiennes. Considérant que le DT2 est caractérisé par des dérèglements de la sensibilité des cellules à l'insuline et de la sécrétion de cette hormone, c'est de cette hormone qu'il sera question dans la présente section.

En condition normale, l'insuline est sécrétée par les cellules bêta du pancréas lors d'augmentation du glucose et des acides aminés en circulation (Sesti, 2006). Une fois en circulation sanguine, l'insuline facilite l'entrée du glucose dans les cellules. En effet, le glucose circulant ne peut ni traverser la double couche de lipides des membranes cellulaires ni passer, avec sa masse moléculaire de 180 grammes, à travers les pores membranaires qui permettent le passage de molécules ayant une masse moléculaire inférieure à 100 grammes (Guyton et al., 2001). C'est donc principalement via des transporteurs cellulaires que le glucose entre dans les cellules. Alors que certains transporteurs du glucose, tels ceux liés au sodium, permettent l'entrée du glucose dans les cellules intestinales et rénales contre le gradient de concentration, les transporteurs transmembranaires GLUT-1, 2, 3, 4 et 5 permettent une diffusion facilitée allant dans le sens des gradients de concentration (Shepherd et al., 1999). C'est dans cette dernière catégorie de transporteurs qu'on retrouve ceux influencés par l'insuline, soient les GLUT-4. Ceux-ci, principalement présents dans les cellules musculaires et adipeuses, sont séquestrés à 90 % à l'intérieur des cellules (Shepherd et al., 1999). Une fois au niveau de la membrane, les vésicules contenant les GLUT-4 fusionnent avec celle-ci. Il en résultera une augmentation du nombre de transporteurs à la surface cellulaire permettant ainsi une entrée importante du glucose circulant dans la cellule (Shepherd et al., 1999). L'entrée de glucose fera éventuellement baisser la glycémie et par le fait même, la production d'insuline et l'entrée subséquente de glucose dans les myocytes et les adipocytes. Il faut souligner qu'outre favoriser l'entrée du glucose dans les cellules musculaires et les adipocytes, l'insuline est impliquée dans le contrôle glycémique du glucose en réduisant la production hépatique du glucose. Parallèlement à son importance dans le métabolisme glucidique, l'insuline joue un rôle dans le métabolisme lipidique en stimulant la synthèse de lipides dans le foie et en diminuant la mise en circulation des lipides par les adipocytes (Sesti, 2006).

Alors que pour la majorité des individus le contrôle glycémique est bien régulé, il peut arriver d'une part que l'insuline ne soit plus sécrétée en quantité suffisante et d'autre part que la sensibilité des tissus à l'insuline diminue. Dans les milieux cliniques comme en recherche, différentes mesures de la qualité du contrôle glycémique et de la sensibilité à l'insuline (SI) sont utilisées. Une première catégorie de tests comprend ceux effectués alors que le sujet est à jeun et sans apport de substances externes tels le glucose ou l'insuline. Lors de ceux-ci, la glycémie à jeun est l'une des variables d'intérêt à être mesurée. Si celle-ci se situe entre 6,1 et 6,9 mmol/L, on considèrera que le sujet a une glycémie altérée à jeun (*impaired fasting glucose*) alors qu'un diagnostic de diabète sera posé si elle est supérieure ou égale à 7,0 mmol/L en présence de symptômes de diabète (Association canadienne du diabète et al., 2003a). Un autre élément fréquemment mesuré est l'insulinémie qui, si elle est très élevée, constitue un indicateur d'un état de résistance à l'insuline (RI) (Monzillo et al., 2003). En lien avec la mesure de l'insulinémie, il est possible de mesurer le peptide-C, un polypeptide libéré au cours de la transformation de la pro-insuline en insuline (Office québécois de la langue française). Ce dernier est un marqueur de la production endogène d'insuline particulièrement intéressant pour distinguer l'insuline endogène de celle exogène que les sujets diabétiques peuvent s'injecter (Trout et al., 2007).

Considérant que le glucose et l'insuline interagissent, il peut s'avérer intéressant d'utiliser un indice qui tient compte de ces deux facteurs. Développé par Matthews et al. en 1985, le modèle d'estimation de l'homéostasie, aussi connu sous l'acronyme *HOMA* (*Homeostasis Model Assessment*), permet d'estimer la RI à partir des valeurs à jeun à l'aide de la formule suivante :

$$HOMA_{RI} = \text{insulinémie à jeun} \times \text{glycémie à jeun} \times (22,5)^{-1};$$

où l'insulinémie est en $\mu\text{U/mL}$ et la glycémie en mmol/L (Monzillo et al., 2003).

Ainsi, plus la valeur $HOMA_{RI}$ est basse, moins l'individu est RI et par le fait même plus sensible à l'insuline (SI). Selon les études rapportées en annexes, les auteurs réfèrent aux résultats du *HOMA* comme étant des indices de RI ou de SI. Conséquemment, $HOMA_{RI}$ et $HOMA_{SI}$ sont utilisés dans les tableaux. Par ailleurs, d'autres indices de SI peuvent être calculés à partir des valeurs à jeun tels le QUICKI, le QUICKI-acides gras libres et le ratio glucose à jeun sur insuline à jeun (Monzillo et al., 2003; Rabasa-Lhoret et al., 2003). Il est à noter que l'indice quantitatif de sensibilité à l'insuline (*QUICKI*) et le *QUICKI*-acides gras libres pourraient être plus indiqués que le *HOMA* pour les sujets

normoglycémiques et ceux RI, mais que pour les sujets DT2, ces trois indices corrélaient dans la même mesure avec le clamp euglycémique-hyperinsulinémique, la mesure de référence de la SI habituellement utilisée (Rabasa-Lhoret et al., 2003). Cependant, seul le *HOMA* a été utilisé dans les études qui font l'objet des prochaines sections. Ces différents indices ont l'avantage de se baser sur des mesures relativement simples puisqu'effectuées à jeun et de considérer d'une part la quantité de glucose circulant, mais aussi la quantité d'insuline associée à cette glycémie.

Toutes ces mesures effectuées à jeun donnent une idée de l'efficacité du système à maintenir l'homéostasie du glucose au moment de la prise de sang, c'est-à-dire en phase aiguë. Cependant, la mesure de certains composés renseigne sur la qualité du contrôle de la glycémie au cours des semaines précédant la prise de sang. En effet, plus l'exposition au glucose circulant est importante pendant les semaines précédant la mesure, plus il y a addition de résidus glucidiques sur les protéines, phénomène nommé glycosylation (Office québécois de la langue française). Deux composés témoignant de la glycosylation sont principalement utilisés, soient la fructosamine qui permet d'avoir un portrait de la glycémie moyenne des deux dernières semaines et l'hémoglobine glycosylée ou glyquée (HbA1c) qui représente plutôt la glycémie moyenne des deux derniers mois (Dailey, 2007). Selon les lignes directrices de l'Association canadienne du diabète, une personne diabétique devrait viser une HbA1c inférieure à sept pour cent, voire six pour cent lorsque sécuritaire (Association canadienne du diabète et al., 2003c). Par ailleurs, aucune valeur cible n'est proposée dans les lignes directrices pour les valeurs de fructosamine. Il faut souligner que bien qu'intéressantes pour avoir une image de la glycémie moyenne des dernières semaines, ces mesures ne donnent aucune information sur les épisodes d'hypoglycémie et d'hyperglycémie. Pour documenter ces épisodes, la prise de la glycémie à divers moments de la journée ou le port d'un appareil mesurant la glycémie en continu pendant plusieurs jours est nécessaire. Ces méthodes sont plus intéressantes pour documenter les modifications de la glycémie au cours de la journée, mais elles s'avèrent plus exigeantes pour le sujet.

Dans le but de mieux documenter les paramètres du contrôle glycémique, des tests cliniques plus demandant qu'une simple prise de sang à jeun peuvent être utilisés. Lors de ceux-ci, un apport externe de glucose et/ou d'insuline est utilisé pour évaluer le système. L'un de ces tests est le test oral de tolérance au glucose ou *OGTT* (*Oral Glucose Tolerance Test*). Ce test permet suite à l'ingestion d'un concentré de glucose

d'évaluer les variations de la glycémie et de l'insulinémie à différents moments, soit habituellement 0, 30, 60 et 120 minutes après l'ingestion de la solution (Trout et al., 2007). Certains paramètres tels l'aire sous la courbe de la glycémie et de l'insulinémie lors des 120 minutes suivant l'ingestion permettent d'estimer la SI à partir de différentes formules (Monzillo et al., 2003). Il est aussi possible de retrouver dans la littérature des modèles alternatifs à l'OGTT où l'insulinémie et la glycémie sont mesurées après un repas composé de lipides, de glucides et de protéines (Giannopoulou et al., 2005b). Alors que l'OGTT est une mesure de la tolérance au glucose, il ne mesure pas précisément la SI (Trout et al., 2007). Pour ce faire, il s'avère plus intéressant d'effectuer un test documentant la réponse à une surcharge d'insuline. Ce test de tolérance à l'insuline ou *ITT (Insulin Tolerance Test)*, permet de mesurer la diminution de la glycémie suite à une injection intraveineuse d'insuline. Ainsi, plus la diminution de la glycémie est importante, plus le sujet est SI (Monzillo et al., 2003). Il faut toutefois noter que ce test présente des risques importants d'hypoglycémies, particulièrement chez les sujets plus SI (Monzillo et al., 2003). Le clamp euglycémique-hyperinsulinémique est une technique utilisant l'injection d'insuline tout en présentant moins de risques puisque l'infusion d'insuline est combinée à une infusion variable de glucose afin de maintenir la glycémie près des valeurs normales à jeun (DeFronzo et al., 1979). Supposant que la quantité de glucose infusée correspond à la quantité de glucose métabolisée dans les tissus périphériques, il est possible de déterminer la sensibilité des tissus à l'insuline (Monzillo et al., 2003). Ainsi, plus la quantité de glucose qui doit être infusée pour maintenir la glycémie est grande, plus la SI est élevée. Ce dernier test constitue la mesure de référence pour la SI. Une variante au clamp euglycémique-hyperinsulinémique, soit le clamp hyperglycémique, permet de documenter la réponse des cellules bêta à une surcharge glucidique (Dela et al., 2004), fonction qui peut se détériorer lors de l'épuisement de ces cellules.

6.1 Contrôle glycémique – Programmes d'entraînement aérobie

Dans les 29 études répertoriées, ce sont principalement les mesures de glycémie et d'insulinémie ainsi que l'HbA1c qui ont été utilisées (Annexe A et Tableau IV, p.38). Lorsque mesurée, une diminution de la glycémie à jeun a été observée suite à certaines (Alam et al., 2004; Giannopoulou et al., 2005a; Miyatake et al., 2002; Walker et al., 1999; Wing et al., 1998; Yokoyama et al., 2004), mais pas nécessairement après toutes les interventions (Araiza et al., 2006; Boudou et al., 2000; Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Dela et al., 2004; Fritz et al., 2006a; Fritz et al., 2006b; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995; Middlebrooke et al., 2006; Poirier et al., 2002; Swartz et al., 2003; Tudor-Locke et al., 2004). Dans l'étude de Walker et al. (1999), la diminution significative de la glycémie a été obtenue uniquement dans le groupe DT2. En fait, les valeurs finales étaient significativement différentes des valeurs initiales du groupe DT2 et les changements observés dans le groupe DT2 étaient significativement différents de ceux du groupe normoglycémique soumis à la même intervention. Par contre, Christ-Roberts et al. (2004) et De Filippis et al. (2006) n'ont pour leur part mesuré aucune modification de la glycémie à jeun et ce, autant pour les individus DT2 que pour les non-diabétiques. Pour mesurer des améliorations, la DTEP pourrait être un facteur important à considérer. En effet, la DTEP était presque quatre fois plus élevée dans l'étude de Walker et al. (1999) que dans celles de Christ-Roberts et al. (2004) et de De Filippis et al. (2006), différence attribuable à la fois à une durée d'intervention, à une fréquence d'entraînement et à une durée des séances plus importantes. Et bien que l'étude d'Alam et al. (2004) indique qu'un programme supervisé permet de réduire plus considérablement la glycémie à jeun que le même programme administré sans supervision, un programme non-supervisé comme celui de Walker et al. (1999) n'en demeure pas moins efficace.

Outre une DTEP élevée et la supervision des séances qui semblent favoriser une meilleure réponse, les modifications nutritionnelles peuvent contribuer à modifier la glycémie à jeun. En effet, une diminution de la glycémie dans les études de Giannopoulou et al. (2005a et 2005b) a été mesurée après une intervention combinant AP et diète. Il faut considérer que le groupe soumis à une diète ne prenant pas part à la portion AP de cette intervention a aussi eu une diminution significative de la glycémie et que le groupe AP sans diète n'a pas eu de diminution de la glycémie. Ainsi, la diminution de la glycémie semblerait plutôt résulter de la diète et non de l'AP. Cette hypothèse semble confirmée

par les études de Yokoyama et al. (2004) et de Wing et al. (1998). Dans la première, une diminution de la glycémie a été mesurée dans le groupe diète ainsi que dans le groupe diète + exercice. Dans la deuxième, la diminution de la glycémie à jeun était plus importante dans les groupes diète et diète + exercice que dans le groupe exercice sans diète après les six premiers mois d'un programme de deux ans. Il faut cependant noter qu'à la fin de l'intervention, la glycémie à jeun a augmenté dans tous les groupes (témoin, diète, exercice et diète + exercice). Il est fort probable que cela soit le résultat de la diminution graduelle du suivi des participants après les six premiers mois d'intervention. Ainsi, la diète semble plus avantageuse par rapport à une intervention aérobie pour modifier la glycémie à jeun sur une période de six mois. Par contre, lorsque la supervision et le suivi des participants diminuent, les améliorations ne perdurent pas et ce, indépendamment du type d'intervention.

Tout comme pour l'impact sur la glycémie, seul un nombre limité d'études ont documenté une diminution significative de l'insulinémie à jeun (Alam et al., 2004; Giannopoulou et al., 2005a; Miyatake et al., 2002; Wing et al., 1998) (Annexe A). En effet, la plupart n'ont pas relevé de modification de l'insulinémie suite aux interventions (Araiza et al., 2006; Boudou et al., 2000; Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Dela et al., 2004; Fritz et al., 2006a; Holton et al., 2003; Lehmann et al., 2001; Lehmann et al., 1995; Middlebrooke et al., 2006; Ostergard et al., 2006; Poirier et al., 2002; Swartz et al., 2003; Tudor-Locke et al., 2004; Walker et al., 1999; Yokoyama et al., 2004). Suivant les modifications documentées pour la glycémie, l'insulinémie a diminué dans l'étude d'Alam et al. (2004) seulement dans le groupe supervisé (Alam et al., 2004). Par ailleurs, alors que les concentrations plasmatiques d'insuline n'ont pas été modifiées dans les groupes exercice et diète, une combinaison des deux a été associée à une diminution de l'insulinémie après 14 semaines d'intervention (Giannopoulou et al., 2005a). Combiner les interventions nutritionnelles à celles en AP pourrait d'ailleurs présenter un avantage à plus long terme. En effet, alors que les six premiers mois plus intenses du programme de deux ans de Wing et al. (1998) ont été marqués par une diminution de l'insulinémie dans les groupes diète, exercice et diète + exercice, seul ce dernier groupe a maintenu sa diminution de l'insulinémie après les deux années d'intervention. Les auteurs ont aussi rapporté que l'insulinémie augmentait dans le groupe exercice seul après deux ans d'intervention (Wing et al., 1998), justifiant la combinaison des deux types d'interventions.

Marqueur de la production endogène d'insuline, le peptide-C à jeun a suivi les modifications de l'insulinémie à jeun. Ainsi, parallèlement à l'absence de modifications de l'insulinémie à jeun, les concentrations de peptide-C à jeun n'ont pas été modifiées post-intervention (Holton et al., 2003; Ostergard et al., 2006). Seuls Lehmann et al. (1995) ont mesuré une diminution significative de la concentration du peptide-C post-intervention alors que la diminution de l'insulinémie post-intervention n'était pas significative. Cependant, ces deux paramètres ont eu une réponse similaire avec des diminutions respectives de 20,6 et 18,7 %.

Tout comme les modifications de la glycémie et de l'insulinémie à jeun, l'indice de SI estimé par le *HOMA* fut amélioré suite à certaines (Alam et al., 2004; Miyatake et al., 2002; Yokoyama et al., 2004), mais pas toutes les interventions aérobies (Araiza et al., 2006; Fritz et al., 2006a; Fritz et al., 2006b; Swartz et al., 2003). Puisque la SI estimée par le *HOMA* est inversement associée à la glycémie et à l'insulinémie à jeun, les études où la SI a augmenté sont aussi celles où la glycémie (Alam et al., 2004; Miyatake et al., 2002; Yokoyama et al., 2004) et l'insulinémie (Alam et al., 2004; Miyatake et al., 2002) à jeun ont diminué. Alors que la RI est au cœur de la physiopathologie du DT2, le *HOMA_{RI}* des personnes atteintes a diminué (Alam et al., 2004; Yokoyama et al., 2004) ou a été maintenu (Araiza et al., 2006; Fritz et al., 2006a; Fritz et al., 2006b) suite à certains programmes d'entraînement aérobie. Notons cependant que l'indice de SI n'a pas été mesuré par *HOMA*, *QUICKI* ou ratio glucose/insuline dans les études comparant la réponse des personnes avec et sans DT2, empêchant de comparer la réponse de ces deux groupes à la suite de ce type d'interventions. Tel que rapporté au tableau V (p.39), aucune caractéristique des programmes ne semble expliquer les différentes réponses aux interventions. De plus, l'absence de supervision et d'indications par rapport à l'intensité de l'entraînement se retrouve tout autant dans les programmes ayant amélioré la SI que dans ceux n'ayant pas modifié ce paramètre.

Tableau IV : Paramètres du contrôle glycémique (tests sans apport externe) et programmes d'entraînement aérobie

	Glycémie à jeun	Insulinémie à jeun	Peptide C	HOMA RI	HbA1c
Alam et al. (2004)	↓ ‡	↓ ‡		↓ ‡	↓ ‡
Araiza et al. (2006)	=	=		=	= (HbA1c et fructosamine)
Boudou et al. (2000)	=	=			↓
Christ-Roberts et al. (2004)	=	=			=
Dasgupta et al. (2006)					=
Dela et al. (2004)	=	=			=
De Filippis et al. (2006)	=	=			=
Fisher et al. (2007)					=
Fritz et al. (2006a)	=	=		=	=
Fritz et al. (2006b)	Voir Fritz et al. (2006a)				
Giannopoulos et al. (2005a)	↓ ‡	↓ ‡			=
Giannopoulou et al. (2005b)	Voir Giannopoulou et al. (2005a)				
Holton et al. (2003)		=	=		=
Lehmann et al. (1995)	=	=	↓		=
Lehmann et al. (2001)	=	=			=
Middlebrooke et al. (2006)	=	=			=
Miyatake et al. (2002)	↓	↓		↓	
Østergård et al. (2006)	=	=	=		=
Perseghin et al. (1996)					
Poirier et al. (2002)	=	=			=
Swartz et al. (2003)	=	=		=	
Tudor-Locke et al. (2004)	=	=			=
Walker et al. (1999)	↓ ‡	=			↓
Wing et al. (1998)	↓ ‡; ↑ ‡	↓ ‡; ↑ ‡; = ‡			=
Yokoyama et al. (2004)	↓ ‡	=		↓ ‡	↓ ‡

‡ : Différence significative pour certains groupes et/ou temps de mesure (se référer à l'Annexe A pour plus de détails)

Tableau V : Sensibilité à l'insuline et programmes d'entraînement aérobie

	Programmes efficaces		Programmes non efficaces	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Nombre de séances hebdomadaires	4	7	3	7
Durée des séances (minutes)	20	40	45 ou objectif de pas [§]	45 ou objectif de pas [§]
Durée des interventions (semaines)	3	52	6	16

[§] Temps nécessaire pour réaliser l'objectif de pas non spécifié dans les études

Considérant que la RI peut être estimée simplement à partir des valeurs de glycémie et d'insulinémie à jeun, il est surprenant que 14 des études répertoriées ne l'aient pas rapportée et ce, même s'ils avaient les valeurs nécessaires pour effectuer ce calcul. Rapporter seulement la glycémie et l'insulinémie peut démontrer certains effets d'une intervention, mais une mesure combinant les deux ajoute à la compréhension. Par exemple, dans l'étude de Yokoyama et al. (2004), les groupes diète et exercice ont tous deux eu des diminutions significatives de la glycémie suite à l'intervention alors qu'aucun changement significatif de l'insulinémie ne fut documenté. Si ce n'était du $HOMA_{RI}$ qui a diminué significativement seulement dans le groupe exercice, on aurait pu en conclure à tort que les deux interventions avaient le même impact sur le contrôle glycémique.

Alors que les mesures à jeun informent sur le contrôle glycémique au moment de la prise de sang, l'utilisation de l'HbA1c et de la fructosamine permettent respectivement d'avoir un portrait de la glycémie moyenne des huit et des deux dernières semaines. Tel que rapporté au Tableau IV (p.38), seulement quatre des 22 études ayant mesuré l'HbA1c, soit environ 18 %, ont rapporté des améliorations significatives (Alam et al., 2004; Boudou et al., 2000; Walker et al., 1999; Yokoyama et al., 2004). Parmi celles-ci, l'étude de Walker et al. (1999) a démontré que tous les sujets répondaient favorablement à l'intervention peu importe qu'ils soient ou non DT2. Cependant, la diminution était plus importante pour les sujets DT2, probablement à cause des niveaux de base plus élevés (Walker et al., 1999). Par ailleurs, il semblerait que de combiner l'AP à une diète optimisée la diminution de l'HbA1c et ce, comparativement à une diète seule (Yokoyama et al. 2004). Encore une fois, superviser les séances d'entraînement semble présenter un avantage puisque ce n'est que le groupe supervisé qui a diminué significativement son niveau d'HbA1c par rapport aux valeurs initiales et à celles du groupe non-supervisé (Alam et al., 2004).

Dans le but de mieux documenter les effets des programmes d'entraînements, le groupe de Tudor-Locke (2004) fut le seul à corrélérer les changements du contrôle glycémique avec d'autres paramètres de la pratique d'AP et de la condition physique. Ainsi, ils ont démontré que plus les individus DT2 augmentaient leur nombre de pas quotidien, plus leur glycémie à jeun diminuait. Toujours dans cette étude, il a été rapporté que les sujets traités avec des hypoglycémifiants oraux diminuaient leur HbA1c parallèlement à leur augmentation du nombre de pas/jour.

Les tests avec apport externe de glucose et/ou d'insuline ont été moins souvent utilisés que les tests effectués sans apport externe, soit dans seulement une douzaine d'études. Ces tests sont plus complexes à administrer puisqu'ils sont plus longs à effectuer, qu'ils nécessitent l'ingestion ou l'infusion de substrat, qu'ils requièrent bien souvent plusieurs prélèvements sanguins, que l'expertise de professionnels de la santé tels que des infirmières et des médecins est nécessaire et qu'ils s'avèrent très coûteux. Par contre, ils permettent de mieux comprendre la réponse de l'organisme à des modifications telle une augmentation de la glycémie ou de l'insulinémie. Tel que rapporté au Tableau VI (p.41), les programmes d'entraînement aérobie ont, à une exception près, été associées à un meilleur contrôle glycémique mesuré par tests avec apport externe. Dans les études ayant documenté des améliorations, notons que celle de Christ-Roberts et al. (2004) indique que les améliorations étaient présentes non seulement chez les sujets DT2, mais aussi chez les personnes avec un contrôle glycémique normal. Parallèlement, des améliorations de la glycémie ont été documentées pour les individus avec et sans histoire familiale de DT2 (Perseghin et al., 1996). Ces résultats sont cependant en contradiction avec ceux de DiPietro et al. (1998) qui indiquent que les sujets intolérants au glucose diminuaient plus considérablement l'aire sous la courbe du glucose lors de l'OGTT après l'intervention que les sujets tolérants au glucose. Notons toutefois que les tests utilisés différaient entre les deux études, ce qui pourrait contribuer à la divergence des résultats. D'autres catégories de sujets semblent aussi répondre mieux aux programmes d'entraînement aérobie, soient les sujets avec une sécrétion d'insuline modérée par rapport aux individus avec une sécrétion basse (Dela et al., 2004) et les sujets non-obèses par rapport aux sujets obèses (Poirier et al., 2002). Cependant, il est à noter que deux sujets ont dû être retirés des analyses dans l'étude de Poirier et al. (2002) à cause d'une diminution de leur médication hypoglycémifiante dans cette dernière étude, indice que leur SI avait considérablement augmenté. Vu le petit nombre de sujets dans cette étude,

diminuer le nombre de sujets a sans aucun doute influencé le seuil de signification du résultat.

Tableau VI : Modifications du contrôle glycémique (test avec apport externe) et programmes d'entraînement aérobie

	Test	Résultat
Boudou et al. (2000)	<i>ITT</i>	↑ SI
Christ-Roberts et al. (2004)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	↑ entrée du glucose stimulée par l'insuline chez personnes avec et sans DT2
Dela et al. (2004)	Clamp hyperglycémique	↑ insulinémie lors du clamp à 25 mM de glucose et [peptide C] pour les sujets avec sécrétion des cellules bêta modérée
De Filippis et al. (2006)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	↑ élimination du glucose (par kg de masse maigre)
DiPietro et al. (1998)	<i>OGTT</i>	↑ élimination du glucose ↓ aire sous la courbe du glucose, principalement dans la 2 ^e heure suivant l'ingestion et pour les sujets intolérants au glucose
Giannopoulou et al. (2005a)	Test après un repas	↑ SI pour groupes diète, exercice et diète + exercice ↓ aire sous la courbe du glucose pour groupes diète et diète + exercice ↓ aire sous la courbe d'insuline groupe exercice et diète + exercice
Middlebrooke et al. (2006)	<i>ITT</i>	=
Ostergard et al. (2006)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	↑ entrée du glucose
	<i>OGTT</i>	=
Perseghin et al. (1996)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	↑ élimination du glucose pour groupes avec et sans histoire familiale de DT2
Poirier et al. (2002)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	↑ SI par kg de masse et de masse maigre (et ajusté pour l'insuline) pour le groupe non-obèse
Swartz et al. (2003)	<i>OGTT</i>	↓ glycémie 2 heures post-charge et aire sous la courbe du glucose
Yokoyama et al. (2004)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	↑ SI dans groupe diète + exercice (et pas dans groupe diète seule)

Contrairement à la majorité des études qui rapportent des améliorations du contrôle glycémique, l'étude de Middlebrooke et al. (2006) fait figure d'exception tel que mentionné

précédemment. Aucune caractéristique de l'intervention ne semble à première vue expliquer son absence d'effet sur le métabolisme glucidique. Certains résultats de l'étude menée par Ostergard et al. (2006) pourraient toutefois aider à comprendre l'absence de modification suite à l'intervention de Middlebrooke et al. (2006). En effet, Ostergard et al. (2006) ont rapporté qu'une augmentation de la puissance aérobie était positivement associée à une plus grande entrée du glucose stimulée par l'insuline. Des dix études ayant documenté à la fois la puissance aérobie et des paramètres de la mesure du contrôle glycémique et de la SI avec apport de substance externe (Boudou et al., 2000; Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Dela et al., 2004; DiPietro et al., 1998; Giannopoulou et al., 2005a; Middlebrooke et al., 2006; Ostergard et al., 2006; Perseghin et al., 1996; Poirier et al., 2002), seulement deux n'ont pas mesuré d'amélioration de la puissance aérobie et l'étude de Middlebrooke et al. (2006) est l'une d'entre elles. Soulignons de plus que l'étude de Middlebrooke et al. (2006) est la seule à avoir utilisé un test de tolérance à l'insuline et tel que documenté dans l'étude de Ostergard et al. (2006) (Tableau VI, p.41), la réponse peut différer selon le test utilisé. En résumé, les connaissances actuelles suggèrent que les modifications de la SI des personnes DT2 seraient similaires ou plus importantes que celles des personnes non diabétiques. De plus, moins le surplus de masse et les dommages aux cellules β sont importants, plus les améliorations seraient facilitées.

Par ailleurs, deux groupes de chercheurs ont étudié l'effet d'un programme d'entraînement aérobie seul et combiné à une intervention nutritionnelle sur le contrôle glycémique. Dans l'étude de Yokoyama et al. (2004), la combinaison nutrition et exercice s'est avérée plus efficace que la diète seule pour améliorer la SI. Ces résultats n'ont cependant pas été reproduits par Giannopoulou et al. (2005a) qui ont pour leur part documenté une augmentation de la SI pour les groupes soumis à une intervention nutritionnelle seule, une intervention exercice seule ou une combinaison des deux. Selon les interventions, il se pourrait que les mécanismes par lesquels la SI s'améliore diffèrent. En effet, les deux groupes prenant part à une intervention nutritionnelle ont vu l'aire sous la courbe du glucose diminuer alors que les deux groupes ayant une intervention en AP ont eu une sécrétion moindre d'insuline suite au repas. Théoriquement, combiner les deux interventions pourrait présenter le double avantage de diminuer la glycémie tout en sollicitant moins les cellules β du pancréas.

Certaines études ayant documenté une augmentation de l'élimination du glucose lors du clamp après un programme d'entraînement aérobic ont mesuré d'autres variables permettant de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans cette amélioration du contrôle glycémique. Tout d'abord, il a été rapporté que l'expression des transporteurs du glucose, les GLUT-4, était plus importante suite à l'intervention (Christ-Roberts et al., 2004), ce qui peut faciliter l'entrée du glucose dans les cellules. Puisque les GLUT-4 fonctionnent dans le sens du gradient de concentration, il est important que le glucose intracellulaire soit rapidement dégradé ou mis en réserve sous une autre forme. Considérant que le glucose est un substrat énergétique important de l'activité musculaire, être actif physiquement peut en soi aider à dégrader le glucose intracellulaire. En plus d'augmenter sa dégradation, l'exercice joue un rôle dans la mise en réserve du glucose. En effet, Perseghin et al. (1996) ont mesuré une augmentation de la synthèse du glycogène et Christ-Roberts et al. (2004) ont rapporté que la glycogène synthase était plus active après l'intervention, ce qui facilite la transformation du glucose en glycogène. La seule variable qui ne semble pas favoriser une amélioration du contrôle glycémique est la diminution de l'activité du substrat du récepteur à l'insuline (IRS-1) après l'intervention dans l'étude de Christ-Roberts et al. (2004). Cependant, on peut difficilement conclure que le transport du glucose stimulé par l'insuline est diminué ne sachant pas ce qu'il advient de la quantité de ce substrat du récepteurs à l'insuline. Finalement, un changement positif dans la cascade de signalisation de l'insuline a été mesuré, soit une augmentation de l'expression de la protéine kinase B impliquée dans la translocation des GLUT-4 (Christ-Roberts et al., 2004). Ce changement pourrait contribuer à l'augmentation de l'entrée du glucose lors du clamp.

6.2 Contrôle glycémique – Programmes d'entraînement musculaire

Tout comme pour les programmes d'entraînement aérobic, des améliorations de la glycémie à jeun ont été documentées suite à certains programmes d'entraînement musculaire (Tableau VII, p.46). Dunstan et al. (1998) rapportent qu'en plus d'avoir une diminution de la glycémie à jeun lors de l'évaluation après l'intervention, les glycémies quotidiennes mesurées par les sujets étaient diminuées après l'entraînement et dans la journée suivant l'entraînement. Cette étude s'avère être la plus courte à avoir documenté une diminution de la glycémie, soit après seulement huit semaines d'intervention.

Lorsque combiné à une intervention nutritionnelle, un programme de musculation s'est avéré plus bénéfique qu'un programme de flexibilité pour diminuer la glycémie (Dunstan et al., 2002). Cependant, une étude du même groupe a démontré que lorsque l'entraînement se poursuit pendant six mois à domicile, aucun bénéfice supplémentaire n'en est retiré du point de vue du contrôle glycémique. Les auteurs ont même rapporté une augmentation de l'HbA1c (Dunstan et al., 2005). Dans le but de continuer à améliorer ou du moins de maintenir les acquis, un compromis entre l'entraînement dans le milieu de recherche et celui à domicile pourrait être d'opter pour un entraînement en salle de conditionnement physique disponible dans la communauté. En effet, Dunstan et al. (2006) ont mesuré une glycémie toujours plus basse qu'avant l'intervention après le programme d'entraînement en salle d'entraînement dans la communauté (phase deux) ainsi qu'une insulïnémie plus basse qu'au début de la phase deux. De plus, les auteurs ont rapporté un maintien de l'HbA1c mesurée après deux mois de la phase deux de l'intervention et même une augmentation de l'indice de SI pendant la phase deux de l'intervention au-delà des valeurs mesurées après les deux premiers mois de la phase un (voir Annexe B pour le détail des études).

Des 11 études ayant documenté l'insulïnémie à jeun, seuls Dunstan et al. (2006) ont mesuré une diminution de cette variable après 14 mois d'entraînement. Cette intervention est la plus longue où l'insulïnémie a été mesurée, ce qui peut laisser présager que les modifications de l'insulïnémie puissent nécessiter une intervention plus longue pour être notables. Avec en plus une diminution de la glycémie à jeun après 14 mois, il ne fut pas surprenant que l'indice de RI soit diminué et ce, pour la période d'entraînement réalisée en salle d'entraînement (phase 2). Considérant l'assiduité à ce programme, qui était plus basse pendant la deuxième phase par rapport à la première phase d'entraînement au centre de recherche (Dunstan et al., 2006), il faut noter qu'une assiduité plus basse ne signifie pas automatiquement une absence de bénéfices pour le contrôle glycémique. En effet, Dunstan et al. (2006) ont démontré que l'insulïnémie était toujours plus basse après l'entraînement en salle dans la communauté.

Alors que l'entraînement musculaire a peu ou pas d'impacts sur l'insulïnémie à jeun, les résultats du groupe de Daly et al. (2005) démontrent qu'une intervention nutritionnelle seule diminuerait l'insulïnémie alors que cette dernière serait seulement maintenue dans le groupe suivant les mêmes recommandations nutritionnelles et s'entraînant en

musculature. Ce résultat quelque peu surprenant doit cependant être considéré de pair avec les changements de la médication effectués en cours de programme. En effet, un nombre plus important de sujets ont diminué leur prise d'hypoglycémisants oraux dans le groupe réduction de la masse et entraînement alors que plus de sujets ont augmenté leur médication hypoglycémisante dans le groupe réduction de la masse seule (Daly et al., 2005). Possiblement que la médication, qui est habituellement modifiée pour assurer une glycémie adéquate, a pu induire des changements de l'insulinémie.

Tel que mentionné précédemment, Dunstan et al. (2006) ont rapporté une diminution de la RI et ce, en utilisant le modèle *HOMA*. La seule autre étude ayant mesuré une diminution de l'indice de RI après un entraînement en musculature est celle de Brooks et al. (2007). Ces derniers ont calculé que l'augmentation de l'aire de la section transverse des fibres de type 1 était associée à un meilleur indice de SI. Dans le même ordre d'idée, les changements de l'HbA1c étaient négativement corrélés avec les changements de la masse maigre et musculaire (Castaneda et al., 2002) et avec la section transverse des extenseurs du genou après l'intervention (Fenicchia et al., 2004). Ainsi, une augmentation de la section transverse d'un type de fibre musculaire défini ou de la masse musculaire en général serait associée à un meilleur contrôle glycémique.

Selon les études, les modifications de la glycémie ne concordent pas toujours avec les changements de l'HbA1c. Tel que mentionné précédemment, Dunstan et al. (1998) ont mesuré des diminutions de la glycémie à divers moments sans que l'HbA1c ne soit pour sa part modifiée. C'est d'ailleurs ce qui fut rapporté dans l'étude d'Ibanez et al. (2005). À l'opposé, Brooks et al. (2007) ont mesuré une diminution significative de l'HbA1c dans le groupe entraîné par rapport au groupe témoin sans pour autant que la glycémie à jeun ne soit modifiée. Et alors que la glycémie à jeun n'était pas modifiée pour les sujets prenant part au programme de Dunstan et al. (2006), l'HbA1c a augmenté dans la phase d'entraînement à domicile. Bien que certaines études démontrent que ces deux paramètres changent dans la même direction (Tableau VII, 46), les résultats contradictoires justifient la mesure à la fois de la glycémie à jeun et de l'HbA1c si l'on veut bien documenter les modifications du contrôle glycémique.

Parmi les études ayant rapporté des améliorations de la glycémie à jeun, deux ont aussi documenté une meilleure réponse lors des tests avec apport externe. Avec un échantillon d'hommes DT2, la SI fut améliorée par rapport au niveau de départ suite au programme

de 16 semaines d'Ibanez et al. (2005) (Tableau VIII, p.47). Par ailleurs, les aires sous la courbe de la glycémie et de l'insulinémie étaient plus basses après une surcharge glucidique pour les sujets ayant pris part au programme de huit semaines de Dunstan et al. (1998) alors que ces aires ont augmenté après la même période pour le groupe non-entraîné. Cette détérioration du contrôle glucidique documentée après aussi peu que huit semaines donne encore plus d'importance à l'amélioration des paramètres de SI documentés, indiquant que l'entraînement musculaire permettrait non seulement de stabiliser, mais également d'améliorer la SI.

Tableau VII : Paramètres du contrôle glycémique (tests sans apport externe) et programmes d'entraînement musculaire

	Glycémie à jeun	Insulinémie à jeun	Peptide C	HOMA _{RI}	HbA1c
Brooks et al. (2007)	=	=		↓ ‡	↓ ‡
Castaneda et al. (2002)	=				↓ ‡
Colberg et al. (2006)	=	=		=	=
Daly et al. (2005)		=			P1 : ↓ ‡ § P2 : =
Dunstan et al. (1998)	↓ ‡	=			=
Dunstan et al. (2002)	↓ ‡	=		=	↓ ‡
Dunstan et al. (2005)	P1 : ↓ ‡ § P2 : =	P1 : = § P2 : =		P1 : = § P2 : =	P1 : ↓ ‡ § P2 : ↑ ‡
Dunstan et al. (2006)	↓ ‡	↓ ‡		↓ ‡	↓ ‡
Eriksson et al. (1997)	=				↓
Fenicchia et al. (2004)	=	=			
Herriott et al. (2004)	=				=
Holten et al. (2004)	=	=	=		
Honkola et al. (1997)					=
Ibanez et al. (2005)	↓				=
Ishii et al. (1998)		=			=
Ryan et al. (2001)	=	=			

‡ : Différence significative pour certains groupes et/ou temps de mesure (se référer à l'Annexe B pour plus de détails); § : Ces résultats sont rapportés dans l'étude de Dunstan et al. (2002); P = phase

Alors que la majorité des interventions ont été associées à peu de changements tels que mesuré par les tests sans apport externe (Tableau VII, p.46), il ne faut pas nécessairement en conclure que ces programmes ne sont pas efficaces. En effet, les tests avec apport externe ont permis de démontrer que la pointe de glycémie était diminuée lors d'un OGTT pour les sujets DT2 après 18 séances de musculation réparties sur six semaines alors qu'aucun changement n'était mesuré pour les tests sans apport

externe rapportés au Tableau VII, p.46 (Fenicchia et al., 2004). Dans le même ordre d'idée, Ibanez et al. (2005) ont mesuré une augmentation de la SI à l'aide du test d'IVGTT dans un groupe d'hommes récemment diagnostiqués DT2 et ce, après un entraînement musculaire caractérisé par une exécution explosive. Finalement, Ishii et al. (1998) ont rapporté que l'élimination du glucose lors du clamp était augmentée après quatre à six semaines d'entraînement combiné à une diète contrôlée et ce, chez des patients DT2 hospitalisés pour la durée de l'intervention. Le groupe témoin de cette étude, soumis seulement à la portion diète de l'intervention, n'a pour sa part pas eu d'amélioration de la SI et du contrôle glycémique, démontrant l'intérêt de combiner à la diète un entraînement musculaire pour optimiser le contrôle glycémique.

Tableau VIII : Modifications du contrôle glycémique (test avec apport externe) et programme d'entraînement musculaire

	Test	Résultat
Dunstan et al. (1998)	OGTT	Groupe intervention : ↓ aire sous la courbe de la glycémie et de l'insulinémie Groupe témoin : ↑ aire sous la courbe de la glycémie et de l'insulinémie
Fenicchia et al. (2004)	OGTT	Groupe DT2 : ↓ pointe de glycémie Groupe non-DT2 : =
Holten et al. (2004)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	Groupes DT2 et témoin : ↑ élimination du glucose dans la jambe entraînée pendant la 2 ^e phase du clamp
Ibanez et al. (2005)	IVGTT	↑ SI
Ishii et al. (1998)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	Groupe intervention : ↑ taux d'élimination du glucose Groupe témoin non entraîné : =
Ryan et al. (2001)	Clamp euglycémique-hyperinsulinémique	70% des hommes (7/10) et 50 % des femmes (4/8) ont amélioré leur utilisation du glucose, mais pas de différence significative

Avec des interventions ayant positivement modifié le contrôle glycémique des personnes DT2, Fenicchia et al. (2004) n'ont pour leur part documenté aucune modification du contrôle glycémique des sujets non-DT2 alors qu'Holten et al. (2004) ont mesuré des améliorations tant pour les sujets avec que sans DT2. Les différents tests utilisés dans ces deux études, soient l'OGTT pour la première et le clamp pour la deuxième, pourraient peut-être expliquer cette divergence dans les résultats. Bien que cette explication ne soit que spéculative, il a été démontré dans l'étude d'Ostergard et al. (2006) qu'aucun changement n'était documenté après un programme d'entraînement aérobie pour l'OGTT alors que le clamp révélait des adaptations positives à la suite de l'intervention. D'autres

études devront être réalisées pour confirmer ou infirmer cette hypothèse dans un contexte d'entraînement musculaire pour différents sous-groupes de sujets.

Avec une intervention quelque peu particulière, Holten et al. (2004) ont démontré que les améliorations du contrôle glycémique suite à l'entraînement musculaire étaient présentes seulement dans la région sollicitée. Après avoir entraîné une seule jambe pendant six semaines, l'élimination du glucose était significativement plus importante dans la jambe entraînée que dans la jambe non-entraînée. Ils ont d'ailleurs rapporté que le contenu en protéines du récepteur à l'insuline, de même que des intermédiaires de la cascade de signalisation de l'insuline ainsi que le contenu et l'activité de la glycogène synthase étaient augmentés après l'intervention dans la jambe entraînée par rapport à la jambe non entraînée. Et alors que la majorité du glucose entre dans les cellules via les GLUT-4, une augmentation de la densité des GLUT-4 dans la jambe entraînée a été rapportée, augmentation atteignant le seuil de signification pour les sujets DT2. Ces adaptations locales, permettant une meilleure entrée et une mise en réserve plus importante du glucose, pourraient justifier qu'à l'intérieur d'un même programme les différents groupes musculaires des membres supérieurs, inférieurs et du tronc soient sollicités afin d'optimiser les améliorations du contrôle glycémique.

En terminant, notons qu'une seule étude, soit celle de Ryan et al. (2001), n'a pas rapporté d'améliorations de l'ensemble des paramètres du contrôle glycémique. Bien que onze participants sur 18 aient amélioré leur utilisation du glucose lors du clamp, l'augmentation de la SI et l'utilisation du glucose n'ont pas atteint le seuil de signification. Possiblement qu'un échantillon plus grand aurait permis de démontrer l'efficacité du programme. Cette étude a toutefois permis de démontrer que l'amélioration de la SI était fonction du niveau initial. En effet, une corrélation négative ($r = -0,53$; $p < 0,05$) fut mesurée entre l'utilisation initiale du glucose et le changement de l'utilisation du glucose lors du clamp (Ryan et al., 2001).

6.3 Contrôle glycémique - Comparaison et combinaison des modalités d'intervention

Les études résumées à l'Annexe C permettent de comparer l'impact des modalités sur le contrôle glycémique. En ce qui a trait aux mesures sans apport externe, Cauza et al. (2005a) ont rapporté que la glycémie et l'insulinémie à jeun, la RI et l'HbA1c diminuaient

significativement plus dans le groupe effectuant des exercices musculaires par rapport au groupe entraîné sur bicyclette. L'étude de Smutok et al. (1993) tend aussi à donner un avantage à l'entraînement musculaire puisque ce n'est que dans ce groupe et non dans celui entraîné à la marche/course que l'insulinémie a diminué. Dans le même ordre d'idées, le groupe de Cauza et al. (2005b) a démontré en utilisant une mesure en continu de la glycémie que, bien que la glycémie moyenne diminuait lorsque les groupes entraînement musculaire et aérobie étaient considérés comme un seul groupe, seul le groupe entraînement musculaire avait une glycémie moyenne diminuée lorsque les groupes étaient séparés selon la modalité d'intervention. Il faut toutefois souligner que le groupe entraîné suivant le programme musculaire avait une glycémie moyenne plus élevée avant l'intervention, ce qui a pu potentialiser l'effet du programme. Avec une diminution de la glycémie moyenne, qui atteint dans un cas le seuil de signification alors qu'elle n'est pas significative dans l'autre groupe, qu'en est-il de l'HbA1c ? Les auteurs ont rapporté une diminution entre cinq et sept pour cent n'atteignant pas le seuil de signification dans aucun des groupes.

Alors que Cauza et al. (2005a et 2005b) ont noté après 17 semaines certaines améliorations de la glycémie à jeun et même des différences entre les modalités d'entraînement, d'autres ont documenté un maintien de ce paramètre et ce, pour les deux modalités d'entraînement. En effet, aucune modification de la glycémie à jeun ne fut rapportée par Eriksson et al. (1998) et Smutok et al. (1993) après des interventions de respectivement 10 et 20 semaines. Il ne faut cependant pas croire qu'aucun changement du contrôle glycémique n'a eu lieu suite aux interventions. Utilisant un test d'OGTT, Smutok et al. (1993) ont en effet documenté que la glycémie 90 et 120 minutes après l'ingestion de glucose était diminuée pour les groupes suivant un entraînement musculaire ou aérobie et ce, par rapport au groupe témoin. D'une part, notons que le groupe suivant le programme aérobie diminuait l'aire sous la courbe de l'insuline et que la valeur d'insulinémie maximale arrivait plus tôt après l'ingestion de la surcharge glucidique. D'autre part, les sujets du programme musculaire avaient aussi une valeur maximale d'insulinémie qui survenait plus tôt lors de l'OGTT, mais alors que l'aire sous la courbe de l'insuline n'a pas été modifiée, la glycémie 60 minutes après l'ingestion du glucose exogène était significativement plus basse. La seule autre étude ayant comparé les modalités et utilisé un test avec apport externe a été réalisée par Eriksson et al. (1998). Suite à un test de tolérance au glucose intraveineux, ils ont rapporté que les sujets suivant le programme d'entraînement aérobie diminuaient leur sécrétion d'insuline alors que ceux

suivant le programme d'exercices musculaires augmentaient leur élimination du glucose. Ces résultats de Smutok et al. (1993) et d'Eriksson et al. (1998) semblent suggérer qu'il y a une différence dans les mécanismes impliqués dans la diminution de la glycémie selon le type d'effort réalisé à l'entraînement, d'où l'intérêt potentiel de combiner les deux modalités.

Jusqu'à tout récemment, aucune étude ne permettait de confirmer que le contrôle glycémique est optimisé en combinant les modalités. Alors que les programmes combinés rapportent des améliorations de la glycémie à jeun, de l'insulinémie à jeun, de l'HbA1c, de l'aire sous la courbe du glucose lors de l'OGTT et de l'infusion de glucose lors du clamp (Annexe D), Cuff et al. (2003) et Sigal et al. (2007) étaient les seuls à avoir comparé une intervention combinant les deux modalités à un programme d'entraînement aérobic. Cuff et al. (2003) n'ont rapporté aucune différence significative entre les groupes (entraînement combiné vs entraînement aérobic). Pour leur part, Sigal et al. (2007) ont documenté que l'HbA1c diminuait significativement plus lorsque les sujets DT2 prenaient part au programme combiné et ce, par rapport aux programmes ayant une seule modalité d'entraînement (aérobic ou musculaire). Une réduction supplémentaire d'environ 0,5 point de pourcentage était en effet documentée pour l'entraînement combiné. De plus, ils ont démontré que la combinaison des modalités permettait aux sujets DT2 ayant une HbA1c plus basse au départ de diminuer celle-ci alors que les entraînements avec une seule modalité ne modifiaient en rien ce paramètre dans ce groupe de patients bien contrôlés. Il faut cependant noter que le volume d'entraînement était supérieur dans le programme combiné, puisque les sujets de ce groupe effectuaient non pas la moitié des deux programmes mais bien chacun de ceux-ci. Ce volume plus important pourrait d'ailleurs causer cette réduction plus considérable. Mais comme le note les auteurs, il pourrait être plus facile de faire faire à des sujets DT2 90 minutes d'un programme combiné que 90 minutes d'activités aérobies ou d'exercices musculaires. D'autres études seront nécessaires pour déterminer si, à volume égal, la combinaison des modalités a toujours un effet plus important sur le contrôle glycémique.

7 Composition corporelle

Considérant que l'augmentation de la prévalence du diabète est reliée à l'augmentation importante de la surcharge pondérale (Hussain et al., sous presse), il n'est pas surprenant que trois personnes diabétiques sur quatre aient une surcharge pondérale (Santé Canada,

2002). Cependant, toutes les personnes obèses ne sont pas RI et toutes les personnes avec une masse corporelle normale ne sont pas SI (McLaughlin et al., 2004); d'autres facteurs, telle la localisation du tissu adipeux, sont à considérer. Comportant plus de récepteurs β -adrénergiques que le tissu adipeux sous-cutané, le gras viscéral a aussi une capacité de lipolyse⁸ élevée et une sensibilité à l'effet antilipolytique de l'insuline plus basse (Montague et al., 2000). C'est donc dire que pour une même quantité de graisse corporelle, un individu qui a plus de graisse viscérale libérera plus d'acides gras libres (AGL) en circulation. Tel qu'expliqué en détail à la section 8.0 Profil lipidique, les AGL peuvent contribuer à augmenter la RI. Considérant que le tissu adipeux non-viscéral est plus SI que le tissu viscéral, la présence en grande quantité des AGL en circulation pourrait diminuer la SI. Par le fait même, il pourrait en résulter une diminution du stockage des AGL dans le tissu adipeux non-viscéral qui séquestre très bien les lipides. Il faut souligner qu'outre les AGL, certains facteurs tels le tabagisme, une prédisposition génétique et une réponse inadéquate au stress pourraient aussi favoriser un stockage des graisses de façon plus importante près des viscères que sous la peau (Despres et al., 2006).

Pour étudier les modifications de la masse, de la composition corporelle (masse grasse ou maigre) et de la répartition de la masse grasse (centrale vs périphérique et sous-cutanée vs viscérale), différentes techniques sont utilisées (Heyward et al., 2004). Les plus simples consistent à utiliser une balance et une toise pour mesurer la masse et la taille pour ensuite calculer l'indice de masse corporelle (IMC en kg/m^2) ou le ruban à mesurer afin de déterminer différentes circonférences telles celles de la taille et des hanches. Afin d'estimer la masse grasse, on peut utiliser les pinces anthropométriques pour mesurer l'épaisseur du tissu adipeux sous-cutané et estimer le pourcentage de gras à partir de formules de prédiction. D'autres techniques déterminent le pourcentage de gras à partir de la bioimpédance, de la pesée hydrostatique ou de la pléthysmographie à déplacement d'air. Ces techniques, bien que sophistiquées, ne permettent cependant pas l'identification de la localisation de la masse grasse. Pour ce faire, l'ostéodensitométrie présente l'avantage de segmenter la masse grasse, la masse maigre non-osseuse et la masse osseuse de différentes régions corporelles. Finalement, les techniques de mesure par imagerie comme la tomographie axiale et la résonance magnétique permettent de

⁸ Selon l'Office québécois de la langue française, lipolyse correspond à l' « hydrolyse des triglycérides en acides gras, glycérols et glycérides partiels ».

quantifier différents tissus (maigre, osseux et adipeux) et de localiser entre autres la masse grasse (sous-cutanée vs viscérale) pour une région donnée.

7.1 Composition corporelle – Programme d'entraînement aérobic

Des 27 études ayant documenté les modifications de la masse corporelle ou de l'IMC suite à l'entraînement, huit ont rapporté une diminution d'au moins un des deux paramètres (Tableau IX, p.54). La DTEP minimale associée à une modification significative de ces paramètres est de 1080 minutes (Poirier et al., 2002). Par ailleurs, la supervision des séances semble, tout comme pour le contrôle glycémique, favoriser un meilleur effet du traitement. Par exemple, dans l'étude d'Alam et al. (2004), la masse a diminué seulement dans le groupe avec un entraînement supervisé. Cependant, il n'est pas exclu que des programmes non supervisés soient associés à des améliorations. Miyatake et al. (2002) ont effectivement documenté une diminution de la masse corporelle après un programme de marche d'un an. Cependant, il faut souligner que les participants à ce programme devaient maintenir leur apport calorique. Ainsi, l'ajout d'une restriction calorique serait possiblement à préconiser pour optimiser les effets de l'entraînement. En ce sens, l'étude de Giannopoulou et al. (2005a) suggère qu'une intervention de 14 semaines basée sur l'exercice seul ne modifie pas la masse. Cependant, l'ajout d'une intervention nutritionnelle permettrait d'obtenir des résultats similaires à ceux d'une intervention nutritionnelle seule. Ces résultats ont été partiellement corroborés par l'étude de Wing et al. (1998). En effet, la masse a diminué significativement plus pour les groupes diète et diète + exercice que pour le groupe exercice après les premiers six mois et ce, bien qu'une diminution ait aussi été mesurée pour le groupe exercice. De plus, combiner la diète à l'exercice permet de réduire la reprise de la masse perdue après les six premiers mois d'intervention. En effet, après les deux années d'intervention, la réduction de la masse aura été plus importante pour le groupe ayant combiné la diète à l'activité physique que pour les groupes diète ou exercice seuls (Wing et al. 1998).

Certaines caractéristiques semblent moduler la réponse aux programmes d'entraînement aérobic. Ainsi, pour un même programme d'entraînement, les individus avec une histoire familiale de DT2 diminuaient plus facilement leur masse corporelle que ceux sans histoire familiale (Ostergard et al., 2006). De plus, les individus DT2 ayant pris part au programme de Walker et al. (1999) ont significativement diminué leur masse sans qu'aucun changement ne soit noté pour les individus normo-glycémiques. Il est à noter que, dans

ces deux études, les deux groupes avaient des masses et des IMC similaires. Pour expliquer la différence de réponse, Walker et al. (1999) ont avancé que des changements pathologiques associés au diabète (ex. : modifications de la vascularisation, des fibres musculaires et de la composition des fibres musculaires) pourraient diminuer l'efficacité mécanique et ainsi, induire une dépense énergétique plus importante pour une intervention donnée. Il faut toutefois souligner que plusieurs autres facteurs tels le genre, l'âge, le niveau de condition physique, les habiletés, la morphologie, la fréquence de mouvement, la force musculaire, le type d'activité pratiquée et le type de fibres musculaires recrutées peuvent diminuer l'efficacité mécanique (Hoff et al., 2007; Perrault, 2006; Smith et al., 2006) et contribuer à augmenter la dépense énergétique.

Lorsque la masse ou l'IMC a diminué, ces changements étaient accompagnés selon les études d'une diminution de la circonférence de la taille, de la circonférence des hanches, du ratio taille/hanches, de la masse grasse ou du pourcentage de gras total, de la masse grasse tronculaire, de la masse grasse abdominale totale, de la masse grasse abdominale sous-cutanée et de la masse grasse abdominale viscérale (Tableau IX, p.54 et Annexe A). Une seule étude a documenté une augmentation du pourcentage de gras alors que la masse corporelle a diminué et ce, pour les sujets DT2 obèses et lorsque l'ensemble des sujets DT2 était considéré (Poirier et al., 2002). Ce résultat contradictoire à première vue s'expliquerait par une diminution de la masse maigre suite à l'entraînement sur bicyclette stationnaire (Poirier et al., 2002). Alors qu'on peut se demander si les participants de cette étude n'ont pas diminué leur apport calorique, ce qui aurait pu expliquer la diminution de la masse maigre, les auteurs rapportent qu'aucune modification de l'apport calorique n'a été mesurée sans toutefois discuter des causes pouvant expliquer ce résultat.

Cette diminution de la masse maigre observable seulement chez les DT2 obèses (% gras > 30 %) et non chez les DT2 non-obèses (% gras \leq 25 %) de l'étude de Poirier et al. (2002) constitue une première différence dans la réponse des personnes DT2 pour ce qui est de la composition corporelle. Une autre différence dans la réponse a été relevée par Walker et al. (1999). Ces auteurs ont en effet démontré que la masse adipeuse du haut du corps et du tronc, qui était similaire dans les deux groupes, diminuait dans le groupe DT2 et ce, alors que ces paramètres augmentaient pour le groupe de participants normoglycémiques. Les analyses ont révélé que les changements mesurés étaient significativement différents entre les deux groupes de sujets. Cette observation pourrait possiblement s'expliquer de la même façon que pour la diminution de la masse plus importante lorsque la maladie est présente, à savoir que les individus DT2 sont moins efficaces et dépensent donc plus d'énergie pour une intervention donnée que les normoglycémiques. Notons toutefois qu'il ne semble pas y avoir consensus sur ce point puisqu'autant les individus avec ou sans DT2 avaient une diminution du pourcentage de gras après l'intervention dans l'étude de Holton et al. (2003).

Plusieurs interventions n'ont pas modifié la masse ou l'IMC et il ne semble pas que la DTEP en soit particulièrement la cause. En effet, des programmes avec des DTEP aussi élevées que 2 430 (Lehmann et al., 1995) et 2 520 minutes (Dasgupta et al., 2006) n'ont pas été associés à une diminution de la masse. Soulignons que l'étude de Fritz et al. (2006a) a permis d'établir qu'un minimum d'assiduité au programme d'entraînement était nécessaire pour avoir des effets significatifs. En effet, alors qu'aucun changement n'a été mesuré lorsque l'ensemble des sujets était considéré, une diminution significative de l'IMC a été calculée en considérant seulement les sujets ayant pris part à au moins 80 % du programme (environ 1 725 des 2 160 minutes prévues). Bien qu'aucun changement de la masse ou de l'IMC ne soit noté suite à plusieurs programmes d'entraînement aérobie, il n'en demeure pas moins possible de mesurer des modifications de la répartition de la masse et de la composition corporelle. En effet, des diminutions de la circonférence de la taille (Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002), du ratio taille/hanches (Lehmann et al., 1995 et 2001), de la masse grasse totale (Holton et al., 2003; Lehmann et al., 2001), du pourcentage de graisse (Holton et al., 2003; Lehmann et al., 1995), de la graisse tronculaire viscérale et sous-cutanée (Boudou et al., 2000 et 2001) ont été rapportées suite à des interventions n'ayant pas modifié la masse significativement. Les études de Giannopoulou et al. (2005a et 2005b) constituent un exemple où le groupe exercice n'a pas eu de modification de la masse, ni de la masse grasse totale alors que

les groupes soumis à une diète combinée ou non à l'AP ont significativement diminué ces paramètres. Les tests de tomographie axiale ont toutefois révélé que le tissu adipeux abdominal total et sous-cutané diminuait dans les trois groupes. De plus, le tissu adipeux viscéral diminuait que dans les groupes avec exercice, combiné ou non à la diète. Par ailleurs, si la masse totale est maintenue et que la masse grasse diminue, il est fort probable que la masse maigre augmente. Bien qu'une seule étude ait directement mesuré les modifications de la masse maigre, celle-ci va en ce sens (Lehmann et al., 1995).

Parmi ces études où des modifications de la répartition et de la composition corporelle ont été mesurées sans changement de la masse, deux ont documenté la composition corporelle dans les mois suivant la fin de l'intervention. Deux mois post-intervention, le tour de taille était toujours plus bas qu'avant l'intervention (Tudor-Locke et al., 2002) et trois mois post-intervention, le ratio taille/hanches et le % de gras était toujours plus bas qu'au début de l'étude (Lehmann et al., 1995). Selon ces études, le maintien des acquis s'avère donc possible. Puisque le niveau de pratique d'AP demeurait élevé dans les mois suivant ces deux interventions (Tudor-Locke et al., 2002; Lehmann et al., 1995), il est fort probable que de demeurer actif a contribué au maintien des acquis.

Pour conclure sur les adaptations de la composition corporelle suite à l'entraînement aérobie, notons que les sujets avec une histoire familiale de DT2 impliqués dans le programme de Swartz et al. (2003) ont vu leur masse augmentée suite à l'intervention. Il faut souligner que l'intervention suivait une période de référence de quatre semaines afin que chaque sujet soit son propre témoin. C'est lors de ces quatre semaines que la majorité de la masse semble avoir été prise. En effet, les sujets ont pris 0,8 kg entre le moment de la mesure initiale et la fin de la période de référence et 0,3 kg entre la fin de la période de référence et la fin de l'intervention (Swartz et al., 2003). Notons que malgré ces augmentations de la masse, aucun changement significatif dans les apports et la dépense calorique n'ont été mesurés. Et considérant que la circonférence de taille et des hanches, le ratio taille/hanches et le pourcentage de gras n'ont pas été modifiés, il se pourrait que l'augmentation de la masse soit associée à une augmentation de la masse maigre. Cette piste d'explication ne peut cependant pas être confirmée puisque la masse maigre n'a pas été mesurée. En terminant, notons que des 29 études répertoriées, dix n'ont mesuré aucun changement, que ce soit pour la masse, la répartition ou la composition de celle-ci.

Certains auteurs ont tenté d'identifier quelles modifications induites par le programme étaient associées aux changements de la masse et de la composition corporelles. Ainsi, en lien avec les modifications de la pratique d'AP, il a été démontré que plus un sujet augmentait son nombre de pas quotidien, plus sa graisse viscérale diminuait (Miyatake et al., 2002). De la même manière, plus un sujet augmentait sa puissance aérobie, plus sa masse grasse tronculaire diminuait (Walker et al., 1999). Considérant que la RI diminue lorsque différents indices de la composition corporelle s'améliorent tels la masse, l'IMC, la circonférence de taille, le ratio taille/hanches, la surface de graisse sous-cutanée (Miyatake et al., 2002) et viscérale (Boudou et al., 2000; Giannopoulou et al., 2005a; Miyatake et al., 2002), on peut supposer qu'une partie des effets des interventions en AP sur la SI se fait via son impact sur la composition corporelle. Les analyses de régressions multiples réalisées dans le cadre de l'étude de Giannopoulou et al. (2005a) ont en effet fait ressortir que les modifications post-intervention de la graisse abdominale viscérale prédisaient les modifications de la SI alors que l'adiposité abdominale totale (graisse viscérale et sous-cutanée) n'avait pas cette valeur prédictive. Ce résultat est en lien avec les caractéristiques physiologiques du tissu adipeux viscéral mentionnées précédemment, soit que le gras localisé près des viscères est plus facilement mis en circulation et ainsi interfère de façon importante avec la SI.

Considérant que les individus DT2 sont aux prises avec une augmentation de la glycémie à jeun, il est intéressant de souligner que des modifications de la composition corporelle telles que la diminution de la masse grasse du haut du corps ont été associées à une diminution de la glycémie à jeun (Walker et al., 1999). En fait, les modifications de la graisse abdominale totale et du tissu adipeux sous-cutané se sont avérées être des indices indépendants des modifications de la glycémie à jeun (Giannopoulou et al., 2005b). Alors que les changements de la graisse abdominale totale et du tissu adipeux viscéral sont des indices indépendants de l'aire sous la courbe du glucose, seuls les changements du tissu adipeux viscéral sont associés à l'insulinémie à jeun et à l'aire sous la courbe de l'insuline (Giannopoulou et al., 2005b). De façon plus globale, diminuer sa masse pourrait même contribuer à prévenir le DT2. Il a en effet été démontré que sur une période de deux ans, la modification de la masse était le deuxième facteur prédisant le développement du DT2 chez des individus avec une histoire familiale de DT2, le premier facteur étant la présence d'intolérance au glucose au début de l'étude et le troisième l'augmentation de la puissance aérobie suite à l'intervention (Wing et al., 1998). Selon les

auteurs de cette étude, une réduction de la masse de 4,5 kg diminuait le risque de développer le DT2 de 31 % et 26 % respectivement pour les individus normoglycémiques et ceux intolérants au glucose au début de l'étude.

7.2 Composition corporelle - Programme d'entraînement musculaire

Des 13 études ayant documenté les modifications de la masse corporelle ou de l'IMC suite à un programme d'entraînement musculaire, seulement quatre ont rapporté une diminution d'au moins une de ces variables après l'intervention par rapport aux valeurs initiales (Daly et al., 2005; Dunstan et al., 1998; Dunstan et al., 2002; Dunstan et al., 2006) (Tableau X, p.60). Daly et al. (2005) ont mesuré une diminution moyenne de 2,7 kg de la masse après six mois d'un programme de musculation supervisé combiné à une restriction calorique. Par ailleurs, cette diminution était similaire à celle observée dans l'autre groupe prenant part seulement au plan alimentaire, indiquant que la diminution de la masse serait probablement attribuable plus à la diète qu'à l'exercice physique. En portant attention aux caractéristiques des autres programmes associés à une réduction de la masse, il s'avère que les interventions de Dunstan et al. (2005 et 2006) comprennent, en plus des exercices musculaires, des recommandations nutritionnelles (Annexe B). Seuls Dunstan et al. (1998) ont rapporté que la masse diminuait suite à un entraînement musculaire non combiné à une modification de l'alimentation. Ainsi, pour diminuer la masse ou l'IMC, l'ajout de recommandations nutritionnelles à l'entraînement musculaire pourrait être une stratégie à envisager.

L'absence de réduction de la masse des participants dans la majorité des programmes d'entraînement musculaire ne doit pas nécessairement être vue comme une inefficacité des programmes. En effet, bien qu'une diminution de la masse soit souvent souhaitée, il faut considérer que les patients du groupe témoin d'Honkola et al. (1997) ont pris en moyenne 1,7 kg en cinq mois. Ainsi, que le groupe intervention de cette étude n'ait pas eu de changement significatif de la masse est déjà un gain. Il s'est avéré que les changements de la masse entre les groupes intervention et témoin étaient significativement différents suite à l'intervention. En effet, les auteurs ont documenté des modifications de la masse de - 0,7 kg dans le groupe entraîné comparé à 1,7 kg dans le groupe témoin non-entraîné. Ainsi, l'entraînement musculaire pourrait être dans certains cas associé à une diminution significative de la masse (Dunstan et al., 1998), mais ce qui

semble plus certain, c'est que cette modalité d'entraînement est associé à un maintien de la masse corporelle.

Pour conclure sur le contrôle de la masse et de l'IMC, Daly et al. (2005) et Dunstan et al. (2005) ont rapporté que les participants avaient une augmentation de la masse pendant la deuxième phase de leur programme. Il faut savoir que cette phase était caractérisée par un entraînement à domicile supervisé de façon indirecte. Cependant, la masse après l'entraînement maison demeurait en deçà de celle mesurée au tout début de l'intervention. Ces résultats n'ont par contre pas été corroborés par l'étude de Dunstan et al. (2006). Dans celle-ci, les participants s'entraînant à domicile ou en centre dans la communauté continuaient de réduire leur masse corporelle. Une différence importante est à noter entre l'intervention de Dunstan et al. (2005) et celle de Dunstan et al. (2006). En fait, Dunstan et al. (2006) incluaient des séances mensuelles d'information en petit groupe portant sur les habitudes de vie (AP, nutrition et changements de comportement) pendant la deuxième phase. Celles-ci pourraient possiblement avoir motivé les participants à maintenir ou à adopter de saines habitudes alimentaires et ainsi contribuer à la diminution de la masse.

Tableau X : Composition corporelle - Programmes d'entraînement musculaire

	Masse corporelle	IMC	Circonférence	Ratio taille/hanches	Masse maigre	Masse grasse
Brandon et al. (2003)			= (cuisse)			↓ (plis cutanés de la cuisse)
Brooks et al. (2007)					↑ (totale) † = (jambes)	
Castaneda et al. (2002)	=	=	= (taille)		↑ (totale) = (région du corps)	↓ (tronc) = autres parties
Colberg et al. (2006)		=				↓ % †
Daly et al. (2005)	P1 : ↓ † P2 : ↑ †				= †	P1 : ↓ † P2 : ↑ †
Dunstan et al. (1998)	↓	↓	= (membres relaxés et contractés)	=		
Dunstan et al. (2002)	↓		↓ (taille)		↑ †	↓
Dunstan et al. (2005)	P1 : ↓ § P2 : ↑		P1 : ↓ (taille) § P2 : ↓ †		P1 : ↑ † § P2 : = †	P1 : ↓ § P2 : ↑
Dunstan et al. (2006)	↓		↓ †		P1 : ↑ † P2 : ↓	↓ †
Eriksson et al. (1997)	=	=	↓ (taille et hanches)			
Fenicchia et al. (2004)	=	=			↑ †	↓ †
Herriott et al. (2004)	=	=				
Holten et al. (2004)			↑ (cuisse) † ↑ (volume) †			
Honkola et al. (1997)	= †					
Ibanez et al. (2005)						↓ [Σ plis et % gras (% , viscéral et sous-cutané)]
Ishii et al. (1998)		=			=	= (%)
Ryan et al. (2001)					↑ (bras, jambe et totale)	

† : Différence significative pour certains groupes et/ou temps de mesure (se référer à l'Annexe B pour plus de détails); § : Information rapportée dans Dunstan et al. (2002); Σ : somme; P = phase

Bien que les modifications de la masse corporelle ou de l'IMC soient intéressantes en soi, la composition de la masse ainsi que sa localisation permettent de mieux apprécier l'impact des interventions. Dunstan et al. (2002) et Dunstan et al. (2004) ont documenté une diminution concomitante de la masse et de la circonférence de taille après un programme d'entraînement musculaire. Une perte de masse corporelle n'est cependant pas nécessaire pour que la circonférence de taille diminue significativement. À cet effet, Eriksson et al. (1997) ont mesuré que la circonférence de la taille et des hanches diminuait et ce, malgré une absence de modification de la masse corporelle. Puisque l'entraînement musculaire peut être associé à une hypertrophie musculaire, certains auteurs ont, en plus des mesures de la circonférence de la taille et des hanches, mesuré la circonférence de certains membres sollicités au cours de l'entraînement. Certains auteurs n'ont rapporté aucune modification suite à l'entraînement musculaire de paramètres tels la circonférence de la cuisse (Brandon et al., 2003) et les circonférences des membres supérieurs, du tronc et des membres inférieurs lorsque relaxés et contractés (Dunstan et al., 1998). Il n'en demeure pas moins possible de mesurer des changements après un programme d'entraînement musculaire. Utilisant deux indices similaires, soit la circonférence de la cuisse et le volume de la jambe mesuré par déplacement d'eau, Holten et al. (2004) ont rapporté que la circonférence augmentait chez les sujets DT2 et que le volume augmentait pour les sujets non-DT2. Notons que comparativement aux programmes d'entraînement utilisés dans les études de Brandon et al. (2003) et de Dunstan et al. (1998), l'intensité était supérieure dans l'intervention d'Holten et al. (2004), soit de 50 à 80 % de 1RM par rapport à 50 à 70 % et 50 à 55 % de 1RM.

Bien qu'une intensité plus élevée semble suggérer une plus grande hypertrophie des membres sollicités, il n'est pas possible d'identifier si la composition (masse grasse et maigre) a été modifiée dans ces segments puisqu'aucun test n'a été effectué dans ces trois études. Cependant, d'autres groupes ont documenté ces modifications. Tel que rapporté au Tableau X (p.60), l'entraînement musculaire a permis de maintenir ou d'augmenter la masse maigre totale, un gain atteignant jusqu'à 2,8 % de la masse maigre initiale totale (Fenicchia et al., 2004). Il est intéressant de noter que des améliorations ont aussi été rapportées lorsque l'entraînement musculaire était combiné à un programme de réduction de la masse (Dunstan et al., 2002). Ce dernier résultat n'a cependant pas été reproduit dans l'étude de Daly et al. (2005) où le groupe suivant un programme combinant réduction de la masse par l'alimentation et exercices musculaires a seulement maintenu sa masse maigre. Ce maintien est cependant un résultat intéressant en soi, considérant

que le groupe soumis au programme de réduction de la masse par la diète a diminué sa masse maigre.

Tel que spécifié précédemment, certains programmes d'entraînement musculaire rapportés à l'annexe B comprennent différentes phases. Dunstan et al. (2005) ont rapporté que la masse maigre était maintenue dans la deuxième phase du programme pour le groupe entraînement musculaire et restriction calorique alors qu'elle a diminué pour le groupe suivant un programme de flexibilité et de restriction calorique. Les sujets ne devaient suivre aucune consigne nutritionnelle lors de cette deuxième phase de l'intervention, contrairement à l'étude de Dunstan et al. (2006) où ils prenaient part à des rencontres sur les habitudes de vie incluant l'alimentation dans la deuxième phase de l'étude. L'inclusion de consignes nutritionnelles pourrait être l'un des facteurs expliquant la diminution de la masse maigre dans la deuxième phase d'intervention de l'étude de Dunstan et al. (2006). Et peu importe que la phase deux de l'intervention ait été effectuée à domicile ou dans un centre d'entraînement, la masse maigre a diminué significativement (Dunstan et al., 2006).

Dans l'étude de Ryan et al. (2001), les modifications de la masse maigre étaient similaires pour les hommes et les femmes dans un groupe composé de sujets normo-glycémiques et intolérants au glucose suite à un programme d'entraînement musculaire. Fennichia et al. (2004) ont pour leur part documenté une réponse différente selon que les participants avaient ou non le DT2. En effet, les sujets non-DT2 ont eu une augmentation significative de leur masse maigre alors qu'aucun changement n'a été rapporté pour les sujets DT2. Il est surprenant de constater que, malgré une augmentation de la masse maigre dans le groupe non-DT2, ce sont les sujets DT2 qui ont eu une augmentation plus importante de la force musculaire. Bien que ce résultat ne fasse l'objet d'aucune discussion de la part des auteurs, on pourrait supposer que les sujets DT2, qui avaient une masse maigre plus importante avant l'intervention, ont eu des adaptations qualitatives des muscles suite à l'entraînement alors que les sujets non-DT2 auraient eu plutôt des adaptations quantitatives. Holton et al. (2004) ont en effet rapporté que les sujets DT2 avaient une augmentation des GLUT-4 suite à l'entraînement musculaire alors que les sujets non-DT2 ne présentaient pas cette adaptation. Outre les modifications de la masse maigre, la masse grasse a diminué significativement seulement dans le groupe DT2 alors qu'elle a été maintenue dans le groupe non-DT2 (Fennichia et al., 2004). Ces résultats sont en accord avec ceux de Colberg et al. (2006) qui ont démontré que le pourcentage de gras

diminuait significativement dans le groupe DT2 alors qu'il était maintenu dans le groupe non-DT2. Bien qu'aucune explication pour ces divergences ne soit avancée par les auteurs, il est possible que les sujets DT2 étant plus lourds, ils devaient déplacer des segments corporels plus lourds, d'où une dépense énergétique plus importante et une perte de masse grasse plus élevée. À cette hypothèse, on peut ajouter la notion d'efficacité mécanique moins élevée pour les sujets DT2 telle que suggérée par Walker et al. (1999) qui pourrait expliquer que pour un entraînement donné, les sujets DT2 dépensent plus d'énergie.

Les modifications de la masse grasse varient donc selon le statut DT2, mais aussi en fonction de la nature des interventions et de leurs différentes phases (Tableau X, p.60). Par exemple, aucune diminution significative de la masse grasse n'a été observée suite à l'intervention d'Ishii et al. (1998) (Annexe B). Ce résultat peut suggérer que la dépense énergétique associée à l'entraînement n'ait pas été suffisamment importante puisque les sujets étaient pendant ces quatre à six semaines d'entraînement sous diète contrôlée. D'autres raisons pourraient être que l'apport calorique contrôlé de 30 kcal/kg de masse corporelle était supérieur à l'apport alimentaire habituel ou que l'hospitalisation ait entraîné une diminution de la dépense énergétique quotidienne. Alors que toutes ces hypothèses peuvent avoir contribué à diminuer l'efficacité de l'intervention, un manque de puissance associé à un petit nombre de sujets (groupe entraîné : n=9; groupe sédentaire : n=8) explique probablement que la diminution de masse grasse n'ait pas atteint le seuil de signification.

Excluant l'étude d'Ishii et al. (1998), tous les programmes d'entraînement musculaire ont été associés à une diminution de la masse grasse pour au moins une des phases (Tableau X, p.60). À titre d'exemple, une diminution significative de la masse grasse a été mesurée pendant la phase supervisée du programme de Daly et al. (2005) alors que qu'elle augmentait pendant les 26 semaines d'entraînement à domicile. Le regain de masse grasse s'est avéré plus important pour le groupe diète seule, suggérant que combiner une intervention nutritionnelle à un entraînement musculaire favoriserait un meilleur contrôle de la masse grasse à long terme. Et dans le but de maintenir les acquis lors d'un transfert du milieu de recherche vers un milieu plus naturel de pratique d'AP, Dunstan et al. (2006) ont démontré que les sujets s'étant entraîné dans un centre de conditionnement physique dans la communauté maintenaient mieux la diminution de la masse grasse que ceux s'entraînant à domicile. Par contre, contrairement à l'étude de

Daly et al. (2005), ils ont démontré que les sujets qui effectuaient des exercices musculaires à domicile reprenaient autant de masse grasse que ceux qui suivaient un programme de flexibilité à la maison (Dunstan et al., 2005).

En plus d'être une variable importante en soi, documenter la masse grasse permet d'en apprendre plus sur l'ensemble des changements de la composition corporelle s'étant produits suite à l'intervention. Brandon et al. (2003) et Castaneda et al. (2002) ont respectivement rapporté un maintien de la circonférence de la cuisse entraînée et du tronc, parallèlement à une réduction de la masse grasse localisée dans ces régions. Ces résultats suggèrent que la masse maigre, qui n'a pas été mesurée directement, aurait pu augmenter suite à l'entraînement musculaire. De plus, considérant que la masse grasse située au niveau du tronc peut être plus dommageable pour la santé métabolique et cardiovasculaire, il est intéressant que Castaneda et al. (2002) aient rapporté que la masse grasse tronculaire et non celle des bras et des jambes ait diminué. Dans le même ordre d'idée, Ibanez et al. (1998) ont mesuré, en plus d'une diminution du pourcentage de masse grasse et de l'épaisseur des plis cutanés, une diminution de la graisse viscérale et sous-cutanée par tomographie axiale. Ainsi, l'entraînement musculaire pourrait favoriser une perte de la masse grasse localisée au centre du corps.

Tel que rapporté dans certaines études, il semble que les modifications de la masse maigre plutôt que celles de la masse grasse suite à un entraînement musculaire soient associées à un meilleur contrôle de la glycémie. Fenicchia et al. (2004) ont calculé que les changements de la masse grasse ne corrôlaient pas avec les modifications de l'aire sous la courbe du glucose lors de l'OGTT tandis que Castaneda et al. (2002) ont mesuré une corrélation négative entre les changements de l'HbA1c et les changements de la masse maigre. Ainsi, plus la masse maigre augmenterait suite à un programme d'entraînement musculaire, plus les niveaux d'HbA1c diminueraient.

7.3 Composition corporelle - Comparaison et combinaison des modalités d'intervention

À la lumière des études ayant comparé l'entraînement musculaire et aérobie, il n'est pas possible de déterminer avec certitude quelle modalité d'intervention influence le plus la masse corporelle. En fait, aucune des études résumées en Annexe C n'a documenté une diminution de la masse corporelle. En ce qui concerne la composition de la masse, Cauza et al. (2005 a et 2005b) ont rapporté que la masse grasse diminuait dans les deux

groupes, soient entraînement aérobie et musculaire. Par contre, ces auteurs ont rapporté une diminution de la masse grasse plus importante dans le groupe entraîné en musculation par rapport au groupe aérobie, différences non-significatives respectivement de 4,5 et 8,7 % (Cauza et al., 2005a et 2005b). À l'opposé, Smutok et al. (1993) relèvent que ce sont seulement les individus du groupe d'entraînement aérobie qui diminuent significativement leur pourcentage de masse grasse. Cette discordance entre les études ne semble pas expliquée par les caractéristiques des programmes musculaires qui ont une durée, une fréquence d'entraînement hebdomadaire, un nombre de répétitions, un nombre d'exercices et une intensité similaire (Annexe C). De plus, les deux études ont été réalisées avec une population présentant des dérèglements du métabolisme glucidique, soit des sujets intolérants au glucose et DT2 dans l'étude de Smutok et al. (1993) et des individus DT2 pour celles de Cauza et al. (2005a et 2005b). Récemment, Sigal et al. (2007) ont rapporté que la masse, l'IMC, la circonférence de taille et la masse grasse diminuait seulement dans le groupe entraîné sur tapis roulant et bicyclette stationnaire et non dans le groupe entraîné en musculaire. Cependant, les deux modalités d'entraînement ont permis de réduire la graisse abdominale sous-cutanée. L'ajout de l'entraînement musculaire à l'entraînement aérobie n'a ni potentialisé ni nuit aux changements d'aucun de ces paramètres et ce, par rapport à l'entraînement aérobie seul.

À propos de la masse maigre, Cauza et al. (2005b) ont documenté une augmentation significative de ce paramètre de 12 et cinq pour cent dans les groupes prenant part à l'entraînement musculaire et aérobie respectivement. La différence n'était pas significative entre les groupes après ajustement pour les valeurs initiales, qui elles l'étaient. Dans le même ordre d'idée, les sujets DT2 s'étant entraînés pendant six mois ont augmenté leur surface musculaire de la cuisse de 8,0 et 7,2 cm suite, respectivement, à un entraînement musculaire et aérobie et ce, par rapport au groupe témoin non entraîné (Sigal et al., 2007). Il fut de plus démontré que d'effectuer les deux modalités d'entraînement n'augmentait pas significativement plus la surface musculaire que l'entraînement avec une seule modalité d'entraînement. Ainsi, l'entraînement semble avoir un avantage, mais les différences entre les modalités n'atteignaient pas le seuil de signification dans l'étude de Cauza et al. (2005b) et les deux modalités n'ont pas été directement comparées dans l'étude de Sigal et al. (2007). Dans une autre étude utilisant les mêmes programmes d'entraînement que Cauza et al. (2005b), Cauza et al. (2005a) ont identifié que les sujets prenant part à la portion exercices musculaires augmentaient significativement leur masse maigre. Un nombre de sujet plus important dans cette dernière étude pourrait expliquer

que la différence ait atteint le seuil de signification. En se basant sur les études de ce groupe réalisées avec des sujets DT2, l'entraînement musculaire semble ainsi favoriser un gain de masse maigre et une augmentation de la surface musculaire plus importants que l'entraînement aérobie, bien que les différences ne soient pas toujours significatives.

Originellement utilisée pour documenter seulement la quantité des différents tissus du corps, la tomographie axiale permet aussi de définir la composition même des tissus (Ross et al., 2005). Une valeur de -190 à -30 unités Hounsfield est attribuée au tissu adipeux alors que le muscle squelettique a une valeur de 0 à 100 unités Hounsfield (Ross et al., 2005). Plus la valeur du muscle squelettique est basse, plus élevé est son contenu en lipides. Utilisant cette technique, Cuff et al. (2003) ont documenté les modifications de la surface musculaire de densité faible (0-34 unités Hounsfield) et normale (35-100 HU). La première contiendrait plus de lipides intramusculaires que la deuxième et serait possiblement plus liée à la RI. Leur étude a révélé que l'entraînement combinant les deux modalités ainsi que l'entraînement aérobie seul diminuaient la surface musculaire de faible densité et augmentaient la surface musculaire de densité moyenne et ce, par rapport au groupe témoin. Par contre, l'augmentation de la surface musculaire de densité normale était plus considérable pour le groupe effectuant l'entraînement combiné que pour le groupe entraînement aérobie. Il ne peut cependant être affirmé avec certitude que c'est l'effet de l'entraînement musculaire, et non un volume d'entraînement plus important, qui est responsable de cette différence.

8 Profil lipidique

Si les dérèglements du métabolisme glucidique sont au cœur de la problématique du DT2, il n'en demeure pas moins que des dérèglements du métabolisme lipidique tels que les taux élevés d'AGL plasmatiques sont fréquents chez les personnes DT2 (Sesti, 2006). Il semble par ailleurs que les dérèglements du métabolisme lipidique soient plus qu'une condition associée au DT2 mais également une cause potentielle. Premièrement, il serait possible que l'augmentation des AGL en circulation contribue à la RI et ce, chez les sujets DT2 (Boden et al., 1995) et normoglycémiques (Homko et al., 2003). Les protéines de transport des AGL qui facilitent l'entrée des AGL dans les cellules seraient plus nombreuses chez les personnes obèses et DT2 (Dyck et al., 2006). Selon la théorie de Randle, une fois à l'intérieur de la cellule, les lipides intracellulaires entreraient en compétition avec le glucose et diminueraient possiblement son oxydation (Randle et al.,

1963). Deuxièmement, une grande quantité de lipides intramusculaires pourrait interférer avec la cascade de signalisation de l'insuline dans le muscle squelettique et ainsi diminuer la translocation des GLUT-4 (Kovacs et al., 2005). Si les GLUT-4 ne parviennent pas à la membrane cellulaire, le glucose demeure en plus grande quantité en circulation et entre plus difficilement dans les cellules. Troisièmement, compte tenu de leur impact sur l'entrée et l'oxydation du glucose, les AGL peuvent favoriser la mise en circulation de glucose par le foie. En effet, alors que l'insuline supprime la production endogène de glucose hépatique, il a été démontré qu'une augmentation des AGL inhibe partiellement l'effet de l'insuline sur le foie (Kovacs et al., 2005).

En plus du rôle des acides gras dans la physiopathologie de la maladie, il faut souligner que différentes dyslipidémies contribuent à l'augmentation des risques de maladies cardiovasculaires, la première cause de décès des personnes DT2 (Kalofoutis et al., 2006). Tel que mentionné par Carmena (2005), le profil lipidique des personnes DT2 est habituellement caractérisé par des niveaux de triglycérides (TG) élevés, pouvant augmenter la thrombogénèse et les lipoprotéines de basse densité (*LDL*) petites et denses en plus de diminuer les concentrations plasmatiques des lipoprotéines de haute densité (*HDL*). Ces *LDL* petits et denses pénètrent plus facilement dans l'intima artériel et augmentent la liaison des protéoglycanes et le potentiel d'oxydation (Carmena, 2005). Par ailleurs, la diminution des *HDL* plasmatiques est associée à une réduction de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire (Carmena, 2005). Toutes ces modifications contribuent fort probablement à l'augmentation des risques de maladies cardiovasculaires chez les individus DT2. À la lumière de ces informations, l'importance du traitement des dyslipidémies en combinaison avec celui du contrôle glycémique et de la pression artérielle chez les patients DT2 n'en est que plus évidente. La présente section vise à rapporter quels ont été les effets des interventions en activité physique sur ces paramètres.

8.1 Profil lipidique – Programmes d'entraînement aérobie

Selon les études, divers paramètres du profil lipidique ont été mesurés et ceux-ci sont présentés au Tableau XI (p.70). Les études pour lesquelles les concentrations d'AGL ont été mesurées rapportent une diminution après des interventions ayant une DTEP de 2 800 (Alam et al., 2004) et 2 400 minutes (DiPietro et al., 1998) ou un maintien après le programme d'Ostergard et al. (2006) caractérisé par une DTEP de 1 350 minutes. Malgré

le nombre restreint d'études, celles-ci pourraient indiquer qu'une DTEP minimale serait nécessaire pour induire des changements. Par ailleurs, Alam et al. (2004) ont souligné que la supervision contribue à diminuer plus considérablement les AGL. De plus, des améliorations ont été notées autant pour l'étude d'Alam et al. (2004) effectuée avec des sujets DT2 que pour celle de DiPietro et al. (1998) réalisée avec des individus normoglycémiques, indiquant que le statut DT2 ou non n'influencerait possiblement pas la réponse.

Mesurés dans un nombre plus considérable d'études que les AGL, les TG ont diminué suite à sept des seize interventions ayant documenté les changements de ce paramètre (Tableau XI, p.70). L'étendue des DTEP des programmes d'entraînement efficaces se situait entre 920 et 2 430 minutes, soit près de la DTEP minimale et légèrement au-dessus de la valeur moyenne. Certains auteurs ont démontré que les sujets DT2 avaient la même réponse que les non-diabétiques, soit pas de changement (Christ-Roberts et al., 2004; De Filippis et al., 2006; Poirier et al., 2002). Par contre, l'étude de Poirier et al. (2002) a mis de l'avant que les sujets DT2 obèses avaient des TG significativement plus élevés que les DT2 non-obèses après l'intervention, indiquant qu'une adiposité plus basse pourrait optimiser la réponse. Il est à noter que les améliorations pourraient être maintenues jusqu'à trois mois post-intervention tel que démontré par Lehmann et al. (1995).

Selon Wing et al. (1998), l'exercice pourrait même s'avérer plus efficace que les interventions nutritionnelles pour modifier les TG circulants. Ces auteurs ont rapporté que ce sont les groupes exercice et diète + exercice qui ont diminué leurs TG après six mois d'intervention alors que le groupe diète avait maintenu ses TG. Ces résultats ne sont par contre pas corroborés par l'étude de Giannopoulou et al. (2005b) dans laquelle les groupes diète et diète + exercice ont tous deux diminué leurs TG, ne permettant pas d'affirmer que l'exercice avait un impact supérieur à une intervention nutritionnelle.

Des 13 interventions ayant documenté le cholestérol (CHO) total, dix n'ont pas mesuré de changements significatifs (Tableau XI, p.70). Notons toutefois que le sous-groupe ayant pris part à au moins 80 % des séances du programme de Fritz et al. (2006a), soit à environ 1 875 minutes d'entraînement, ont significativement réduit leur CHO. Avec une DTEP de 2 430 (Lehmann et al., 1995) et 2 880 minutes, il aurait été attendu que le niveau de CHO diminue, considérant les résultats de Fritz et al. (2006a). Cependant, il faut noter que la majorité des séances de ces programmes étaient non-supervisées, soulevant la

question à savoir si les interventions proposées étaient bien celles effectuées. L'étude de Wing et al. (1998) abonde en ce sens. Ils ont démontré que le CHO diminuait dans les six premiers mois de leur intervention pour les groupes diète, exercice et diète + exercice. Cependant, après ces six premiers mois où l'encadrement était plus important, les concentrations de CHO augmentaient pour tous les groupes pendant la période d'intervention comprenant moins de supervision, soit après 12 et 24 mois d'intervention. Fait encourageant, Walker et al. (1999) ont noté une diminution du CHO autant chez les sujets DT2 et que les non-diabétiques après un programme de marche de 12 semaines, indiquant que le statut diabétique n'influence pas la réponse.

Seulement trois études ont rapporté une diminution significative des *LDL* sur les 14 études ayant documenté ce paramètre (Tableau XI, p.70). La réponse des individus avec et sans DT2 était similaire (De Filippis et al., 2006), voire meilleure lorsque le DT2 est présent (Walker et al., 1999) pour les réductions du *LDL*. En effet, après un programme de 12 semaines de marche cumulant environ 3 600 minutes, les femmes DT2, pour qui les concentrations de *LDL* étaient inférieures à celles mesurées chez des femmes non-DT2 avant l'intervention, ont diminué de façon plus considérable leurs concentrations de *LDL* (Walker et al., 1999). En s'attardant à l'étude de Fritz et al. (2006a) rapportant des diminutions des *LDL* après un programme d'entraînement aérobic, il en ressort que des améliorations ont aussi été documentées dans le groupe témoin. Les auteurs émettent l'hypothèse que les variations saisonnières pourraient expliquer cette diminution des *LDL* dans les deux groupes, annulant ainsi l'effet du programme sur ce paramètre. Soulignons finalement que l'étude de Wing et al. (1998) indique que la diète pourrait être plus efficace que l'AP pour diminuer les concentrations de *LDL*. Ils ont en effet rapporté que les *LDL* diminuaient après six mois d'intervention nutritionnelle alors que les concentrations étaient maintenues dans les groupes témoin, exercice et exercice + diète.

Tableau XI: Profil lipidique et programmes d'entraînement aérobie

	AGL	TG	CHO	LDL	Lipo-protéine (a)	Apo B	HDL	Apo A1
Alam et al. (2004)	↓ ‡	↓ ‡	=	=		↓ ‡	↑ ‡	
Araiza et al. (2006)		=	=	=	=		↑	
Boudou et al. (2001)		↓	=	=		=	=	=
Christ-Roberts et al. (2004)		=	=	=			=	
De Filippis et al. (2006)		=		↓			=	
DiPietro et al. (1998)	↓							
Fritz et al. (2006a)		=	= ‡	↓ ‡			↑	
Giannopoulou et al. (2005a)		=	↓ ‡	=			↓ ‡	
Giannopoulou et al. (2005b)		↓ ‡	=	=	↑ ‡	=	↓ ‡	=
Lehmann et al. (1995)		↓ ‡	=	=		=	↑	↑ ‡
Lehmann et al. (2001)		↓	=	=	=	=	↑	↑
Middlebrooke et al. (2006)		=	=	=			=	
Miyatake et al. (2002)		↓	=				↑	
Østergård et al. (2006)	=							
Poirier et al. (2002)		= ‡						
Tudor-Locke et al. (2004)		=		=			=	
Walker et al. (1999)		=	↓ ‡	↓ ‡			=	
Wing et al. (1998)		↓ ‡	↓ ‡	= ‡			↓ ‡ ↑ ‡	

‡: Différence significative pour certains groupes et/ou temps de mesure (se référer à l'Annexe A pour plus de détails)

Les lipoprotéines (a) sont une autre variable d'intérêt à considérer puisqu'elles ont une structure similaire à celle des *LDL* et elles auraient une association directe et indépendante avec les maladies cardiovasculaires (Mackinnon et al., 1997). Selon Mackinnon et al. (1997), leur niveau sérique serait relativement stable et ce, même suite à

des modifications de l'alimentation et du mode de vie. Suite aux programmes d'entraînement aérobie, deux études ont effectivement documenté un maintien des lipoprotéines (a) (Lehmann et al., 2001; Boudou et al., 2001). Cependant, une augmentation de 17 % fut observée après un programme de marche de 14 semaines ayant une DTEP de 2 100 minutes alors qu'aucun changement ne fut mesuré pour le groupe prenant part à ce programme aérobie lorsque combiné à une intervention nutritionnelle induisant un déficit calorique (Giannopoulou et al., 2005b). Plus d'études seront nécessaires afin de mieux comprendre l'impact d'un programme d'entraînement aérobie sur les lipoprotéines (a).

Mesurées dans 15 études, les concentrations de *HDL* ont augmenté dans sept d'entre elles (Tableau XI, p.70). De ce nombre, il faut cependant considérer que deux études ont documenté des améliorations dans le groupe témoin (Fritz et al., 2006a ; Wing et al., 1998), indiquant que ce sont plutôt cinq interventions qui auraient eu un impact significatif. Fait intéressant, la supervision n'était pas nécessaire pour observer des améliorations des *HDL* dans l'étude d'Alam et al. (2004) alors qu'elle l'était pour toutes les autres améliorations documentées suite à cette intervention. De plus, un maintien des acquis est possible tel que rapporté par Lehmann et al. (1995). Ils ont en effet mesuré que les *HDL* demeuraient plus élevées que les valeurs initiales et ce, trois mois après la fin de l'intervention. Alors que six études ont documenté un maintien des *HDL* et qu'une augmentation des *HDL* est habituellement souhaitée, on peut considérer que maintenir les concentrations peut présenter un premier objectif. Cette affirmation s'appuie sur l'observation que certaines interventions nutritionnelles combinées (Giannopoulou et al., 2005a et 2005b) ou non (Wing et al., 1998; Giannopoulou et al., 2005a; Giannopoulou et al., 2005b) à un programme aérobie ont été associées à des diminutions des *HDL*. Tel que rapporté par Lichtenstein et al. (1998), d'autres groupes ont documenté des diminutions des *HDL* après des diètes très faibles en lipides. Mais puisque l'exercice régulier peut augmenter les *HDL* de quatre à dix-huit pour cent (Durstine et al., 2002.), on peut s'attendre à ce qu'une intervention où la diète est combinée à l'AP atténue cette diminution. C'est en effet ce Giannopoulou et al. (2005a et 2005b) ont rapporté, bien que la différence n'atteigne pas le seuil de signification. Ces résultats sont similaires à ce que Marshall et al. (2006) ont rapporté dans un échantillon de sujets avec ou à risque de développer une maladie coronarienne. En effet, dans leur étude, la diminution des *HDL* était moindre pour les sujets suivant une diète très faible en lipides qui étaient plus actifs.

En lien avec les changements des niveaux des lipoprotéines, il est possible de mesurer les modifications des protéines qu'on retrouve à leur surface, soient les apolipoprotéines (apo). Principalement présentes à la surface des *LDL*, les apo B sont, tout comme les *LDL*, demeurées inchangées (Tableau XI, p.70). Une seule étude fait exception, soit celle d'Alam et al. (2004) dans laquelle les apo B ont diminué dans le groupe supervisé sans que les *LDL* ne diminuent. Cependant, il faut souligner que les apo B ont significativement diminué de 11 % alors que les *LDL* ont diminué 25 % sans toutefois atteindre le seuil de signification, indiquant que les deux paramètres changeaient dans le même sens. Uniquement présentes à la surface des *HDL*, les apo A1 ont suivi le comportement des *HDL*, c'est-à-dire qu'elles sont demeurées stables (Boudou et al., 2001) ou ont diminué (Lehmann et al., 1995 ; Lehmann et al., 2001). Seuls Giannopoulou et al. (2005b) ont rapporté un maintien des apo A1 alors que les *HDL* avaient diminué dans les groupes avec diète combinée ou non à l'exercice. Bien que les modifications des apo ne suivent pas toujours celles des lipoprotéines auxquelles elles sont associées, on peut en conclure que l'entraînement aérobic maintien ou améliore le profil des lipoprotéines et des apo.

8.2 Profil lipidique – Programmes d'entraînement musculaire

Mesuré dans environ le tiers des études ayant utilisé un programme d'entraînement musculaire, le profil lipidique fut amélioré suite à seulement deux interventions (Tableau XII, p.73). Après 16 semaines d'entraînement, Brooks et al. (2007) ont rapporté que les AGL diminuaient dans le groupe de sujets DT2 entraînés et ce, par rapport aux changements dans le groupe témoin. Alors qu'une augmentation des AGL en circulation contribue à la RI (Boden et al., 1995; Homko et al., 2003) et bien que Brooks et al. (2007) ont mesuré une amélioration de la SI et une diminution des AGL après l'intervention, aucune association n'a été révélée dans cette étude entre les AGL et la SI.

D'autres paramètres du profil lipidique (TG, CHO, *LDL* et *HDL*) ont été maintenus suite aux interventions, à une exception près. Honkola et al. (1997) ont en effet été les seuls à démontrer qu'il était possible d'améliorer le profil lipidique des personnes DT2 avec un programme d'entraînement musculaire. Après cinq mois d'entraînement à raison de deux séances hebdomadaires, le CHO, les TG et les *LDL* ont diminué alors qu'aucun changement n'a été noté dans le groupe non-entraîné. Comparativement aux quatre autres programmes ayant documenté une absence de changement de ces paramètres, aucune caractéristique du programme de Honkola et al. (1997) ne semble expliquer la

différence dans la réponse (Tableau XIII, p.73). Il faut souligner qu'aucune intervention musculaire n'a modifié les niveaux de *HDL* et même qu'une augmentation a été rapportée pour le groupe ne prenant pas part à l'intervention d'Honkola et al. (1997). Alors qu'aucun facteur ne semble expliquer cette différence dans la réponse des deux groupes, il faut toutefois spécifier que les niveaux finaux de *HDL* du groupe témoin demeuraient en-deçà des niveaux initiaux et finaux du groupe intervention.

Tableau XII : Profil lipidique et programmes d'entraînement musculaire

	AGL	TG	CHO	LDL	HDL
Brooks et al. (2007)	↓ ‡				
Castaneda et al. (2002)		=	=	=	=
Colberg et al. (2006)		=	=	=	=
Dunstan et al. (2002)		=	=	=	=
Eriksson et al. (1997)		=	=		=
Honkola et al. (1997)		↓	↓	↓	= ‡

‡ : Différence significative pour certains groupes et/ou temps de mesure (se référer à l'Annexe B pour plus de détails)

Tableau XIII : Profil lipidique et programmes d'entraînement musculaire (efficaces et non efficaces)

	Programme efficace		Programmes non efficaces	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Nombre d'exercice	8	10	5	11
Nombre de séries	2		1	3
Nombre de répétitions	12	15	8	20
Fréquence (#/semaine)	2		2	3
Durée intervention	5 mois		8 sem	6 mois

8.3 Profil lipidique - Comparaison et combinaison des modalités d'entraînement

En se basant sur les études ayant comparé les modalités d'entraînement aérobie et musculaire, très peu de distinctions peuvent être faites en ce qui a trait à leur impact sur le profil lipidique (Annexe C). Eriksson et al. (1998) rapportent que les *HDL* augmentent alors qu'aucun changements du CHO et des TG ne sont documentés et ce, avec les deux modalités d'entraînement. Dans le même ordre d'idées, le CHO, les *HDL*, les *LDL* et les TG sont demeurés stables après les entraînements musculaire et aérobie de Smutok et al. (1993) et de Cuff et al. (2003). Seuls Cauza et al. (2005a) ont rapporté que l'entraînement musculaire serait plus efficace que l'entraînement sur bicyclette pour modifier le profil

lipidique. Alors que le groupe entraîné en musculation a significativement augmenté ses *HDL* et a diminué son *CHO*, ses *TG* et ses *LDL* après l'intervention, aucun changement significatif n'a été documenté pour le groupe suivant le programme aérobic. Et lorsqu'on s'attarde aux interventions ayant combiné les deux modalités (Annexe D), il y a d'une part des interventions n'ayant pas modifié le profil lipidique (Cuff et al., 2003; Maiorana et al., 2001; Maiorana et al., 2002; Sigal et al., 2007; Taniguchi et al., 2000). D'autre part, il est possible d'identifier des interventions ayant modifié certains paramètres telles celles d'Osberbach et al. (2006) qui ont mesuré une diminution des *LDL* et de Balducci et al. (2004) qui ont rapporté une diminution du *CHO*, *LDL* et *TG* ainsi qu'une augmentation des *HDL*.

9 Paramètres hémodynamiques

Alors que 14 % de la population canadienne déclarait être hypertendue, ce sont près de la moitié des personnes avec un diabète auto-déclaré qui rapportaient l'être, soit 47 % (Santé Canada, 2002). Cette condition associée au DT2 augmente considérablement les risques de maladie coronarienne et de complications du DT2 telles que les rétinopathies et les néphropathies (El-Atat et al., 2004). Outre la pression artérielle, une fréquence cardiaque de repos élevée a été associée à une augmentation de la mortalité en général ainsi que celle associée aux maladies cardiovasculaires (Kristal-Boneh et al., 2000). Avec des interventions en AP, réduire la fréquence cardiaque et la pression artérielle de repos pourrait aider à diminuer les complications du diabète et les maladies cardiovasculaires tout en augmentant la longévité.

9.1 Paramètres hémodynamiques – Programmes d'entraînement aérobic

Il est étonnant de constater que seulement quatre des 29 études aient documenté au moins un de ces paramètres après des interventions sollicitant principalement le système cardiovasculaire, vu l'association de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle avec les complications associées à la maladie. Parmi ces quelques études, une seule a documenté une diminution significative de la fréquence cardiaque de repos (Tableau XIV, p.75). Cette intervention de Lehmann et al. (1995) combinait une grande variété d'activités, par rapport à une seule modalité, soit la marche, pour les autres programmes où la fréquence cardiaque de repos fut maintenue (Swartz et al., 2003; Tudor-Locke et al., 2004; Tudor-Locke et al., 2002). De plus, elle comprenait une supervision plus

considérable, une durée de 12 semaines par rapport à huit pour les autres programmes ainsi qu'une intensité cible pour l'entraînement. Fait non négligeable, les auteurs ont mesuré que cette diminution était maintenue trois mois post-intervention (Lehmann et al., 1995).

Tableau XIV : Paramètres hémodynamiques et programmes d'entraînement aérobie

	Fréquence cardiaque repos	Pression artérielle systolique de repos	Pression artérielle diastolique de repos	Pression artérielle moyenne
Dasgupta et al. (2006)				↓
Fritz et al. (2006a)		↓	↓	
Lehmann et al. (1995)	↓ ‡	↓ ‡	↓ ‡	↓ ‡
Middlebrooke et al. (2006)		=	=	
Miyatake et al. (2002)		↓	↓	
Swartz et al. (2003)	=	↓	↓	
Tudor-Locke et al. (2002)	=	↓ ‡	=	
Tudor-Locke et al. (2004)	=	=	=	
Wing et al. (1998)		↓ ‡	↓ ‡; ↑ ‡	
Yokoyama et al. (2004)			=	

‡ : Différence significative pour certains groupes et/ou temps de mesure (se référer à l'Annexe A pour plus de détails)

Pour les modifications de la pression artérielle de repos, le portrait diffère légèrement. En effet, des diminutions ont été rapportées dans une proportion plus importante d'études (Tableau XIV, p.75) et ce, en combinaison ou non à une diminution de la fréquence cardiaque. Il est à noter que, dans tous les cas où une diminution de la pression artérielle diastolique était mesurée, celle-ci était combinée à une diminution de la pression artérielle systolique. L'étude de Lehmann et al. (1995) a permis de souligner que lorsque des diminutions de la pression artérielle de repos étaient mesurées, des diminutions de la pression ambulatoire allaient en ce sens (Lehmann et al., 1995). Bien que les diminutions de la pression artérielle systolique dans les premiers six mois de l'intervention de Wing et al. (1998) aient été plus importantes dans les groupes diète et diète + AP que dans le groupe AP, il faut souligner que la pression artérielle diastolique a augmenté un an et deux ans après le début de l'intervention lorsque les sujets prenaient part seulement à la section diète. Finalement, il semble que ces améliorations de la pression puissent être maintenues dans les mois suivant les interventions. Bien que seulement deux études aient effectué le suivi de ces paramètres, la diminution de la pression artérielle systolique mesurée deux mois après le *First Step Program* a été maintenue (Tudor-Locke et al.,

2002) de même que la fréquence cardiaque de repos, la pression artérielle systolique, diastolique et moyenne trois mois après l'étude de Lehmann et al. (1995).

Ces modifications du profil hémodynamique peuvent être associées à d'autres changements associés aux différents programmes d'entraînement. En effet, Dasgupta et al. (2006) ont rapporté qu'une augmentation de dix pour cent de la durée du test d'effort était associée à une réduction de 2,3 pour cent de la pression artérielle moyenne. Par ailleurs, les sujets qui ont eu une diminution de leur pression artérielle systolique et diastolique suite à l'intervention de Fritz et al. (2006a) ont aussi eu une diminution de l'insulinémie et une augmentation de leur SI. D'autres modifications hémodynamiques pourraient être associées à ces modifications de la pression artérielle. Suite à un programme aérobie, des augmentations du flot sanguin de l'avant-bras stimulé par l'acétylcholine et une occlusion artérielle ont été documentées (De Filippis et al., 2006). Holton et al. (2003) ont rapporté que les individus DT2 augmentaient leur réponse du flot sanguin à divers stimuli et avaient après l'intervention une réponse similaire aux individus non-diabétiques. Cependant, ces deux études n'ont pas documenté les modifications de la pression artérielle suite à l'intervention. Par ailleurs, dans la seule étude ayant documenté à la fois les modifications du flot sanguin et de la pression artérielle, aucun de ces paramètres n'a été modifié après l'intervention (Middlebrooke et al., 2006), rendant difficile toute conclusion.

9.2 Paramètres hémodynamiques – Programmes d'entraînement musculaire

Sollicitant moins le système cardiovasculaire, les exercices musculaires peuvent néanmoins suite à certaines interventions être associés à des améliorations de certains paramètres hémodynamiques tel que rapporté au Tableau XV (p.77). Les deux programmes d'entraînement n'étant associés à aucun changement des paramètres hémodynamiques s'avèrent d'ailleurs être les deux plus courts, soit de huit semaines par rapport à un minimum de treize semaines pour les programmes efficaces. Ces améliorations de la pression artérielle peuvent même mener à une modification de la médication. En effet, Eriksson et al. (1997) ont rapporté que la médication hypotensive a dû être cessée pour l'un des huit sujets puisqu'il avait des épisodes d'hypotension. Alors que différents mécanismes peuvent être associés à une amélioration des paramètres hémodynamiques, Colberg et al. (2006) ont étudié les modifications de l'oxyde nitrique interstitiel après un entraînement musculaire. Alors qu'ils n'ont documenté aucune

modification de ce paramètre, il faut souligner que leur intervention n'a pas été associée à des améliorations de la pression artérielle de repos et à l'effort. Sur la base de ces données, il ne peut pas être exclu que la libération d'oxyde nitrique⁹ interstitiel puisse jouer un rôle dans les améliorations de la pression artérielle observées après un programme d'exercices musculaires. D'autres études seront nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes associés aux changements hémodynamiques suite à un entraînement musculaire.

Tableau XV : Paramètres hémodynamiques et programmes d'entraînement musculaire

	Fréquence cardiaque repos	Pression artérielle systolique	Pression artérielle diastolique
Castaneda et al. (2002)	=	↓ (repos)	= (repos)
Colberg et al. (2006)		= (repos et de pointe)	= (repos et de pointe)
Dunstan et al. (1998)		= (repos)	= (repos)
Dunstan et al. (2002)		↓ (repos) [‡]	↓ (repos) [‡]
Eriksson et al. (1997)		= (repos et effort)	= (repos) ↓ (à l'effort)
Honkola et al. (1997)		= (repos)	↓ (repos) [‡]

[‡] : Différence significative pour certains groupes et/ou temps de mesure (se référer à l'Annexe B pour plus de détails)

9.3 Paramètres hémodynamiques - Comparaison et combinaison des modalités d'intervention

En se basant sur les études ayant comparé les modalités d'entraînement, aucune distinction ne peut être effectuée quand à leur effet sur la pression artérielle de repos, seul paramètre hémodynamique documenté (Annexe C). En fait, trois scénarios de réponse ont été documentés. Certains ont rapporté que les deux modalités contribuaient à diminuer la pression artérielle diastolique et systolique (Cauza et al., 2005a). D'autres ont documenté un maintien de la pression artérielle de repos dans les groupes entraînés alors qu'elle augmente dans le groupe témoin (Eriksson et al., 1998). Finalement, Smutok et al. (1993) n'ont observé aucun changement selon les modalités d'entraînement, ainsi que dans le groupe témoin.

⁹ L'oxyde nitrique, selon l'Office québécois de la langue française, se définit comme un « gaz incolore, très toxique, obtenu par la combinaison à très haute température de l'azote et de l'oxygène ». Chez l'humain, l'oxyde nitrique a un effet vasodilatateur et il est produit par l'endothélium (Colberg et al., 2006).

En ce qui concerne les interventions ayant combiné les modalités d'entraînement et qui ont documenté un ou plusieurs paramètres hémodynamiques, toutes ont été associées à une amélioration d'au moins un paramètre (Balducci et al., 2004; Loimaala et al., 2003; Maiorana et al., 2001; Maiorana et al., 2002), sauf celle de Sigal et al. (2007) (Annexe D). Considérant que les études utilisant une seule modalité n'avaient pas toutes été associées à des améliorations de la fréquence cardiaque ou de la pression artérielle et que toutes celles réalisées avant 2007 combinant les deux modalités avaient modifié au moins un des paramètres, on pouvait supposer jusqu'à tout récemment que la combinaison pourrait bonifier l'impact de l'entraînement sur les paramètres hémodynamiques. Cependant, l'étude de Cuff et al. (2003) aurait permis d'élucider cet aspect puisqu'elle est la seule à avoir comparé un entraînement aérobie à un entraînement combinant les deux modalités mais les changements de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle n'ont pas été documentés. De plus, l'étude de Sigal et al. (2007) n'a documenté aucun changement significatif de la pression artérielle et ce, que les sujets se soient entraînés avec un programme aérobie, musculaire ou une combinaison des deux. Ainsi, comme pour plusieurs variables, d'autres études seront nécessaires pour comparer l'effet sur ces variables de la combinaison des modalités versus une seule modalité d'entraînement.

10 Conclusion

Tel qu'il fut démontré dans la recension des écrits, plusieurs recherches ont été menées pour tenter de mieux documenter les changements suite aux programmes d'entraînement chez des sujets DT2, pré-diabétiques ou avec une histoire familiale de DT2. Que ce soit la pratique d'AP, la condition physique, la composition corporelle, le contrôle glycémique, le profil hémodynamique ou lipidique, les études répertoriées ont permis de démontrer qu'il était possible d'améliorer ces paramètres avec un programme d'entraînement. Lorsqu'aucun effet positif n'était noté suite à une intervention donnée, un maintien voire une dégradation de ces variables d'intérêts était rapporté pour le groupe témoin. L'analyse de ces études a permis de faire ressortir que certaines caractéristiques sont particulièrement importantes pour optimiser les effets des interventions.

La supervision semble être un premier facteur à considérer, particulièrement pour des paramètres tels la condition physique, le contrôle glycémique, le profil lipidique et la composition corporelle. Bien que plusieurs auteurs aient testé des programmes où la

DTEP est élevée et qu'ils aient émis des recommandations quant à l'intensité à respecter, il ne peut être assuré que les sujets suivent ces directives en absence de supervision. Dans le même ordre d'idée, il a été démontré que seuls les sujets ayant une bonne assiduité au programme d'entraînement en retirent le maximum de bénéfices. Un autre facteur à ne pas négliger pour améliorer certains paramètres est l'adoption de saines habitudes nutritionnelles. En combinant celles-ci à l'AP, il a été démontré que le contrôle de la masse corporelle et de la masse grasse était optimisé. Cette combinaison serait également une stratégie prometteuse pour contrer les détériorations du profil lipidique associées à certaines interventions nutritionnelles. Il a en effet été démontré que les *HDL* diminuaient après certaines modifications alimentaires et que de combiner celles-ci à un entraînement physique atténuait cet effet négatif. De plus, certains auteurs ont démontré que ces deux interventions amélioraient le contrôle glycémique par des mécanismes différents. En effet, l'aire sous la courbe du glucose diminuait après un repas suite à une intervention nutritionnelle alors que la sécrétion d'insuline était réduite après ce même repas suite à un programme d'entraînement. Ainsi, combiner les deux approches pourrait théoriquement optimiser les améliorations de la problématique au cœur de la physiopathologie du DT2. Ce dernier aspect mériterait une attention particulière dans des études ultérieures.

Outre la combinaison alimentation et AP, combiner l'entraînement musculaire et aérobie serait une voie intéressante à explorer. En effet, ces deux modalités d'entraînement améliorent le contrôle glycémique, mais par des mécanismes complémentaires. Les études recensées soulignent que l'entraînement aérobie augmenterait la SI alors que l'entraînement musculaire favoriserait une plus grande mobilisation du glucose. Il est intéressant de rappeler qu'aucune étude n'a démontré que l'ajout d'une modalité diminuait les effets obtenus avec une seule modalité. En fait, il fut même rapporté que le contrôle glycémique, tel que mesuré par l'HbA1c, pouvait être amélioré avec une combinaison des deux modalités. Cependant, d'autres études seront nécessaires pour mieux comprendre s'il existe un effet additif ou synergique à la combinaison des modalités par rapport à l'entraînement d'une seule modalité. Ces études devront aussi porter une attention particulière au contrôle du volume d'entraînement.

Fait intéressant à noter en terminant, les sujets DT2 ou à risque ont eu une réponse similaire à celle des sujets sans dérèglement du métabolisme glucidique ou sans histoire familiale de la maladie. En fait, certaines études ont même rapporté que leur réponse était

meilleure pour des paramètres tels la diminution de la masse totale et de la masse grasse ainsi que les améliorations du contrôle glycémique et du profil lipidique. L'hypothèse d'une efficacité mécanique plus basse chez les sujets DT2 et à risque et par le fait même d'une dépense calorique plus importante pour une même activité pourrait être envisagée. Celle-ci se devrait d'être étudiée plus à fond. Un autre point qui mériterait plus d'attention est celui du suivi des participants après les interventions. En effet, une minorité d'études comprenait un suivi et lorsqu'il y en avait un, celui-ci était d'au plus trois mois.

CHAPITRE 2 : ARTICLES

OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE LA THÈSE

Considérant que l'AP peut améliorer plusieurs paramètres importants dans la prévention primaire et secondaire du DT2, il n'est pas surprenant que l'adoption d'un mode de vie actif se trouve au cœur des recommandations de l'Association canadienne du diabète, de l'*American Diabetes Association* et de l'*American College of Sport Medicine*. Pour les aider dans leur démarche d'autogestion de la maladie, les patients peuvent habituellement compter sur une équipe de traitement composée de médecins et d'éducateur en diabète qui est, dans la plupart des cas, une infirmière ou une nutritionniste (Association canadienne du diabète et al., 2003c). Bien que ces professionnels soient mis au courant des recommandations en AP, il n'en demeure pas moins qu'ils sont généralement dépourvus quand vient le moment d'aider les patients à mettre celles-ci en pratique.

S'inscrivant dans le cadre de la Stratégie canadienne sur le diabète de Santé Canada, le projet Diabetaction vise à réduire les risques liés à la sédentarité chez les personnes DT2 ou à risque de développer la maladie. Le programme développé dans le cadre de ce projet s'appuie sur les lignes directrices d'organismes qui font figure d'autorité dans les milieux scientifiques et professionnels, sur les publications scientifiques, sur les résultats obtenus lors de groupes de discussion effectués avec la population cible et sur l'expertise de l'équipe multidisciplinaire impliquée dans son développement. Il s'adresse expressément aux professionnels de l'activité physique (kinésologues) et de la santé désireux de promouvoir l'adoption d'un mode de vie actif auprès de personnes avec le DT2 ou à risque de développer la maladie. Le premier article de la thèse expose la structure et les composantes du programme Diabetaction ainsi que les raisons qui les sous-tendent.

L'objectif général de la présente thèse était de documenter l'effet du programme Diabetaction dans une population composée de sujets à risque de développer le DT2 ou atteints de DT2. Les objectifs spécifiques, faisant respectivement l'objet des articles deux, trois et quatre de la thèse, étaient : 1) de mesurer les modifications de la pratique d'AP, de la condition physique et de différents paramètres de santé lors de l'administration du programme en milieu universitaire, 2) de mesurer les modifications de la qualité de vie suite au programme réalisé en milieu universitaire, et de déterminer quelles sont les modifications du mode de vie et des paramètres physiques associées à ces changements

et 3) d'évaluer l'efficacité et l'appréciation du programme lorsqu'implanté en milieu clinique de la communauté.

ARTICLE 1

Title of the manuscript: DiabetAction: integration of focus groups findings and physical activity guidelines in an intervention program for type 2 diabetic and at-risk individuals

Authors:

Marie-Eve Mathieu

Department of Kinesiology, University of Montreal
CP 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7

Martin Brochu

Department of Kinanthropology, University of Sherbrooke
2500, boul. de l'Université, Sherbrooke, Québec (Canada), J1K 2R1

Louise Béliveau (corresponding author)

Faculty of Graduate Studies, University of Montreal
CP 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7


Tel.: (514) 343-6537 Fax. : (514) 343-2252

Acknowledgements:

Data used in this study were obtained within a project supported by a Health Canada contribution. Views expressed here do not necessarily represent the official position of Health Canada. Marie-Eve Mathieu is supported by a Ph.D. scholarship from the *Fonds de la Recherche en Santé du Québec*. We would like to thank researchers and professionals from the University of Montreal [E. Adopo, S. Laforest, I. Ouimet, V. Perrault and F. Prince (Kinesiology Department); L. Gauvin (Preventative and Social Medicine Department) and M. Ledoux (Nutrition Department)], the Public Health Administration and Institute of Public Health (B. Côté), the CLSC Côte-des-Neiges and Notre-Dame-de-

Grâces (D. Inkell and C. Langlois) and the Lakeshore Hospital Diabetes Clinic (K. Arcudi and M. Comeau) involved in the project as well as participants and research assistants for their important collaboration. For more information about the program, contact the team at diabetaction@umontreal.ca.

Abstract

Objective: To present the integration of barriers and incentives as well as current guidelines in DiabetAction. This program is designed for health and exercise professionals who want to help type 2 diabetic and at-risk individuals increasing their activity levels.

Methods: A multidisciplinary team of researchers and professionals has developed the DiabetAction program based on incentive factors and barriers to the adoption of an active lifestyle identified through focus groups conducted in men and in women with type 2 diabetes or at-risk of developing the disease from three ethnocultural groups. The program integrates recommendations from the 2003 Canadian Diabetes Association and 2004 American Diabetes Association (ADA) Clinical Guidelines, the 2004 ADA Technical Review and the 2000 American College of Sport Medicine Position Stand.

Results: The 10-week *DiabetAction* program combines weekly supervised sessions with a home training program, and it introduces type 2 diabetic and at-risk individuals to various modalities of cardiovascular, resistance, balance and flexibility exercises.

Conclusion: DiabetAction is an example of a knowledge-based program designed to help type 2 diabetic and at-risk individuals become more active.

Practical Implications: The detailed program, available both in French and English, can be a useful tool for professionals, decision makers and researchers.

1. Introduction

Adopting and maintaining an active lifestyle is a key element for preventing type 2 diabetes (T2D) and related complications. Clinical Guidelines from major Canadian and American health organisations recommend specific frequency, duration, intensity and type of physical activities (PA) for primary and secondary prevention of T2D¹⁻⁴. However, diabetes educators and other health professionals often need appropriate tools to help sedentary patients with or at-risk of T2D to achieve and maintain those recommendations. Repeated demands for a detailed and culturally sensible intervention program for T2D and at-risk patients by health professionals were the starting point for the development of the DiabetAction program by a multidisciplinary team of researchers, health and exercise professionals.

The knowledge-based DiabetAction program was developed through several steps. First, focus groups were conducted in order to identify motivating and limiting factors to PA in T2D and at-risk individuals from various ethnocultural backgrounds. Second, focus groups' findings were integrated with current guidelines into the DiabetAction program. Third, a pilot study was conducted to evaluate its impact. Finally, the program was implemented and evaluated in community settings. The aim of the present article is to allow a good understanding of the intervention by professionals and scientists. To do so, the article includes 1) a presentation of the main focus groups findings and how they were integrated into the program; 2) a description of the DiabetAction program; and 3) highlights of how the intervention program is in line with current PA recommendations.

2. Methods

The development of the DiabetAction program was done by a multidisciplinary team (see Acknowledgements for details). The program was based on the 2003 Canadian Diabetes

Association ² and the 2004 American Diabetes Association (ADA) Clinical Guidelines ¹, the 2004 ADA Technical Review ³ and the 2000 American College of Sport Medicine Position Stand ⁴.

To develop a culturally sensible program adapted to the needs of participants, incentive factors and barriers to the adoption of an active lifestyle were identified through focus groups. Those were conducted in men and in women from three ethnocultural groups (Canadians with long-term residence from European descent, first generation immigrants from Indian Subcontinent or from Central/South America). Thirty-seven individuals with T2D or at-risk [obesity (body mass index ≥ 30 kg/m²), family history of T2D or diagnosis of insulin resistance] participated. Each group took part to a ninety-minute semi-structured discussion conducted by an experienced researcher. Results were then transcribed, categorized, organized into a hierarchy, analyzed and interpreted. Complete results can be found elsewhere ⁷.

3. Results

3.1 DiabetAction program description

The goal of the DiabetAction program is to help health and exercise professionals increase PA levels of T2D or at-risk individuals from various cultural backgrounds. The intervention program was designed to initiate participants to a wide variety of cardiovascular, muscular, balance and flexibility exercises over a 10-week period. Participants' initiation to various activities, as opposed to limited types of exercises, was chosen since it has been associated with an increased adherence to an active lifestyle ⁵ and may help sedentary individuals identify activities that best suit their capacities, preferences and lifestyle. The program is composed of one weekly group meeting combined with a home-training program.

All information needed by the professional for the planning and administration of the program is provided in a toolkit including a trainer's guide, health tips and PA cards, available in both French and English. The trainer's guide includes information on T2D, complications and medications, PA practice determinants as well as basic PA principles and components of PA sessions. The professional also has a seven step agenda to help organizing the program and information on how to use the DiabetAction program in group settings and how to adapt it to individual consultations.

In the program, each 90-minute group session begins with a review of participants' activities of the previous week (Figure 1). This motivational system is designed to monitor weekly PA minutes cumulated by each participant. Then, health tips covering topics such as T2D medications, identification/prevention of hypoglycaemia, complications of a sedentary lifestyle and PA benefits, how to choose good shoes, and identifying hurdles to an active lifestyle and ways to overcome them are presented. They are organized to give information during the first half of the program and to favour a more active participation in the second half.

As mentioned previously, the program is characterized by a large diversity of cardiovascular, resistance, balance and flexibility exercises (Figure 2). At first, cardiovascular activities proposed are individual, so that each participant gets to know his capacities, learn basic exercises and build self-confidence. Then, group activities, pool training and training room exercises are introduced. For muscular exercise, six programs targeting major muscle groups are proposed (see figure 5 for example). It is suggested to repeat each program for two weeks in a row in order to not overwhelm the participants with too many different exercises (Figure 2). One to two sets of 12 to 20 repetitions for each

exercise is proposed, but adaptations to individual capacities and goals are strongly suggested. Balance exercises are the third modality of training. Beginning with exercises such as strengthening of muscles involved in balance control ⁶ that are not solicited in resistance exercises, participants then execute balance exercises while standing and in motion (Figure 2). Finally, ten stretching exercises targeting main muscle groups and joints are proposed, five for a floor routine and five for a pool session.

To remind participants of what they have accomplished during group sessions and to facilitate transfer to community settings, an overview of the PA group session and related activities in the community is provided on the participant's weekly sheet (Figure 3; Boxes 1 and 2). In addition, detailed illustrated sheets (Example Figure 5) can be handed out to participants for home-training. At the end of each group session, participants are invited to write down their PA plan, with the supervision of the health professional, of the week to come on their weekly sheet. They are encouraged to identify on which day and for how long they plan to do cardiovascular, muscular and flexibility exercises (Figure 3; Box 3).

3.2 Focus groups findings and their integration in the DiabetAction program

The main determinants of an active lifestyle identified were well-being, positive impacts of PA to attain, maintain or regain health and the presence of a motivating social network ⁷. Moreover, PA has been reported to be a special occasion to develop social links ⁷. Those findings were integrated in various aspects of the DiabetAction program.

- Psychological, physical and metabolic benefits of PA are addressed in health tips. The group setting was chosen to optimize motivation, support and socialisation of participants. Moreover, it is suggested to invite a friend or a family member to the last group session in order to reinforce social support and to facilitate the transition from supervised to unsupervised PA practice.

Lack of time was the barrier most often reported by participants of all groups, followed by limited accessibility to activities because of distance to sport centers/activities and crowded facilities ⁷. T2D participants also reported that glycaemia fluctuations and tiredness limited their PA practice, while low PA levels in immigrant participants were often associated with cost issues and environmental conditions ⁷. Towards unfavourable weather conditions, Canadians with long term residence from European descent reported adapting their clothes or duration of activity while immigrant individuals reported switching to indoor activities during winter ⁷. Those barriers were considered as follows in the development of the program:

- To help participants find time for PA, they are invited to plan when and how long they will exercise in the upcoming week (Figure 3; Box 3). Moreover, the activities proposed include accessible and inexpensive activities such as home and walking exercises and indoor and outdoor activities. Finally, one health tip has been developed to help participants identify hurdles to their active lifestyle and ways to overcome them, while another one is aimed to help them identify and prevent hypoglycaemia.

Finally, all participants showed interest for walking, swimming and cycling activities as well as collective sports, all of which were included in the DiabetAction program. Subgroup specificities were that women from the Indian Subcontinent wished to maintain their yoga practice while immigrant groups expressed interest for dance practice and Canadians with long term residence from European descent wanted to pursue outdoor activities. To integrate those specificities, some of the balance and flexibility exercises in the program are loosely based on yoga positions. Participants are also initiated to aerobic dance

movements in one of the cardiovascular sessions and many activities can be done outdoor.

3.3 The DiabetAction program and current PA recommendations

The various components of the DiabetAction program either prepare to or meet recommendations of the 2003 Canadian Diabetes Association ² and the 2004 ADA Clinical Guidelines ¹, the 2004 ADA Technical Review ³ and the 2000 American College of Sport Medicine Position Stand ⁴. Aerobic exercises, always preceded by a warm-up and followed by a cool-down period ¹, are one of the main type of exercises recommended for T2D patients ²⁻⁴. The recommended intensity ranges between light and vigorous ²⁻⁴. Even though high intensity could better impact cardiorespiratory endurance and metabolic profile ⁸, low-to-moderate intensity minimizes the risk of musculoskeletal injuries while maximizing adherence and thus health benefits associated with PA in this population ^{4,9}. To monitor intensity, the use of the rate of perceived exertion is a valuable and reliable indicator and is especially recommended in presence of diabetic complications such as autonomic neuropathy possibly affecting heart rate response to exercise ⁸. Walking is the most commonly performed activity for those with diabetes ¹⁰. However, alternative non-weight bearing activities such as cycling or water exercises may be needed for some individuals with diabetes' complications such as peripheral neuropathy ⁸. Finally, individuals are encouraged to be active for at least 150 minutes/week, but preferably ≥ 4 hours/week ^{2,3}.

- Based on those guidelines, the aerobic exercises in the DiabetAction program represent the larger part of the 60-minute PA session, lasting between 26 and 35 minutes, warm-up and cool-down included (Figure 1). To monitor exercise intensity, ranging between low and moderate, the use of rate of perceived exertion is strongly encouraged and the appropriate scale is provided in the toolkit (Figure 4). Moreover, the program is designed to initiate individuals to a variety of weight

bearing (ex: walking) and non-weight bearing activities (ex: pool and cycling activities) (Figure 2). Finally, the emulation system in DiabetAction is based on minutes of PA per week (Figure 3; Box 4).

The second modality of training proposed in guidelines is resistance exercises performed two⁴ or three² times a week targeting major muscle groups within 8 to 10 exercises^{2,4}. A minimum of one set of 10-15 repetitions^{2,4} at a moderate intensity¹ or near fatigue⁴ is recommended, with instructions and periodic supervision at the beginning of the training². Those recommendations were integrated as follows:

- Using their body weight, elastic bands, water resistance and training room equipments, participants perform resistance training at least once a week under professional supervision. Each resistance program includes one to two sets of six exercises targeting the major muscle groups, such as quadriceps, hamstrings, chest, abdominals, upper and lower back. At the end of the 10-week program, individuals will have experienced more than 30 different resistance exercises, giving them all they need to identify 8-10 exercises/session to meet current guidelines. Because resistance adjustment with body weight and elastic band is not as precise as with training room equipments, the range of repetitions is wider than in current guidelines^{2,4} (DiabetAction: 12 to 20 vs. Guidelines: 10 to 15) to ensure that each participant is reaching moderate intensity or approaching fatigue^{1,4}. Participants are also encouraged to do the same exercises at home and handouts of the programs available in the toolkit can be given to them to ease execution of exercises with proper technique (Figure 5).

The last two modalities of training in the PA program are balance and flexibility exercises. Balance exercises included strengthening of the ankles in seated and standing position as

well as in motion, single leg stance exercises with and without the help of a stick, various walking patterns stimulating balance, exercises in water, on stability balls and on balance board. Flexibility routines designed to be done either in a room or in water both targeted 1) upper back muscles and triceps, 2) chest muscles and biceps, 3) quadriceps, 4) lower back muscles and hamstring, 5) calves and 6) entire body. Even though they are not part of current guidelines¹⁻⁴, five minutes for each modality were integrated at the end of each group session. This decision was based on the fact that T2D individuals are at a higher risk of falls^{11,12} and could have limited flexibility due to stiffening of connective tissues¹³.

4. Discussion and Conclusion

4.1 Discussion

In line with current PA guidelines, the DiabetAction program was developed by an interdisciplinary team of researchers and clinicians for professionals working with T2D or at-risk patients. Including motivational factors and limiting barriers to PA was a major concern in its elaboration. The present publication aimed at a better understanding of the program by professionals and scientists.

4.2 Conclusion

DiabetAction is a knowledge-based, detailed and culturally sensible PA program suited to the needs of exercise and health professionals working with T2D and at-risk patients.

4.3 Practice Implications

The DiabetAction program is an innovative program designed to initiate their T2D or at-risk patients to various cardiovascular, resistance, balance and flexibility exercises. Designed to be administered in group settings, it could also be adapted for individual consultations.

The detailed program, available both in French and English, can be a useful tool for professionals, decision makers and researchers.

References

1. American Diabetes Association. Physical Activity/Exercise and Diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27:58S-62.
2. Canadian Diabetes Association, Clinical Practice Guidelines Expert Committee. Physical Activity and Diabetes. 2003. Available at: <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/physicalactivity.pdf>. (Consulted on November 2006)
3. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27:2518-2539.
4. Albright A, Franz M, Hornsby G, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1345-1360.
5. Sherwood NE, Jeffery RW. The behavioral determinants of exercise: implications for physical activity interventions. *Annu Rev Nutr*. 2000;20:21-44.
6. Daubney ME, Culham EG. Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Phys Ther*. 1999;79:1177-1185.
7. Ouimet I. Activité physique et obstacles à sa pratique chez des individus à risque de diabète de différentes origines ethnoculturelles. Master thesis, Department of Kinesiology. University of Montreal; 2004: 119 pages.
8. American College of Sport Medicine. ACSM's Guidelines to Exercise Testing and Exercise Prescription. 6th Ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Williams; 1995, pp. 211-214.
9. Gordon N. The exercise prescription. In: *The Health Professional's Guide to Diabetes and Exercise*. Alexandria, VA: American Diabetes Association; 1995.
10. Ford ES, Herman WH. Leisure-time physical activity patterns in the U.S. diabetic population. Findings from the 1990 National Health Interview Survey--Health Promotion and Disease Prevention Supplement. *Diabetes Care*. 1995;18:27-33.
11. Quandt SA, Stafford JM, Bell RA, Smith SL, Snively BM, Arcury TA. Predictors of Falls in a Multiethnic Population of Older Rural Adults With Diabetes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61:394-398.
12. Volpato S, Leveille SG, Blaum C, Fried LP, Guralnik JM. Risk Factors for Falls in Older Disabled Women With Diabetes: The Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60:1539-1545.
13. Aoki Y, Yazaki K, Shirotori K, et al. Stiffening of connective tissue in elderly diabetic patients: relevance to diabetic nephropathy and oxidative stress. *Diabetologia*. 1993;36:79-83.

Figures

Have the participants with diabetes checked their blood glucose levels?

PLAN	Welcome and review of the past week	10 minutes
	Health Tip	15 minutes
	Warm-up	3 - 5 minutes
	Cardiovascular exercises	20 - 25 minutes
	Cool-down	3 - 5 minutes
	Muscular exercises	15 - 20 minutes
	Balance exercises	5 minutes
	Flexibility exercises	5 minutes
	Training program for the week to come	5 minutes

Figure 1: Structure of the 90-minute DiabetAction group session

	Cardiovascular	Muscular	Balance	Flexibility
ORGANIZATION	1 Circuit	Chair	Ankle strengthening - seated	In room
	2 Aerobic dance and relays	Chair	Ankle strengthening - standing	In room
	3 Sticks	Standing	Balance with stick	In room
	4 Aqua fitness	Pool	Balance in pool	In pool
	5 Group cycling	Standing	Intro to exercise ball	In room
	6 Mixed training			In room
	7 Group activities	No.1 Ball	Ankle strengthening - walking	In room
	8 WeighUtraining room	Equipment or free weights	Balance board	In room
	9 Walking indoors or outdoors	No.1 Ball	Ball balance challenge	In room
	10 Racquet activities	No.1 Ball No.2 Ball (extra)	Line walking Musical routine (extra)	In room

Figure 2: Organization of the 10-week DiabetAction program

TRAINING CARD 2

Session plan and suggested organization for the 10 basic sessions

diabetaction

Group session No.	Carry on at home...																																
Warm-up	This week, we suggest you do the following program times.																																
Cardiovascular	Maximum no. of minutes																																
Muscular Box 1	Cardiovascular Box 3																																
Balance	Muscular																																
Flexibility	Flexibility																																
Relaxation	* Hold each position for 30 - 90 seconds																																
On these days:	On these days:																																
What? When? Where?	Show us what you've accomplished this week																																
Box 2	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>Cardio</th><th>Muscular</th><th>Flexibility</th></tr></thead><tbody><tr><td>Monday</td><td>minutes</td><td>minutes</td><td>minutes</td></tr><tr><td>Tuesday</td><td>minutes</td><td>minutes</td><td>minutes</td></tr><tr><td>Wednesday</td><td>minutes</td><td rowspan="2">Box 4</td><td>minutes</td></tr><tr><td>Thursday</td><td>minutes</td><td>minutes</td></tr><tr><td>Friday</td><td>minutes</td><td>minutes</td><td>minutes</td></tr><tr><td>Saturday</td><td>minutes</td><td>minutes</td><td>minutes</td></tr><tr><td>Sunday</td><td>minutes</td><td>minutes</td><td>minutes</td></tr></tbody></table>		Cardio	Muscular	Flexibility	Monday	minutes	minutes	minutes	Tuesday	minutes	minutes	minutes	Wednesday	minutes	Box 4	minutes	Thursday	minutes	minutes	Friday	minutes	minutes	minutes	Saturday	minutes	minutes	minutes	Sunday	minutes	minutes	minutes	Total minutes of exercise done this week
		Cardio	Muscular	Flexibility																													
	Monday	minutes	minutes	minutes																													
	Tuesday	minutes	minutes	minutes																													
	Wednesday	minutes	Box 4	minutes																													
	Thursday	minutes		minutes																													
	Friday	minutes	minutes	minutes																													
	Saturday	minutes	minutes	minutes																													
Sunday	minutes	minutes	minutes																														

diabetaction | 2014

Figure 3: DiabetAction participant's weekly sheet.

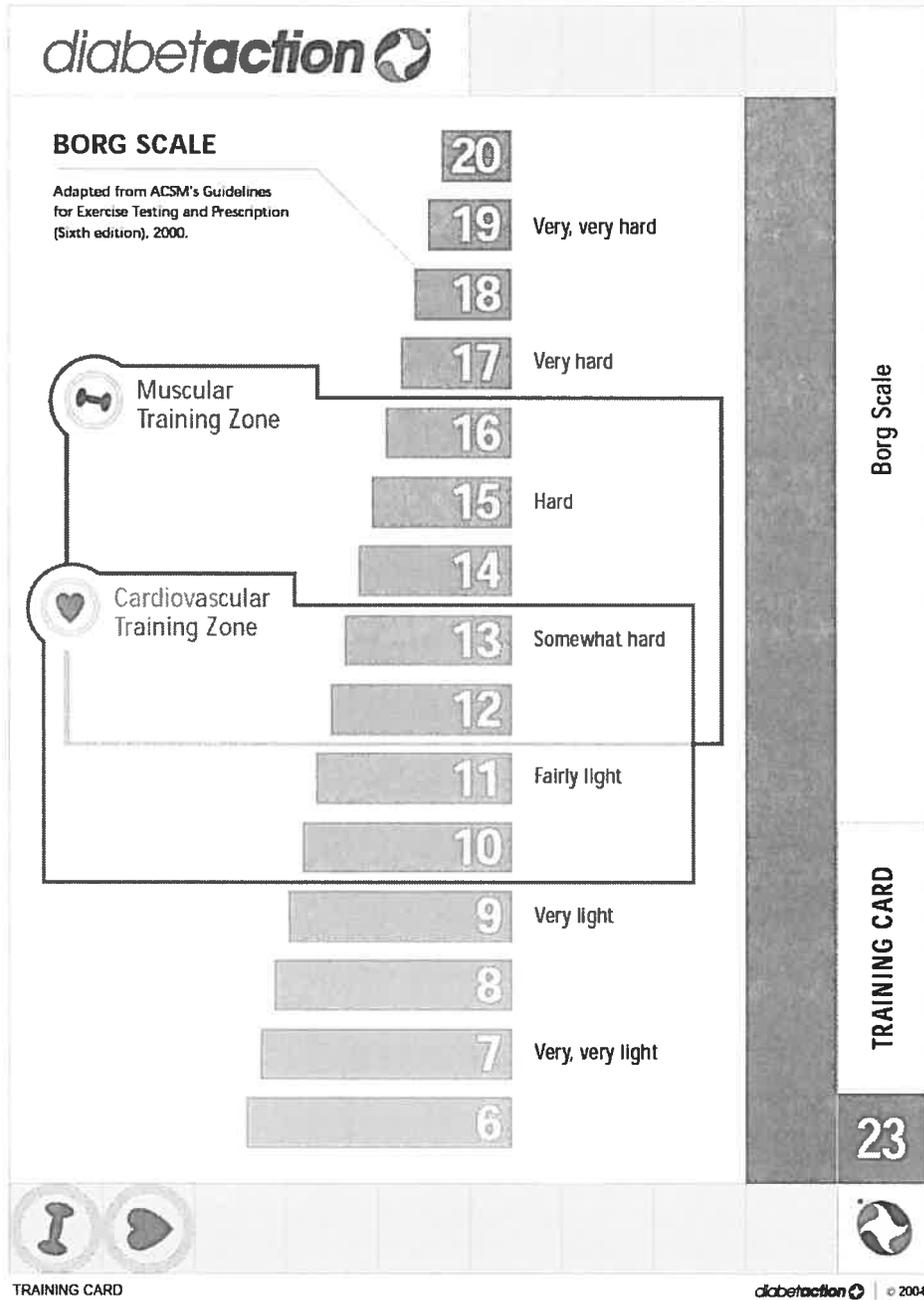


Figure 4: DiabetAction rate of perceived exertion scale

TRAINING CARD

Muscular exercises: Chair program
Level 1
(In the illustrations, the ball represents the chair)

1 - 2 sets (x)
 12 - 20 repetitions

Doing these exercises on a ball increases the level of difficulty. (Level 2)

 	<p>No. 1: Seated raise • Quadriceps</p> <p>Seated on a chair, lift knees one at a time toward the chest, keeping the back straight. Variations : 1- Straighten one leg. 2- Rotate the straight leg.</p>	<p>No. 2: Seated row • Rhomboids and biceps</p> <p>Seated on a chair, with back straight wrap an exercise elastic band under both feet and pull the ends of the band toward the armpits. Pull elbows well back and think about squeezing the shoulder blades together.</p>
<p>No. 3: Seated press • Pectorals and triceps</p> <p>Seated on a chair, place the exercise elastic band behind the chair. Pull the elastic forward, then gently release the elbows to the back. Variation : Chest fly</p>	<p>No. 4: Good morning • Erector (back) muscles</p> <p>Seated on a chair, back straight, hands on either side of the ears, bend the trunk forward to the thighs without touching them. Return to upright position. NOTE: This exercise is done without a bar. Variation : Extend arms overhead</p>	
<p>No. 5: Hip raises • Gluteals and hamstrings</p> <p>With the back on the floor, feet on the chair, lift the body so that shoulders, hips and knees are in a straight line. Variation : With the body in the lifted position, raise one foot.</p>	<p>No. 6: Crunches • Abdominals</p> <p>With the back on the floor, feet on the chair as in exercise No. 5, pull in the abs, then lift the shoulders off the floor, keeping elbows open. Hold the raised position for a few seconds then slowly lower.</p>	

TRAINING CARD

13

TRAINING CARD

Muscular exercises: Chair program - Level 1

Figure 5: Example of a resistance training program

ARTICLE 2

Accepté pour publication dans la revue : *Clinical Journal of Sport Medicine*

TITLE: *DiabetAction*: Changes in physical activity practice, fitness and metabolic syndrome in type 2 diabetes and at-risk individuals.

Marie-Eve Mathieu, Ph.D. candidate

Département de kinésiologie, Université de Montréal

CP 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7

me.mathieu@umontreal.ca

Martin Brochu, Ph.D.

Département de kinanthropologie, Université de Sherbrooke

2500, boul. de l'Université, Sherbrooke, Québec (Canada), J1K 2R1

martin.brochu@usherbrooke.ca

Louise Béliveau, Ph.D. (corresponding author)

Département de kinésiologie, Université de Montréal

CP 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7

louise.beliveau@umontreal.ca

Tel.: (514) 343-6166 Fax.: (514) 343-2181

ACKNOWLEDGEMENTS

Data used in this study were obtained within a project supported by a Health Canada Contribution. Views expressed here do not necessarily represent the official position of Health Canada. Marie-Eve Mathieu is supported by a Ph.D. scholarship from the *Fonds de la Recherche en Santé du Québec*. We would like to thank all the participants and research assistants, as well as Mrs. Adopo, Laforest, Ouimet and Perrault for their assistance.

ABSTRACT

Objective: To study the change in physical activity (PA) levels, body composition, fitness, and health parameters after the *DiabetAction* program and evaluate if PA level was maintained during follow-up. **Design:** The design of this quasi-experimental study was one-group pre- and post-test. **Settings:** The study was conducted at the sport center (CEPSUM) of the University of Montreal. **Participants:** Out of the 39 subjects from different ethnic backgrounds with type 2 diabetes (T2D) or risk factors (obesity, insulin resistance or familial history of T2D) who joined the program, 29 subjects took part in at least 50% of group sessions and performed post-intervention evaluations. Analyses were done using those 29 participants. **Intervention:** *DiabetAction* is a 10-week program designed for health and exercise professionals who want to introduce type 2 diabetic (T2D) and at-risk individuals to various modalities of exercise (cardiovascular, resistance, flexibility and balance) in order to increase activity levels. **Main outcome measurements:** PA level, aerobic capacity, hand grip strength, dynamic balance, anthropometry, resting heart rate and blood pressure, fasting blood lipids and glucose and metabolic syndrome prevalence. **Results:** A significant increase in PA practice was observed after the 10-week program, and more importantly was maintained during the 6-month follow-up. Significant increases in aerobic capacity, muscular strength at the hand and high-density lipoprotein cholesterol were also observed post-intervention. After the program, significant reductions in body weight, waist circumference, skinfolds thickness, resting heart rate and systolic blood pressure were reported. Overall, a reduction in the prevalence of metabolic syndrome was measured post-intervention. **Conclusion:** Participants improved their fitness, cardiovascular risk factors and PA levels after their participation to the *DiabetAction* program and those promising results justify further validation studies.

Key words: diabetes, exercise, cardiovascular, resistance, flexibility, balance and ethnic groups.

INTRODUCTION

Current evidences support the view that sedentary habits and low cardiorespiratory fitness are involved in the progression from normal glucose metabolism to type 2 diabetes (T2D), and are predictors of cardiovascular events and premature mortality in T2D individuals ¹. Furthermore, cross-sectional and experimental studies have shown that regular physical activity (PA) has beneficial effects on risk factors associated with diabetes and on the metabolic syndrome (MS), the clustering of specific cardiovascular disease risk factors ²⁻⁴. Those changes include decreases in body weight and resting blood pressure, along with improvements in plasma triglycerides, high-density lipoproteins, and fasting plasma glucose levels ⁵.

Cardiovascular and resistance exercises are the main modalities of exercises recommended in guidelines for individuals at-risk of developing T2D or who currently have the disease ⁶⁻⁸. Most current published PA programs for T2D or at-risk individuals generally propose a single mode of exercise ⁹⁻¹⁴. Only five studies ¹⁵⁻¹⁹ have combined cardiovascular and resistance exercises, the two recommended modalities by the Canadian and the American Diabetes Associations ^{6,7}. Those programs with a duration from 12 days ¹⁷ to 16 weeks ¹⁸ proposed from three ^{15,16} to seven ¹⁷ weekly training sessions. Since flexibility is required for good mobility, coordination and completion of activities of daily life ²⁰, flexibility exercises could also be important for T2D patients who are at higher risk for limited joint mobility ^{21,22}. Finally, balance exercises are of great interest since they have been associated with improved postural stability in T2D patients ²³, a potentially important aspect considering that diabetic patients are at higher risk of falls compared to healthy individuals ²⁴. However, to our knowledge, no programs has up to

now considered the effect of cardiovascular, resistance, flexibility and balance exercises as a part of a single program in primary and secondary prevention of T2D. Combining these four modalities of exercise could help to maximize health benefits of PA and optimize adoption of an active lifestyle since engaging in a wider variety of activities could facilitate adherence by reducing injuries and boredom²⁵.

In practice, diabetes educators and other health professionals are the ones helping patients integrating those recommended exercises in their lifestyle and as mentioned by Schwarz et al.²⁶, developing prevention programs for clinical practice represent one of the major challenges today. *DiabetAction*, specifically developed for professionals who want to increase PA levels of at-risk and T2D patients, could help address this issue. This simple and original program, was designed to introduce individuals to a wide variety of cardiovascular, resistance, balance and flexibility exercises over 10 weeks. The goal of the present preliminary study was to evaluate the potential effectiveness of the program on PA practice, fitness and health components of at-risk and T2D individuals. This initial trial was conducted in a multicultural sample since sedentary lifestyle and risk of T2D are higher in ethnic groups such as South Asian and Hispanic immigrants²⁷⁻³⁰.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

To participate, subjects had to meet at least one of the following conditions: diagnosis of T2D or insulin resistance by attending physician, obesity (body mass index ≥ 30 kg/m²) or family history of T2D (mother, father, sister or brother). They also had to 1) participate in less than two structured PA sessions per month, 2) be aged between 40 and 65 years old and 3) come from one of the following ethnocultural groups: Canadian with long term

residence from European descent, first generation immigrant from Indian subcontinent or first generation immigrant from Central or South America. Exclusion criteria were 1) unable to speak French or English, 2) pregnancy or 3) medical contraindication to a PA program as determined by the attending physician. The convenient sample was recruited through medical clinics, advertisements in local newspapers, local stores, pharmacies and by word of mouth. For inclusion of a subject in data analysis, they had to attend to a minimum of 5 out of 10 group sessions and have performed post-intervention evaluation.

Testing protocol

The DiabetAction program was held between February and December, with one group starting in February, one in April and one in September. Subjects were evaluated one week before and after their participation to the program. Information on medical treatment was collected from physicians' report and corroborated with the patients. On each evaluation day, after a 10-hour overnight fast and before the subjects took their medications (if applicable), blood samples were collected. Analysis of glycemia, total cholesterol (TC), triglycerides (TG) and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) levels were conducted on VITROS[®] 950 Chemistry System and coefficients of variation for those measurements are 1.0%, 2.5%, 2.6%, 3.6%, respectively (Ortho-clinical Diagnosis Inc., Rochester, USA). Plasma low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) levels were obtained with Friedewald's formula $[LDL-C = TC - (TG/2.18) - HDL-C]$ ³¹ and glycosylated hemoglobin (A1C) was measured with the Variant[™] Hemoglobin A_{1c} Program (BIO-RAD Laboratories, Hercules, USA). Subjects were given a snack after their blood test.

To evaluate PA practice, participants were interviewed in person at baseline and post-intervention and by phone for the follow-ups using the French and English versions of the

Modifiable Activity Questionnaire ³². The average PA practice (minutes/week) of the last 12 months was calculated to identify baseline level. Post-intervention PA level was calculated from the average PA practice during the previous three months, excluding activities done during group sessions. Values at three and six month follow-up represent all PA done in the previous three months. The number of participants achieving the recommended 150 minutes of PA per week ^{6,7} was calculated for baseline, post-intervention, and 3 and 6 months follow-ups.

After a 5-minute rest, three measurements of heart rate and blood pressure in seated position were done at 5-minute intervals using a stethoscope (Littmann TM classic II, 3M Health Care, St. Paul, USA) and a sphygmomanometer (Tycos[®], Welch Allyn, Skaneateles Falls, USA) as previously described ^{33,34}. The average of the three measures was used and the same evaluator performed baseline and post-intervention measurements. Following the Canadian Society of Exercise Physiology technique ³³, body weight (TBF-521, Tanita corporation, Tokyo, Japan) and height (HR-100 wall-mounted height rod, Tanita corporation, Tokyo, Japan) were measured without shoes and heavy clothes. Waist circumference was measured with a measuring tape (ERP Group Professional Products Ltd, Laval, Canada) and skinfolds (biceps, triceps, subscapular, iliac crest and calf) with a Harpenden skinfold caliper (John Bull, British indicators Ltd, St-Albans, England) according to standard procedure ³³, by the same evaluator at baseline and post-intervention.

Hand grip strength was measured using a Jamar dynamometer (Sammons Preston, Bolingbrook, USA) according to the Canadian Society of Exercise Physiology protocol ³³. To assess cardiorespiratory fitness, subjects performed a one-mile walking test ³⁵ on an

indoor track using a heart rate monitor [Polar T31 (transmitter) and beat (receiver), Polar Electro, Kempele, Finland]. This sub-maximal protocol, developed in healthy adults aged 30 to 69 years old, provides a valid estimate of the maximal oxygen consumption, as showed by the reported correlation coefficient ($r= 0.92$; standard error= 0.355 L/min) ³⁵. Dynamic balance was assessed using the Functional Reach Test as previously described ³⁶.

Subjects were characterized as having the MS or not based on the American Heart Association and National Heart, Lung and Blood Institute definition ². Presence of MS required at least three out of five of the following criteria: 1) high waist circumference (non-Asian origin: ≥ 102 cm for men and ≥ 88 cm for women; Asian Americans: ≥ 90 cm for men and ≥ 80 cm for women); 2) high TG (≥ 1.7 mmol/L or associated drug treatment); 3) low HDL-C (< 1.03 mmol/L for men, < 1.30 mmol/L for women or associated drug treatment); 4) high blood pressure (systolic ≥ 130 mmHg, diastolic ≥ 85 mmHg or associated drug treatment) and 5) elevated fasting glucose (≥ 5.6 mmol/L or associated drug treatment).

Program description

The 10-week *DiabetAction* program has been developed by a team of researchers (L. Béliveau, M. Brochu, L. Gauvin, M. Ledoux and F. Prince) and kinesiologists (E. Adopo, M-E. Mathieu, I. Ouimet and V.Perrault) from the University of Montreal in collaboration with professionals in clinical settings (B. Côté, MD; D. Inkell, nurse; and C. Langlois, dietitian). It includes one supervised weekly group session combined with an individual home training program. Each group session was composed of 1) a 15-minute lecture on health tips addressing topics such as complications of a sedentary lifestyle and PA benefits, healthy eating habits, T2D medication, hypoglycaemia and choosing good shoes,

2) a 60-minute period of PA and 3) a 15-minute period for subjects to review past-week physical activities and plan their home training program for the next week based on the five DiabetAction suggested home training programs (Table 1) with the help of the kinesiologist.

The 60-minute PA period, to which each participant took part, included a 3-5 minute warm-up, 25-30 minutes of aerobic exercises at light/moderate intensity [ex: walking, circuit training and pool exercises, corresponding to 10-13 on the rate of perceived exertion scale ³⁷ (35 to 69 % of maximal heart rate ³⁸)] and a 3-5 minutes cool-down. Next, 6 resistance exercises targeting major muscle groups (quadriceps, hamstrings, chest, abdominals, upper and lower back muscles) were performed for 15-20 minutes. Exercises were composed of 1-2 sets of 12-20 repetitions using elastic bands, stability balls, body weight, training room equipments or water resistance. Finally, 10 minutes of exercises targeting balance and flexibility were done at the end of each supervised training session. Balance exercises included strengthening of the ankles in seated and standing position as well as in motion, single leg stance exercises with and without the help of a stick, various walking patterns stimulating balance, exercises in water, on stability balls and on balance board. Flexibility routines designed to be done either in a room or in water both targeted 1) upper back muscles and triceps, 2) chest muscles and biceps, 3) quadriceps, 4) lower back muscles and hamstring, 5) calves and 6) entire body. With the exception of resistance exercises, which were modified every two weeks, activities were changed weekly to introduce subjects to different types of exercises. Organization of the 10 DiabetAction group sessions is presented in Table 2.

Insert Tables 1 and 2

Statistical analysis

Data presented are mean \pm standard deviation (SD), unless otherwise specified. Paired T-tests were used to measure the effect of treatment (baseline vs. post-intervention values). Effect sizes (ES), which are used to translate the before and after changes in a one group situation into a standard unit of measurement that will provide a clearer understanding of health status results³⁹, were calculated by removing initial from final mean value and then dividing by the pooled standard deviation⁴⁰. ES were considered negligible if < 0.2 , small between 0.2 and 0.5, moderate between 0.5 and 0.8 and important if > 0.8 ⁴⁰. A general linear model for repeated measures was performed to identify differences in PA levels between post-intervention, three and six month follow-ups (within-subject effect). Related samples Wilcoxon signed rank test was used for identification of differences in proportion of subjects reaching the recommended 150 minutes of weekly PA and to evaluate differences in prevalence of MS and its factors between baseline and post-intervention. Analyses were carried out using SPSS 13.0 Statistical Software Program. The level of significance was set at $p < 0.05$.

ETHICAL CONSIDERATIONS

The study was approved by the Ethic committees of the University of Montreal and the Cote-des-Neiges Local Community Services Center.

RESULTS

Out of the 39 participants who were evaluated at baseline, 10 were present at less than 50% of the supervised weekly group session and not evaluated post-intervention. Reasons for low compliance to the program were: travel ($n = 1$), conflict with work ($n = 2$), busy schedule ($n = 2$), medical recommendations ($n = 2$) and unknown/personal reasons

(n = 3). Consequently, all analyses were done on 29 subjects, with the exception of resting heart rate and blood pressure (n = 28, medication was changed by attending physician for one participant during the intervention), hand grip strength and aerobic capacity (n = 26 and 21 respectively, because of contraindications to maximal exercise testing).

The mean age of subjects was 51 ± 9 years. The ratio of obese and normal-weight individuals was 14:15 [11 women and 3 men: 9 women and 6 men], T2D and at-risk individuals 15:14 [9 women and 6 men: 11 women and 3 men] and individuals with and without MS 12:17 [8 women and 4 men: 12 women and 5 men]. Participants were from three ethnocultural groups: Canadian immigrants from the Indian Subcontinent (n= 9) and Central/South America (n= 13) as well as Canadians with long-term residence from European descent (n= 7). On average, immigrants had lived in Canada for 16 ± 9 years. The mean attendance of the 29 participants to the 10 group supervised sessions was 8.2 ± 2.0

The average level of PA significantly increased from 210 ± 240 to 366 ± 312 minutes/week after the 10-week program (Table 3). The post-intervention level of PA was maintained at 3-month (336 ± 252 min/week) and 6-month (384 ± 354 min/week) follow-up (P= 0.608). The proportion of subjects achieving the recommended PA level of 150 minutes/week^{6,7} increased from 48% (14/29) at baseline to 90% (26/29) after the intervention (p= 0.001). Moreover, proportion of subjects reaching the recommended level during follow-ups was significantly higher than at baseline, with 82% of participants (23/28) at 3-month (P = 0.014) and 78% (21/27) at six-month follow-up (P = 0.035).

Significant increases in muscular strength at the hand, cardiovascular capacity and HDL-C were observed as well as significant reductions for body weight, waist circumference, sum of skinfolds, resting heart rate and resting systolic blood pressure, after the 10-week program (Table 1). A significant decrease in the number of MS factors as well as in the prevalence of the MS was also observed after the program (Table 4).

Insert Tables 3 and 4

DISCUSSION

The *DiabetAction* program is, to our knowledge, the first one where the impact of an introduction of sedentary T2D and at-risk individuals to different types of cardiovascular, resistance, balance and flexibility exercises was evaluated. This quasi-experimental study demonstrated that participants to this simple 10-week program improved their PA level, fitness and some health components after the program. Taken together, on average, subjects increased their level of PA by 156 minutes after only 10 weeks with moderate treatment effect (effect size = 0.55), a change corresponding to one of the largest effect size measured, and maintained that post-intervention level during six months. Another interesting finding is that after the intervention and during the follow-up, significantly more individuals than at baseline reached the threshold of 150 minutes of exercise per week proposed by the Canadian and American Diabetes Association ^{6,7}. These results are clinically very interesting considering the high prevalence of a sedentary lifestyle in the population studied, the short duration of the intervention and the low constraint of the program (one weekly group meeting).

With positive changes in PA practice, changes in fitness were expected. Indeed, aerobic capacity (L/min) increased significantly by 9.8% after the program with a small treatment

effect (Table 3). Our results are similar to others who have combined cardiovascular and resistance exercises^{16,18,19}. For instance, Tokmakidis et al. (2004) reported an increase in exercise time during treadmill testing after 4 and 16 weeks (4 sessions/week)¹⁸. Oberbach et al. (2006) also reported an increase of 3.6, 2.6 and 3.0% in aerobic capacity (L/min) after 4 weeks training (3 sessions/week) in individuals with T2D, with impaired glucose tolerance and with normal glucose tolerance respectively¹⁹. Moreover, Maiorana et al. (2002) also reported an increase of 10% in aerobic capacity (L/min) in T2D individuals after 8 weeks of exercise (3 weekly supervised circuit training sessions)¹⁶. Overall, the increase in aerobic capacity observed after our program is similar to the mean increase of 11.8% reported by Boulé et al. (2003) in their meta-analysis, which included studies done with T2D individuals who participated to structured exercise interventions programs⁴¹. Changes in muscular strength were also expected after the *DiabetAction* program since resistance exercises were included. Again, in agreement with Maiorana et al. (2002) and Tokmakidis et al. (2004), an increase in muscular strength was observed^{16,18}. Finally, the non-significant improvement ($p = 0.12$) in functional reach was associated with an effect size indicating a small treatment effect. In order to obtain changes of larger magnitude, more than five minutes per session of this modality of training as well as reinforcement in the home program could be suggested. Indeed Nnodim et al. (2006) have measured improvements in balance with similar exercises performed one hour a week for ten weeks⁴².

Changes in cardiovascular and muscular fitness are in line with the program devoting more than 75% of the active time to cardiovascular and resistance exercises but also with activities done outside of group sessions. In fact, while walking was the most cited modality of training at baseline ($n = 16$), the number of participants performing this activity

increased after the *DiabetAction* program and during follow-ups (n= 29 post-intervention; n= 27 follow-up 3-month; n= 26 follow-up 6-month). Interestingly, calisthenics/toning exercises, which were not commonly practiced at baseline (n= 2), were the second most popular after the program (n= 24) and remained second during the follow-up period (n= 15 at 3-month and at 6-month). Comparisons with others studies that used a combination of cardiovascular and resistance exercises ¹⁵⁻¹⁹ can not be presented since none have investigated changes in PA after the intervention or concluded a follow-up.

Since overweight and obesity are significantly associated with diabetes and cardiovascular risk factors such as high blood pressure and high cholesterol levels ⁴³, a maintenance or reduction of body weight could be a goal for both T2D and at-risk individuals. The overall body weight reduction of 1.1 kg observed is similar to the mean change of -0.9 kg after exercise programs in T2D patients reported in Boulé et al.'s meta-analysis ⁴⁴. While treatment effect on body weight was small, a larger impact was measured for skinfolds thickness (0.55) and waist circumference (0.21) (Table 3).

The role of PA in the perspective of the clustering of risk factors seen in MS is an emerging research area. PA is known to have beneficial effects on many risk factors associated with the MS and T2D such as HDL-C, fasting glycemia, body weight, blood pressure and plasma triglycerides ^{5,45,46}. In the present study, a reduction in the number of MS factors as well as in the prevalence of MS was measured in individuals after the program, mainly through a significant reduction in blood pressure. These results are clinically important since the risk of cardiovascular disease increases monotonically with

increasing number of MS factors ⁴⁷ and current data indicate that the presence of MS increases the risk of cardiac mortality by 1.2 to 4.7 ⁴⁸.

Regular PA programs combining cardiovascular and resistance exercises have shown beneficial effects on glucose homeostasis in T2D patients with A1c generally improved by 0.6 to 0.8% ^{16,18}. It was not the case in the present study. This could be related to the lower PA intensity of the *DiabetAction* program (10 to 13 on the rate of perceived exertion scale, corresponding to 35 to 69 % of maximal heart rate) compared to others (70 to 85 % of peak heart rate ¹⁶; 60 à 80 % of maximal heart rate ¹⁸). Similarly, no significant changes in fasting blood glucose were observed after the intervention. However, a small effect size (-0.22) towards an increase in glycaemia was measured and further studies will be needed to investigate this observation. Until then, close supervision of food intake and compliance to medications should be recommended during a start-up PA program such as *DiabetAction*.

The present preliminary study has limitations such as the absence of a control group, a relatively small number, heterogeneity of the subjects and the absence of food intake monitoring. Moreover, motivation induced by participation in a research study could by itself be sufficient to generate positive changes. Despite these limitations, the study is strengthened by the six month follow-up and the innovative approach used to 1) experience various types of exercises and 2) integrate patients in the decision process regarding their home PA program. With positive results obtained in this quasi-experimental study, the next step will be to measure the impact of the program in a

randomized study using a control group to measure the effectiveness of the program per se.

In conclusion, this preliminary study demonstrated that T2D and at-risk individuals from multicultural backgrounds increase their reported PA practice after their participation to the 10-week *DiabetAction* program and maintain it up to 6 months. Moreover, they improved muscular and cardiovascular fitness as well as reduced cardiovascular risk as demonstrated by the reduced prevalence of MS.

TABLES

Table 1: DiabetAction suggested home training programs

Program	# times/week	Cardiovascular (minutes)	Resistance (minutes)	Flexibility (minutes)
A	2	5	5	5
B	3	10	5	5
C	4	15	10	5
D	4	20 or more	10	5
E	5	30 or more	10	5

Table 2: Organization of the 10 DiabetAction supervised group session

	Cardiovascular	Muscular	Balance	Flexibility
1	Circuit	Chair	Ankle strengthening - seated	In room
2	Aerobic dance and relays	Chair	Ankle strengthening - standing	In room
3	Sticks	Standing	Balance with stick	In room
4	Aqua fitness	Pool	Balance in pool	In pool
5	Group cycling	Standing	Intro to exercise ball	In room
6	Mixed training			In room
7	Group activities	No.1 Ball	Ankle strengthening - walking	In room
8	Weight/training room	Equipment or free weights	Balance board	In room
9	Walking indoors or outdoors	No.1 Ball	Ball balance challenge	In room
10	Racquet activities	No.1 Ball	Line walking	In room
		No.2 Ball (extra)	Musical routine (extra)	

Table 3: Comparison of baseline and post-intervention values (n=29)

	Baseline	Post-intervention	Effect size
PA level (minutes/week)	210 ± 240	366 ± 312 *	0.55
Muscular strength at the hand (kg)	49.3 ± 18.7	55.1 ± 18.6 *	0.31
Aerobic capacity (L/min)	2.04 ± 0.72	2.24 ± 0.70 *	0.28
Functional reach balance test (cm)	27.7 ± 7.1	29.6 ± 6.4	0.28
Body weight (kg)	77.1 ± 17.5	76.0 ± 17.8 *	0.06
Height (m)	1.58 ± 0.09	1.58 ± 0.09	0.00
Body mass index (kg/m ²)	30.5 ± 6.1	30.1 ± 6.1*	0.08
Waist circumference (cm)	97.0 ± 11.3	94.5 ± 12.9 *	0.21
Sum 5 skinfolds (mm)	151.5 ± 48.5	126.0 ± 41.7 *	0.56
Heart rate (beats/min.)	80 ± 10	75 ± 11 *	0.48
Systolic blood pressure (mm Hg)	125 ± 16	120 ± 13 *	0.34
Diastolic blood pressure (mm Hg)	79 ± 10	77 ± 8	0.22
A1C (mmol/L)	0.064 ± 0.012	0.066 ± 0.016	-0.14
Glycemia (mmol/L)	6.3 ± 2.0	6.8 ± 2.6	-0.22
TC (mmol/L)	5.14 ± 0.98	5.28 ± 1.11	-0.13
TG (mmol/L)	1.56 ± 0.81	1.57 ± 0.83	-0.01
HDL-C (mmol/L)	1.27 ± 0.32	1.32 ± 0.35 *	0.15
TC/HDL-C	4.23 ± 1.09	4.21 ± 1.28	0.02
LDL-C (mmol/L)	3.17 ± 0.84	3.24 ± 0.92	-0.08

All data are presented as mean ± SD.

* Significant differences between baseline and post-intervention values ($P < 0.05$).

Glycosylated hemoglobin (A1C); total cholesterol (TC); triglycerides (TG); high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C).

Table 4: Mean number of metabolic syndrome (MS) factors as well as prevalence of MS and its factors at baseline and post-intervention (n = 29)

	Baseline	Post-intervention
Number of MS factors (mean \pm SD)	2.7 \pm 1.4	2.3 \pm 1.3 *
Presence of MS (n)	16	12 *
Elevated waist circumference (n)	21	17
Elevated blood pressure (n)	16	9 *
Reduced HDL-C (n)	13	12
Elevated triglycerides (n)	13	13
Elevated fasting blood glucose (n)	15	15

* Significant differences between baseline and post-intervention values (P < 0.05).

REFERENCES

1. LaMonte MJ, Blair SN, Church TS. Physical activity and diabetes prevention. *J Appl Physiol*. 2005; 99:1205-1213.
2. Grundy SM, Cleeman JI, SR Daniels JI, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation*. 2005; 112:2735-2752.
3. International Diabetes Federation, The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome [IDF web site]. 2005. Available at: http://www.idf.org/webdata/docs/MetSyndrome_FINAL.pdf. Accessed January 25, 2007.
4. National Cholesterol Education Program Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*. 2002; 106:3143-3421.
5. Bassuk SS, Manson JE. Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. *J Appl Physiol*. 2005; 99:1193-1204.
6. Canadian Diabetes Association and Clinical Practice Guidelines Expert Committee. Physical Activity and Diabetes [CDA web site]. 2003. Available at: <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/physicalactivity.pdf>. Accessed January 25, 2007.
7. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, et al. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2004; 27:2518-2539.

8. Albright A, Franz M, Hornsby G, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32:1345-1360.
9. Dunstan DW, Vulikh E, Owen N, et al. Community Center-Based Resistance Training for the Maintenance of Glycemic Control in Adults With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care.* 2006; 29:2586-2591.
10. Araiza P, Hewes H, Gashetewa C, et al. Efficacy of a pedometer-based physical activity program on parameters of diabetes control in type 2 diabetes mellitus. *Metabolism.* 2006; 55:1382.
11. Ferrara CM, Goldberg AP, Ortmeyer HK, et al. Effects of Aerobic and Resistive Exercise Training on Glucose Disposal and Skeletal Muscle Metabolism in Older Men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006; 61:480-487.
12. Ostergard T, Andersen JL, Nyholm B, et al. Impact of exercise training on insulin sensitivity, physical fitness, and muscle oxidative capacity in first-degree relatives of type 2 diabetic patients. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2006; 290:E998-1005.
13. Tudor-Locke C, Bell RC, Myers AM, et al. Controlled outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004; 28:113-119.
14. Dunstan DW, Daly RM, Owen N, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2002; 25:1729-1736.
15. Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C, et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *JACC.* 2001; 38:860.
16. Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, et al. Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2002; 56:115-123.

17. Taniguchi A, Fukushima M, Sakai M, et al. Effect of physical training on insulin sensitivity in Japanese type 2 diabetic patients: role of serum triglyceride levels. *Diabetes Care*. 2000; 23:857-858.
18. Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, et al. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 92:437-442.
19. Oberbach A, Tonjes A, Kloting N, et al. Effect of a 4 week physical training program on plasma concentrations of inflammatory markers in patients with abnormal glucose tolerance. *Eur J Endocrinol*. 2006; 154:577-585.
20. Kell RT, Bell G, Quinney A. Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sports Med*. 2001; 31:863-873.
21. Aoki Y, Yazaki K, Shirotori K, et al. Stiffening of connective tissue in elderly diabetic patients: relevance to diabetic nephropathy and oxidative stress. *Diabetologia*. 1993; 36:79-83.
22. Reddy GK. Cross-linking in collagen by nonenzymatic glycation increases the matrix stiffness in rabbit achilles tendon. *Exp Diabetes Res*. 2004; 5:143-153.
23. Richardson JK, Sandman D, Vela S. A focused exercise regimen improves clinical measures of balance in patients with peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001; 82:205-209.
24. Gregg EW, Beckles GL, Williamson DF, et al. Diabetes and physical disability among older U.S. adults. *Diabetes Care*. 2000; 23:1272-1277.
25. Sherwood NE, Jeffery RW. The behavioral determinants of exercise: implications for physical activity interventions. *Annu Rev Nutr*. 2000; 20:21-44.
26. Schwarz PE, Schwarz J, Bornstein SR, et al. Diabetes prevention-from physiology to implementation. *Horm Metab Res*. 2006; 38:460-464.
27. Bryan S, Walsh P. Physical Activity and Obesity in Canadian Women. *BMC Womens Health*. 2004; 4 Suppl 1:S6.

28. Clarkson M. Activité physique. In: Clarkson MR, Tremblay R, Audet N. Santé et bien-être, immigrants récents au Québec: une adaptation réciproque? Québec: Institut de la statistique du Québec; 2002:111-118.
29. Fischbacher CM, Hunt S, Alexander L. How physically active are South Asians in the United Kingdom? A literature review. *J Public Health*. 2004; 26:250-258.
30. Abate N, Chandalia M. The impact of ethnicity on type 2 diabetes. *J Diabetes Complications*. 2003; 17:39-58.
31. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the Concentration of Low-Density Lipoprotein Cholesterol in Plasma, Without Use of the Preparative Ultracentrifuge. *Clin Chem*. 1972; 18:499-502.
32. Modifiable activity questionnaire. In: A collection of physical activity questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc*. 1997; 29:S73-S78.
33. Canadian Society for Exercise Physiology. Guide canadien pour l'évaluation de la condition physique et des habitudes de vie: Approche de la SCPE pour une vie active et en santé. 2nd ed. Ottawa, ON; 1999.
34. Beevers G, Lip GYH, O'Brien E. ABC of hypertension: Blood pressure measurement. *BMJ*. 2001; 322:1043-1047.
35. Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, et al. Estimation of VO₂max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med Sci Sports Exerc*. 1987; 19:253-259.
36. Centomo H, Termoz N, Savoie S, et al. Postural control following a self-initiated reaching task in type 2 diabetic patients and age-matched controls. *Gait Posture*. Available online 31 July 2006. In Press.
37. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics; 1998.
38. Vivian H. Advanced fitness assessment and exercise prescription. 5th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006.

39. Kazis LE, Anderson JJ, Meenan RF. Effect sizes for interpreting changes in health status. *Med Care*. 1989; 27:S178-189.
40. Thomas JR, Nelson JK, Sileverman SJ. *Research Methods in Physical Activity*, 5th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2005.
41. Boule NG, Kenny GP, Haddad E, et al. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*. 2003; 46:1071-1081.
42. Nnodim JO, Strasburg D, Nabozny M, et al. Dynamic balance and stepping versus tai chi training to improve balance and stepping in at-risk older adults. *J Am Geriatr Soc* 2006; 54:1825-1831.
43. Mokdad AH, Ford ES, Bowman BA, et al. Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001. *JAMA*. 2003; 289:76-79.
44. Boule NG, Haddad E, Kenny GP, et al. Effects of Exercise on Glycemic Control and Body Mass in Type 2 Diabetes Mellitus: A Meta-analysis of Controlled Clinical Trials. *JAMA*. 2001; 286:1218-1227.
45. Katzmarzyk PT, Leon AS, Wilmore JH, et al. Targeting the metabolic syndrome with exercise: evidence from the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc*. 2003; 35:1703-1709.
46. Stewart KJ, Bacher AC, Turner K, et al. Exercise and risk factors associated with metabolic syndrome in older adults. *Am J Prev Med*. 2005; 28:9-18.
47. McNeill AM, Rosamond WD, Girman CJ, et al. The metabolic syndrome and 11-year risk of incident cardiovascular disease in the atherosclerosis risk in communities study. *Diabetes Care*. 2005; 28:385-390.
48. Hunt KJ, Resendez RG, Williams K, et al. National Cholesterol Education Program versus World Health Organization metabolic syndrome in relation to all-cause and cardiovascular mortality in the San Antonio Heart Study. *Circulation*. 2004; 110:1251-1257.

ARTICLE 3

En révision à la revue: *Journal of Physical Activity and Health* (3 octobre 2007)

Title: The *DiabetAction* program: Changes in health-related quality of life of type 2 diabetic and at-risk individuals

Running head: DiabetAction and Quality of Life

Authors:

Marie-Eve Mathieu, Ph.D. candidate¹

Martin Brochu, Ph.D.²

Louise Béliveau, Ph.D.³

¹ Department of Kinesiology, University of Montreal

CP 6128, succursale Centre-ville

Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7

² Department of Kinanthropology, University of Sherbrooke

2500, boul. de l'Université

Sherbrooke, Québec (Canada), J1K 2R1

Corresponding author:

Louise Béliveau

³ Faculty of Graduate Studies, University of Montreal

CP 6128, succursale Centre-ville

Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7

Tel.: (514) 343-6537

Fax.: (514) 343-2252

Keywords: Well-being, Physical activity, SF-36, preliminary study

Abstract

Background: *DiabetAction* is a 10-week program designed to introduce T2D and at-risk individuals to various physical activity modalities. The purposes of this study were to investigate changes in health-related quality of life (QOL) with participation in the program and to identify associated factors.

Methods: T2D and at-risk individuals were studied. Outcome measures were: QOL, physical activity level, body weight, skinfolds, aerobic capacity and hand grip strength. Two-by-two ANOVAs for repeated measures and bivariate correlations were conducted. The level of significance = 0.05.

Results: Twenty-nine subjects (15 T2D and 14 at-risk) participated to $\geq 50\%$ of group sessions. Their physical and mental health summary measures of QOL as well as 6 out of 8 QOL domains significantly improved, with no difference between T2D and at-risk individuals. Some changes in QOL variables were significantly correlated with changes of other outcome measures: physical functioning domain with skinfolds ($r = -0.56$) and maximal oxygen consumption ($r = 0.49$), social functioning domain with hand grip strength ($r = 0.43$) and physical health summary measure with body weight ($r = -0.45$).

Conclusion: QOL was improved after the 10-week *DiabetAction* program. Our results suggest that a physical activity intervention can better impact QOL when participants experience changes in body composition and fitness.

Background

Out of the 194 million individuals estimated to have diabetes in 2003 worldwide, many will have to live with well-recognized physical complications of the disease such as retinopathies, coronary heart disease, nephropathies and neuropathies ¹. However, it is also important to consider that non-physical aspects such as health-related quality of life (QOL) are also negatively affected in type 2 diabetic (T2D) individuals and this, when compared to healthy individuals without chronic conditions ² and to the general population ^{3,4}.

In order to improve QOL, adopting an active lifestyle could be a promising strategy. Indeed, cross-sectional studies showed that being physically active is associated with a higher QOL in both the general ⁵⁻⁷ and the diabetic population ^{4,8}. Longitudinal studies also reported that increases in leisure PA levels were associated with stable or increased QOL in apparently healthy individuals ^{7,9}. However, these studies do not allow, by their design, a clear understanding of the links between PA and QOL. Consequently, quasi- and experimental studies are needed to further investigate this relationship.

To our knowledge, only four studies have investigated the sole impact of an exercise training program on QOL in T2D patients. In the first one, the effect of a six-week supervised PA program (3 times/week of aerobic exercises; 60 minutes/session) followed by a six-week home-based PA program was quantified in 51 T2D patients ¹⁰. Significant improvements in QOL (total psychological well-being, anxiety, positive well-being and energy) were observed after the first six weeks. However, QOL returned to baseline levels at the end of the home-based program and no significant relationship between changes in maximal oxygen consumption (VO₂ max) and total psychological well-being was reported. In the second study, nine diabetic and ten non-diabetic

sedentary subjects participated in a 10-week supervised training program (3 times/week of aerobic exercises; 20-45 minutes/session) ¹¹. Comparison with a control group showed that the program improved VO₂ max and body composition, but not physical and mental health QOL summary measures ¹¹. Furthermore, no significant associations were observed between changes in summary measures of QOL and physiological measures such as VO₂ max, body mass index and percentage of body fat. The third study investigated the impact of a six-month exercise training program (4 times/week of aerobic exercises; 20-40 minutes/session) on QOL ¹². In this study, nine T2D participants had one supervised session per week while another nine subjects were unsupervised. After the intervention, data revealed that the supervised group significantly improved their QOL, but not significantly more than the unsupervised one. Finally, only one group of researchers tested the change in QOL after a program combining various modalities of exercises ¹³. After their participation to a 16-week program (3 times/week; 60 minutes sessions : 10 minutes warm-up, 20 minutes aerobic, 20 minutes resistance and 20 minutes flexibility/relaxation exercises), T2D subjects aged 65 years old and over maintained their QOL. All together, these studies seem to suggest that QOL could either remain stable or be improved following an aerobic PA program in T2D individuals. However, several issues have not been investigated in this emerging research area such as the impact on QOL of a program combining aerobic exercises with other training modalities in younger individuals and identification of the physical changes induced by the program that correlate with QOL improvements.

DiabetAction is a culturally-sensible program designed to help health professionals introduce individuals with or at-risk for T2D to a wide variety of aerobic, resistance, flexibility and balance exercises. Development of such a program is of great interest since many countries like Canada are lands of immigration where a large number of citizens belong to ethnic groups recognized to be at high risk of T2D ¹⁴. At the same

time, many groups of immigrants are more sedentary than the general population living in their area ^{15,16}. Consequently, the present preliminary study was conducted in order: 1) to quantify the change in QOL after the *DiabetAction* program among T2D and at-risk individuals and 2) to investigate if changes in PA level, fitness and anthropometry were associated with changes in QOL.

Materials and Methods

To participate in this quasi-experimental study, subjects had to meet at least one of the following conditions: diagnosis of T2D or at-risk [insulin resistance by attending physician, obesity (body mass index ≥ 30 kg/m²) or family history of T2D (mother, father, sister or brother)]. They also had to: 1) participate in less than two structured PA sessions per month, 2) be aged between 40 and 65 years old and 3) come from one of the following ethnocultural groups: Canadian with long term residence from European descent, first generation immigrant from Indian subcontinent or first generation immigrant from Central or South America. Exclusion criteria were: 1) unable to speak French or English, 2) pregnancy or 3) medical contraindication to a PA program by attending physician. The convenient sample was recruited through medical clinics, advertisements in local newspapers, local stores, pharmacies and by word of mouth. The study was approved by the Ethic committees of the University of Montreal and the Cote-des-Neiges Local Community Services Center and all participants signed the consent form.

The Short Form-36 Health Survey questionnaire (SF-36) was used to assess self-reported QOL ¹⁷⁻¹⁹. It allows a score on eight QOL domains: physical functioning, role limitations due to physical problems, bodily pain, general health perceptions, vitality, social functioning, role limitations due to emotional problems, and general mental health. Domain results are aggregated in physical and mental summary measures ¹⁸.

When interpreting findings, it is important to keep in mind that: 1) higher scores indicate higher QOL and 2) the SF-36 questionnaire was designed to investigate mainly QOL of the last 4 weeks. The validated English (Canada), Spanish (Mexico) and French (Canada) SF-36 questionnaires (version 1) ¹⁷ were used according to the language preference of subjects .

Participants were interviewed in person using the French or the English versions of the Modifiable Activity Questionnaire to evaluate PA level ²⁰. The average PA practice (minutes/week) of the last 12 months was calculated to identify the baseline level. Post-intervention PA levels were calculated from the average PA practice during the previous three months, excluding activities done during group sessions.

Body weight (TBF-521, Tanita Corporation, Tokyo, Japan) was measured without shoes and heavy clothes, and skinfolds (biceps, triceps, subscapular, iliac crest and calf) with a Harpenden skinfold caliper (John Bull, British Indicators Ltd, St-Albans, England) following the Canadian Society of Exercise Physiology recommendations ²¹ and by the same evaluator at baseline and post-intervention. To assess VO₂ max, subjects performed a one-mile walking test ²² on an indoor track using a heart rate monitor [Polar T31 (transmitter) and Beat (receiver), Polar Electro, Kempele, Finland]. This sub-maximal protocol, developed in healthy adults aged 30 to 69 years old, provides a valid estimate of the VO₂ max, as showed by the reported correlation coefficient ($r= 0.92$; standard error= 0.355 L/min) ²². Then, hand grip strength was measured using a Jamar dynamometer (Sammons Preston, Bolingbrook, USA) according to standard procedure ²¹.

The 10-week *DiabetAction* program includes one supervised weekly group session at the University of Montreal sport center combined with an individual home training

program. Each supervised group session was composed of 1) a 15-minute lecture on health tips (PA, diabetes, nutrition, etc.), 2) 60 minutes of PA and 3) a 15-minute period for subjects to review past-week PA and plan their home training program for the week to come. Each 60-minute supervised PA session included 3-5 minutes of warm-up, 25-30 minutes of aerobic exercises at light/moderate intensity (ex: walking, circuit training or pool exercises, corresponding to 10-13 on the Borg's rate of perceived exertion scale ²³) and 3-5 minutes of cool-down. Six muscular exercises targeting major muscle groups (quadriceps, hamstrings, chest, abdominals, upper and lower back muscles) were then performed for 15 to 20 minutes. Muscular exercises were composed of 1-2 sets of 12-20 repetitions using elastic bands, stability balls, body weight, training room equipments or water resistance. Finally, 10 minutes of exercises targeting balance and flexibility were done at the end of each supervised training session. With the exception of muscular exercises, which were modified every two weeks, activities were changed weekly to initiate subjects to different activities. Organization of the 10 DiabetAction group sessions and home training programs as well as the changes in PA levels, physical fitness and metabolic syndrome documented after the program have been previously published ²⁴.

Statistical analyses

Data presented are means (standard deviations), unless otherwise specified. Subjects were included into the analyses if they completed at least 50% of the training sessions and performed post-intervention evaluation. Effect sizes, a standard unit of measurement which can be used to present before and after changes obtained with a one group situation ²⁵, were calculated by removing initial from final mean value and then dividing by the pooled standard deviation ²⁶. Effect sizes were considered negligible if < 0.2 , small if between 0.2 and 0.5, moderate if between 0.5 and 0.8 and important if > 0.8 ²⁶. Two-by-two ANOVA for repeated measures were conducted, with within-subjects factor being time of measurement (baseline vs. post-intervention QOL

measures) and between-subjects factor representing diabetes status (at-risk vs. presence of T2D). Bivariate correlations were done to examine the association between absolute changes in measures of QOL and in PA practice, anthropometric values and fitness levels. Analyses were carried out using SPSS 14.0 Statistical Software Program. The level of significance was set at 0.05.

Results

Out of the 39 participants who took part to this preliminary study, 10 attended less than 50% of the supervised weekly group sessions. Reasons reported were: travel (n= 1), conflict with work (n= 2), busy schedule (n= 2), medical recommendations (n= 2) and unknown/personal reasons (n= 3). Consequently, analyses were done on the remaining 29 subjects, with the exception of hand grip strength and aerobic capacity because of contraindications to maximal exercise testing (n= 26 and 21, respectively).

The 29 participants were aged 51 (9) years. The ratio of T2D vs. at-risk individuals was 15:14 (9 women and 6 men vs. 11 women and 3 men). Participants were from three ethnocultural groups (9 immigrants from the Indian Subcontinent, 13 immigrants from Central/South America and 7 Caucasians). On average, immigrants had been in Canada for 16 (9) years. The mean attendance of the 29 participants to the 10 group sessions was 8.2 (2.0).

Quality of life at baseline and post-intervention and effect size values are presented in Table 1. Between-subject effects were significant for physical functioning [$F(1,27)= 4.85$, $p= 0.04$], role limitations due to physical problems [$F(1,27)= 6.65$, $p= 0.02$], general health [$F(1,27)= 4.93$, $p= 0.03$] and physical component summary measure [$F(1,27)= 8.89$, $p= 0.01$]. Within-subject effects were significant for physical component summary measure [$F(1,27)= 4.14$, $p= 0.05$], mental component summary measure

[F(1,27)= 7.74, p= 0.01] and six QOL domains: physical functioning [F(1,27)= 10.99, p< 0.01], bodily pain [F(1,27)= 6.77, p= 0.01], vitality [F(1,27)= 6.68, p= 0.01], social functioning [F(1,27)= 4.27, p= 0.05], role limitation due to emotional problems [F(1,27)= 6.66, p= 0.02] and mental health [F(1,27)= 10.69, p= 0.003]. No significant interaction between time of measurement and diabetes status for any of the QOL domains and summary measures was observed (data not shown).

Insert Table 1

Correlations between changes in QOL and changes in PA practice, anthropometry and fitness are presented in Table 2. Four significant correlations were identified (p<0.05): physical functioning domain with skinfolds (r=-0.56); physical functioning domain with VO₂ max (r=0.49); social functioning domain with hand grip strength (r=0.43) and physical health summary measure with body weight (r=-0.45).

Insert Table 2

Discussion

The major finding of this preliminary study is that individuals with T2D and at-risk significantly improved their QOL after the 10-week exercise program. Since *DiabetAction* was designed for both T2D and at-risk individuals, an interesting observation was that T2D individuals responded to the same extent as at-risk individuals as revealed by the absence of significant interaction between diabetic status and time. Furthermore, correlation analyses revealed that improvements in fitness levels and body composition were significantly associated with increases in QOL.

In line with previous studies²⁻⁴, T2D participants in our sample had a lower baseline QOL compared to at-risk individuals. This difference was statistically significant for

physical health summary measure and for three out of the four domains representing physical health QOL. While both summary measures and six out of eight domains of QOL significantly improved post-intervention, it was interesting to note even after this short and low constraint program that all effects sizes were over 0.2, indicating at least a small treatment effect. In fact, treatment effects were either small (physical functioning domain, role limitations due to physical problem domain, general health domain, vitality domain, social functioning domain and physical component summary measure) or moderate (bodily pain domain, mental health domain and summary score).

Our results seem to be in agreement with previous studies showing that exercise supervision may be an important factor associated with improvement in QOL in T2D individuals taking part in PA programs. Indeed, Alam et al. (2004) showed that QOL was significantly improved after a six-month aerobic exercise program in a group having one weekly supervised session while no effect of treatment were measured in an unsupervised group. In another study¹⁰, positive changes in QOL were reported following a 6-week supervised PA program, while QOL returned to baseline values after the second portion of the program consisting of an unsupervised 6-week home training program. Other than supervision, the modality of training could be another factor to consider. For instance, in a recent meta-analysis, Netz et al. (2005) reported that even though aerobic training seems to be the most beneficial exercise for the improvement of well-being, improvements in strength and functional capacity have also been linked to well-being improvements overall in older adults²⁷. Consequently, the beneficial effects of the *DiabetAction* program on QOL in T2D and at-risk individuals could be associated with the combination of various aerobic, muscular, balance and flexibility exercises. However, considering that Tessier et al. (2000) found no change in QOL after 16 weeks of aerobic and resistance training in T2D individuals aged over 65 years old, we can not conclude that combining modalities of training always leads to improvements. One aspect that should not be overlooked in studies assessing QOL is

the differences in the various questionnaires used. For instance, Tessier et al. (2000) have developed an in-house questionnaire based on the Diabetes Quality of Life – DCCT Research Group²⁸ and on the Modified Quality of Life Measure for Youths questionnaires²⁹ while Alam et al. (2004) and Ligtenberg et al. (1998) used the Well Being questionnaire³⁰. Only Holton et al. (2003) used the same generic questionnaire as we did, the SF-36. Further studies comparing different questionnaires as well as single and combined modalities of training in various age groups would be interesting to better understand the impact of this type of intervention on QOL.

In opposition to published cross-sectional and longitudinal studies reporting that QOL is higher in more active individuals⁴⁻⁹, we observed no relationship between changes in QOL and levels of PA (min/week) or the number of attended group sessions. On the other hand, our analyses revealed that increases in VO₂ max aerobic capacity and hand grip strength were associated with increases in physical functioning domain and social functioning domain of the SF-36 questionnaire, respectively. Furthermore, decreasing body weight and lowering skinfolds thickness were related to an increase in physical QOL (physical component summary measure and physical functioning domain, respectively). Interestingly, out of the four significant correlations observed in the present study, three were similar to those measured by Stewart et al. (2003) [body mass index and physical health summary measure ($r=-0.38$), percentage of body fat and physical functioning ($r=-0.41$), fitness level and physical functioning ($r=0.33$)]. The correlation between hand grip strength and social functioning is the only one not reported in the study by Stewart et al. (2003) and how an improvement in hand grip strength can be linked to a better social functioning remains to be identified. To our knowledge, the study by Stewart et al. (2003) is the only one to date that reported in a single study correlations between QOL and PA, fitness and body composition variables. Out of ten possible correlations with QOL variables, only one significant correlation between PA level and QOL was reported while four, five and seven

significant correlations were measured between QOL and VO₂ max, body mass index and percentage of body fat, respectively⁵. It then appears that, in both cross-sectional and intervention studies, QOL is more associated to fitness and anthropometry than to PA practice per se.

Study limitations and strengths

Firstly, the absence of a control group and the small sample size of this preliminary study limit the external validity of our results. Secondly the SF-36 questionnaire, by design, represents mainly QOL of the past four weeks¹⁷⁻¹⁹ and does not allow the investigation of acute changes in QOL following each PA session. Despite these limitations, the present study is strengthened by: 1) the fact that subjects were from a target population at higher risk of lower QOL that might benefit from an exercise program and 2) the integration of four modalities of training in an innovative program designed to be workable in real life settings. To our knowledge, this is the only study published to date that investigated the impact on QOL of a PA program including aerobic, resistance, balance and flexibility exercises in DT2 and at-risk individuals.

Conclusions

T2D and at-risk participants improved their QOL after the 10-week *DiabetAction* program. This study also revealed that changes in VO₂ max, hand grip strength, body weight and skinfolds thickness were significantly correlated to improvements in QOL. However, changes in PA levels and attendance to group sessions had no impact on various measures of QOL. These findings put forward the importance of measuring changes in fitness and body composition in studies aimed to understand links between QOL and PA.

Acknowledgements

Data used in this study were obtained within a project supported by a Health Canada Contribution. Views expressed here do not necessarily represent the official position of Health Canada. Marie-Eve Mathieu is supported by a Ph.D. scholarship from the *Fonds de la Recherche en Santé du Québec*. We would like to thank all the participants and research assistants, as well as Mrs Adopo, Ouimet and Perrault.

References

1. Diabetes Atlas [<http://www.eatlas.idf.org/>]
2. Ware JE, Kosinski M. *SF-36 Physical & Mental Health Summary Scales: A Manual for Users of Version 1*. Lincoln, RI : QualityMetric; 2001.
3. Brown DW, Balluz LS, Giles WH, Beckles GL, Moriarty DG, Ford ES, Mokdad AH. Diabetes mellitus and health-related quality of life among older adults: Findings from the behavioral risk factor surveillance system (BRFSS). *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2004; 65:105-115.
4. Glasgow RE, Ruggiero L, Eakin EG, Dryfoos J, Chobanian L. Quality of life and associated characteristics in a large national sample of adults with diabetes. *Diabetes Care*. 1997; 20:562-567.
5. Stewart KJ, Turner KL, Bacher AC, DeRegis JR, Sung J, Tayback M, Ouyang P. Are fitness, activity, and fatness associated with health-related quality of life and mood in older persons? *J Cardiopulm Rehabil*. 2003; 23:115-121.
6. Vuillemin A, Boini S, Bertrais S, Tessier S, Oppert JM, Hercberg S, Guillemin F, Briancon S. Leisure time physical activity and health-related quality of life. *Prev Med*. 2005;41:562-569.
7. Wendel-Vos GCW, Schuit AJ, Tijhuis MAR, Kromhout D. Leisure time physical activity and health-related quality of life: Cross-sectional and longitudinal associations. *Quality of Life Research*. 2004; 13:667-677.
8. Senez B, Felicioli P, Moreau A, Le Goaziou MF. [Quality of life assessment of type 2 diabetic patients in general medicine] (in french). *Presse Med*. 2004; 33:161-166.
9. Tessier S, Vuillemin A, Bertrais S, Boini S, Le Bihan E, Oppert JM, Hercberg S, Guillemin F, Briancon S. Association between leisure-time physical activity and health-related quality of life changes over time. *Prev Med*. 2007;44:202-208.
10. Ligtenberg PC, Godaert GL, Hillenaar EF, Hoekstra JB. Influence of a physical training program on psychological well-being in elderly type 2 diabetes patients.

- Psychological well-being, physical training, and type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 1998; 21:2196-2197.
11. Holton DR, Colberg SR, Nunnold T, Parson HK, Vinik AI. The effect of an aerobic exercise training program on quality of life in type 2 diabetes. *Diabetes Educ*. 2003; 29:837-846.
 12. Alam S, Stolinski M, Pentecost C, Boroujerdi MA, Jones RH, Sonksen PH, Umpleby AM. The effect of a six-month exercise program on very low-density lipoprotein apolipoprotein B secretion in type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004; 89:688-694.
 13. Tessier D, Menard J, Fulop T, Ardilouze J-L, Roy M-A, Dubuc N, Dubois M-F, Gauthier P. Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2000;31:121-132.
 14. Newbold KB, Danforth J. Health status and Canada's immigrant population. *Soc Sci Med*. 2003; 57:1981-1995.
 15. Clarkson M. *Activité Physique*. In Clarkson M, Tremblay R, Audet N. *Santé et Bien-être, Immigrants Récents au Québec: une Adaptation Réciproque?* Institut de la statistique du Québec; 2002:111-118.
 16. Fischbacher CM, Hunt S, Alexander L. How physically active are South Asians in the United Kingdom? A literature review. *J Public Health*. 2004; 26:250-258.
 17. Ware JE. SF-36® Health Survey Update. From: <http://www.sf36.org/tools/sf36.shtml>
 18. Leplège A. *Le Questionnaire MOS Sf-36: Manuel de l'Utilisateur et Guide d'Interprétation des Scores*. Paris: ESTEM; 2001.
 19. Ware JE, Jr., Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992; 30:473-483.
 20. Kriska AM: Modifiable activity questionnaire. In M A Pereira, S J FitzGerald, E W Gregg, et al.: A collection of physical activity questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc*. 1997; 29(Suppl 6):S73-S78.

21. Canadian Society for Exercise Physiology. *The Canadian Physical Activity, Fitness & Lifestyle Appraisal: CSEP's Plan for Healthy Active Living*. Ottawa; 1999.
22. Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, Freedson PS, Ward A, McCarron RF, Ross J, Rippe JM. Estimation of VO₂max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med Sci Sports Exerc.* 1987; 19:253-259.
23. Borg G. *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign, Il: Human Kinetics; 1998.
24. Mathieu ME, Brochu M, Béliveau L. *DiabetAction: Changes in physical activity practice, fitness and metabolic syndrome in type 2 diabetic and at-risk individuals.* *Clin J Sport Med.* 2007 (in press).
25. Kazis LE, Anderson JJ, Meenan RF. Effect sizes for interpreting changes in health status. *Med Care.* 1989; 27:S178-189.
26. Thomas JR, Nelson JK, Sileverman SJ. *Research Methods in Physical Activity*. Champaign, Il: Human Kinetics; 2005.
27. Netz Y, Wu MJ, Becker BJ, Tenenbaum G. Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychol Aging.* 2005; 20:272-284.
28. Reliability and validity of a diabetes quality-of-life measure for the diabetes control and complications trial (DCCT). The DCCT Research Group. *Diabetes Care.* 1988; 11:725-732.
29. Ingersoll GM, Marrero DG. A modified quality-of-life measure for youths: psychometric properties. *Diabetes Educ.* 1991; 17:114-118.
30. Bradley C, Lewis KS. Measures of psychological well-being and treatment satisfaction developed from the responses of people with tablet-treated diabetes. *Diabet Med.* 1990; 7:445-451.

Table 1: Health-related quality of life of at-risk and type 2 diabetic individuals before and after the DiabetAction program

Health-related quality of life	At-risk † (n=14)		Type 2 diabetic † (n=15)		Effect sizes † (n=29)
	Baseline	Post-intervention	Baseline	Post-intervention	
Physical functioning	86.8 (16.5)	94.6 (5.0)*	72.3 (22.5) [§]	81.0 (23.0)*	0.47
Role limitations due to physical problems	92.9 (15.3)	92.9 (20.6)	56.7 (40.6) [§]	80.0 (35.6)	0.37
Bodily pain	72.8 (22.9)	76.8 (24.1)*	55.8 (26.3)	80.4 (24.7)*	0.59
General health	71.7 (15.3)	80.2 (11.2)	61.7 (20.4) [§]	66.1 (20.7)	0.35
Vitality	70.0 (12.4)	76.8 (24.1)*	62.7 (12.8)	69.7 (17.8)*	0.47
Social functioning	81.3 (21.2)	89.3 (14.6)*	75.0 (22.7)	83.3 (21.5)*	0.41
Role limitation due to emotional problems	78.6 (36.1)	92.9 (19.3)*	68.9 (34.4)	86.7 (30.3)*	0.53
Mental health	70.6 (16.8)	80.6 (13.0)*	68.8 (11.9)	78.4 (16.8)*	0.67
Summary	52.1 (6.6)	52.9 (4.4)*	43.0 (8.8) [§]	48.5 (8.6)*	0.39
measures	48.7 (9.0)	53.9 (6.4)*	48.9 (5.8)	52.8 (8.7)*	0.60

†: Mean values (standard deviation); ‡: Effect size values; §: Significantly different from at-risk individuals at baseline (p < 0.05);

*: Significantly different from baseline values (p < 0.05)

Table 2: Correlations between changes in health-related quality of life and changes in physical activity level, anthropometry and fitness in the DiabetAction program

Health-related quality of life changes	Physical activity level change (min)	Number of group sessions attended (#/10)	Body weight change (kg)	Skinfolds thickness change (mm)	Aerobic capacity change (O ₂ L/min)	Hand grip strength change (kg)
Physical functioning	0.32	0.14	-0.24	-0.56 *	0.49 *	0.01
Role limitations due to physical problems	0.19	-0.05	-0.20	0.09	0.01	0.02
Bodily pain	0.16	0.10	-0.19	-0.20	0.42	0.14
General health	0.18	0.14	-0.32	-0.18	0.09	0.18
Vitality	0.25	-0.19	-0.28	-0.09	0.42	-0.31
Social functioning	0.21	0.06	-0.28	-0.23	0.02	0.43 *
Role limitation due to emotional problems	0.01	0.13	-0.25	-0.06	0.41	0.06
Mental health	0.20	-0.04	0.13	-0.03	0.30	-0.07
Physical health	0.24	0.08	-0.45 *	-0.23	0.19	0.09
Mental health	0.11	< 0.01	0.32	-0.03	0.17	0.04

* : p < 0.05

ARTICLE 4

Accepté pour publication dans la revue: *Research Quarterly for Exercise and Sport*

TITLE: The DiabetAction program: implementation in community-based settings

AUTHORS:

Marie-Eve Mathieu, Ph.D. candidate,
Department of Kinesiology, University of Montreal
CP 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7

Martin Brochu, Ph.D.,
Department of Kinanthropology, University of Sherbrooke
2500, boul. de l'Université, Sherbrooke, Québec (Canada), J1K 2R1

Louise Béliveau, Ph.D., (corresponding author)
Faculty of Graduate Studies, University of Montreal
CP 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec (Canada), H3C 3J7

■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■
Tel.: (514) 343-6537 Fax. : (514) 343-2252

ABSTRACT

Developed for specialists who want to increase physical activity (PA) level of type 2 diabetic and at-risk individuals, the 10-week DiabetAction program introduces participants to a wide variety of aerobic, resistance, balance and flexibility exercises. Thirty-three out of 48 individuals completed the intervention in community-based settings while 25 out of 29 subjects completed control group evaluations. A significant time effect ($p < 0.05$) was measured for leisure PA level, resting systolic and diastolic blood pressure, estimated maximal oxygen consumption and dynamic balance (non-significant group effect; $p > 0.05$). Physical functioning domain of quality of life improved in the experimental group while the vitality domain improved in the control group (significant interactions; $p < 0.05$). Follow-ups of the experimental group revealed that post-intervention parameters were maintained (leisure PA level, proportion of subjects ≥ 150 minutes of PA weekly, estimated maximal oxygen consumption) or improved (mental component summary measure of quality of life). Ninety-four percent of the experimental group was "very" or "extremely" satisfied with the program and subjects perceived improvements in PA level, health and tiredness post-intervention. In conclusion, participants in community-based settings improved many parameters measured and maintained PA practice up to 6 months post-intervention. However, since control participants also saw improvements, further controlled studies will be needed.

KEYWORDS (4)

Physical activity, fitness, diabetes, quality of life

INTRODUCTION

As specified in the 2003 Clinical Guidelines of the Canadian Diabetes Association, “*successful diabetes care depends on the daily commitment of the person with diabetes mellitus to self-management through the balance of lifestyle and medication*” (Canadian Diabetes Association and Clinical Practice Guidelines Expert Committee, 2003a). In fact, a growing body of evidence supports the importance of an active lifestyle in both primary and secondary prevention of type 2 diabetes (T2D). Three major studies that investigated the impact of adopting a healthy lifestyle, including physical activity (PA) and nutrition, reported a reduced incidence of T2D in at-risk individuals (Pan et al., 1997; Tuomilehto et al., 2001; Knowler et al., 2002). Being active has also been associated with positive outcomes when T2D is already diagnosed. For example, in their meta-analysis, Boulé et al. (2001) reported that T2D individuals reduced their glycosylated haemoglobin by an average of 0.66 % after exercise interventions lasting at least 8 weeks, and this without concomitant changes in body weight. Recently, Snowling and Hopkins (2006) performed a meta-analysis of exercise interventions lasting ≥ 12 weeks and reported a similar result with an average reduction of 0.8 % for glycosylated haemoglobin. Such reductions appear to be of the same magnitude than those obtained with dietary, drug and/or insulin treatments (Snowling & Hopkins, 2006) and would probably be sufficient to decrease the risk of complications, as proposed by Boulé et al. (2001). In addition, exercise training can substantially and positively impact on other important parameters such as plasma lipoprotein profile, inflammation markers and endothelial dysfunction, thus leading to potential benefits on cardiovascular morbidity and mortality (Balducci et al., 2007).

While PA has been shown to play a role in the primary and secondary prevention of diabetes in research settings, very few studies have examined the impact of such programs when administered in community-based settings. As mentioned by Glasgow et

al. (2004), "*many interventions found successful in research studies prove impractical to implement in applied settings that have limited time, few resources, and many competing demands*". Furthermore, most published interventions are only briefly described in scientific publications and thus, do not provide all the information necessary for the clinician who wants to implement them. Taking into consideration the positive impacts of PA programs demonstrated in research settings as well as the reality of clinical practice, a multidisciplinary team of researchers and clinicians developed the DiabetAction program (see the Author's Note for team members other than the authors). This program, designed for exercise (kinesiologists) and health specialists, is based on scientific evidences, focus groups conducted with T2D individuals from various cultural backgrounds and clinical expertise (exercise specialists, nurses, nutritionists and diabetes educators). It proposes an introduction to a wide variety of aerobic, resistance, balance and flexibility exercises over a 10-week period. First tested in university settings by researchers (Mathieu, Brochu, & Béliveau, 2007), the program was made available to professionals in French and English toolkits. The aim of the present controlled trial was to evaluate the impact of the program when delivered in community-based settings by exercise specialists not involved in the previous steps of program's development and testing.

METHODOLOGY

Kinesiologists were recruited and allocated to a community-based facility in the Montreal area : Diabetes Day Center of the Lakeshore General Hospital, Local Community Service Center of Côte-des-Neiges or Local Community Service Center of Notre-Dame-de-Grâce. They were responsible for recruiting participants, identifying an intervention site for the group sessions and conducting the DiabetAction program.

Inclusion and exclusion criteria

Patients' inclusion criteria were: 1) meet at least one of the following conditions: diagnosis of T2D or at-risk [insulin resistance by attending physician, obesity (body mass index ≥ 30 kg/m²) or family history of T2D (mother, father, sister or brother)], 2) be sedentary [expend through PA less than 1.5 kcal/kg of body weight daily (Center for Chronic Disease Prevention and Control, 2002)] and 3) be aged between 40 and 70 years old. Each participant who had T2D or a positive answer to one or more questions of the Physical Activity Readiness Questionnaire (Canadian Society for Exercise Physiology, revised 2002) had to receive an authorization from their attending physician to join the program. Exclusion criteria were: 1) unable to speak French or English, 2) pregnancy or 3) medical contraindication to a PA program. The project was approved by the Ethic committees of the University of Montreal and the Cote-des-Neiges Local Community Service Center. All participants gave written consent.

Evaluation procedure

Subjects were evaluated at each community-based site during the week preceding and following the intervention. After their first evaluation, participants were randomly assigned to the control or the experimental group. While the experimental group took part to the DiabetAction program, the control group was asked to maintain their eating and exercise habits. After 10 weeks, both groups were invited for a second evaluation, referred to as the post-intervention evaluation for the experimental group and the post-control evaluation for the control group. Participants in the control group were invited to take part to the DiabetAction program after their post-control evaluation. Consequently, these subjects were also included in the experimental group, and post-control results were used as

baseline values to quantify the effect of the treatment. Participants considered completers in the experimental group were also followed at 3- and 6-month for leisure PA level, estimated cardiorespiratory fitness and health-related quality of life.

Participants were interviewed in person (baseline, post-control and post-intervention evaluations) and over the phone (3- and 6-month follow-ups) using the French and English versions of the Modifiable Activity Questionnaire (Kriska, 1997) to quantify leisure PA practice. Baseline PA level (minutes/week) refers to the 3-month period prior to baseline evaluation. Post-intervention PA levels were calculated using the average PA practice during the previous three months, both including and excluding DiabetAction group sessions. Values at 3- and 6-month follow-ups represented all PA done during the 3-month period preceding each phone recall. The number of participants achieving the recommended 150 minutes of PA per week (Canadian Diabetes Association and Clinical Practice Guidelines Expert Committee, 2003b) was calculated for each reference period.

PA practice was also assessed using a pedometer at all evaluations except for follow-ups (Digi-Walker SW-200, YAMAX, Japan). Each participant was asked to wear the pedometer at all times for 1 weekend day and 3 week days, except when sleeping, taking a bath/shower or at the pool. The pedometer was sealed, so participants were not able to see their number of steps. Participants were asked to write down at what time they put on the pedometer in the morning and removed it at night and to identify, if necessary, for which duration they removed it during the day. This information allowed calculation of the number of steps per hour.

The Huet Questionnaire was used (Trivel et al., 2004) to estimate cardiorespiratory fitness (VO_2 max) since this variable could not be directly measured at evaluation sites because of

limited space, equipments or availability of medical supervision. This questionnaire was designed to assess VO_2 max with ten multiple choice questions and has been validated with a healthy sample of 88 males and 20 females aged between 15 and 69 years old. A high validity ($r= 0.88$, $SEE= 6.85$, $n= 108$) and an excellent reliability ($ICC= 0.988$, $n= 21$) have been reported (Trivel et al., 2004). Participants were interviewed in person (baseline, post-control and post-intervention) and over the phone (3- and 6-month follow-ups). Over 80% of participants we reached at both 3- and 6-month follow-ups.

Participants filled-out the Medical Outcomes Study Short Form-36 Health Survey questionnaire (SF-36) in order to assess self-reported health-related quality of life (QOL) (Leplège, 2001; Ware & Sherbourne, 1992). It provides a score for eight QOL domains: physical functioning, role limitations due to physical problems, bodily pain, general health perceptions, vitality, social functioning, role limitations due to emotional problems, and mental health. Scores for each domain were used to quantify a general index of physical and mental component summary measures of QOL (Leplège, 2001). The validated English, Spanish and French versions 1 were used according to the language preference of the subjects (Ware). Questionnaires were mailed to participants for the follow-ups and the return rate when both 3- and 6-month follow-ups are considered was of 60 %.

Resting heart rate and blood pressure were measured in a seated position, according to the standard procedure (Canadian Society for Exercise Physiology, 1999), using a Dinamap equipment (Welch Allyn, San Diego, USA). The average of three measures taken at 5-minute intervals was calculated to determine resting values. Height and body weight were measured without shoes and heavy clothes (Canadian Society for Exercise Physiology, 1999). Waist circumference (measuring tape by ERP Group Professional Products Ltd, Laval, Canada) and biceps, triceps, subscapular, iliac crest and calf skinfold

measures (Harpenden skinfold caliper, John Bull, British Indicators Ltd, St-Albans, England) were done according to standardized procedure (Canadian Society for Exercise Physiology, 1999).

The hand grip strength was measured using a Jamar dynamometer (Sammons Preston, Bolingbrook, USA) based on the 1999 Canadian Society of Exercise Physiology protocol. Dynamic balance was assessed with the Functional Reach Test, as previously described (Centomo, Termoz, Savoie, Beliveau, & Prince, 2006). To measure unipodal balance, subjects were asked to stand as still as possible on both feet and then to raise one leg from the ground for a maximum of 25 seconds (Rooks, Kiel, Parsons, & Hayes, 1997). The procedure was done for both legs.

To document participants' perception regarding the program's impact, a home made questionnaire was administered after the 10-week program. It includes questions on their perception of potential effects of participating to the intervention and of the importance of these potential effects for them as well as questions on their satisfaction toward the DiabetAction program.

Program description

The DiabetAction's group sessions are composed of a 1) 15-minute discussion period on health tips (complications of a sedentary lifestyle, healthy eating habits, T2D medication...), 2) 60-minute PA period and 3) 15-minute discussion period including time to review subjects' past-week PA and to plan their home training program for the coming week. The 60-minute PA period includes a 3- to 5-minute warm-up, 25 to 30 minutes of aerobic exercises at light/moderate intensity [ex: walking, circuit training and pool

exercises, rated 10-13 on the Rate of Perceived Exertion Scale (Borg, 1998)], a 3- to 5-minute cool-down period, 15 to 20 minutes of resistance exercises and 10 minutes of balance and flexibility exercises. Resistance programs targeted major muscle groups (quadriceps, hamstrings, chest, abdominals, upper and lower back muscles). They were composed of 1-2 sets of 12-20 repetitions and were done using elastic bands, stability balls, body weight, training room equipments or water resistance. Finally, exercises targeting balance (ex: ankles strengthening, one leg stand exercises, exercises in water or on stability balls) and flexibility were done at the end of each supervised training session. Muscle groups targeted by flexibility exercises were: upper and lower back, triceps, biceps, chest, quadriceps, hamstrings and calves. With the exception of resistance exercises, which were modified every two weeks, activities were changed weekly to introduce subjects to different types of exercises. Organization of the 10 DiabetAction group sessions and home training programs have been previously published (Mathieu, Brochu, & Béliveau, 2007). For the home training program, participants are invited to identify on which day and for how long they plan to perform cardiovascular, resistance and flexibility exercises under the supervision of the kinesiologist. During the week, they write down what they actually do on their weekly sheet and get feedback at the next group meeting.

Analysis

In the control group, the completers are defined as the subjects who came back for their post-control evaluation while in the experimental group, they are the ones who took part to at least five out of ten group sessions and to post-intervention evaluation. The choice for a 50% compliance rate was based on the fact that a minimal exposure to the intervention was necessary and that subjects were encouraged to perform PA outside of group sessions. T-tests and Fisher's exact tests were used to compare baseline subjects' characteristics. Two-by-two ANOVAs for repeated measures with within-subjects factor

“time of measurement” (baseline vs. post-intervention) and between-subjects factor “group” (experimental vs. control) were used to quantify the effects of the program. One-by-three ANOVAs for repeated measures with linear and quadratic contrast analysis and Cochran's Q test were conducted for numeric and nominal data respectively in order to document if post-intervention PA, estimated aerobic capacity and QOL values were maintained during follow-up. Analyses were carried out using SPSS 14.0 Statistical Software Program. Data are presented as mean [standard deviation (SD)], unless otherwise specified. The level of significance was set at 0.05. Exact number of subjects for each variable is indicated since it varies according to medical contraindications to testing and compliance of the subjects.

RESULTS

Thirty-three out of 48 subjects completed the program and post-intervention evaluations in the experimental group while 25 out of 29 subjects were considered completers in the control group. For all variables of interest [age, gender, number of T2D vs. at-risk individuals, duration of T2D, number of immigrants vs. non-immigrants, number of medicament, education level, type of occupation, civil status, leisure PA level, steps/hour, anthropometric variables, hemodynamic measures and fitness level], completers and non-completers in the control group were similar (data not presented). Completers in the experimental and control groups were also comparable at baseline (data not presented). In the experimental group, completers and non-completers also had similar baseline characteristics, except for PA and unipodal balance. A smaller proportion of subjects in the completer group were doing more than 150 minutes of PA weekly at baseline (completers: 4/29 vs. non-completers: 6/9; $p= 0.05$). Completers also had a better score

for the unipodal balance test [completer: 13 (8) vs. non-completers: 7 (5) seconds; $p=0.03$).

The effects of the DiabetAction program are presented in Table 1. Participants in the intervention group increased their weekly PA level by 132 and 180 minutes when group sessions were respectively excluded and included in post-intervention value. The control group also increased PA level, by an average of 174 minutes. When comparing groups, a significant time effect and a non-significant group effect were observed. Resting diastolic and systolic blood pressure, estimated VO_2 max and functional reach also significantly improved after 10 weeks in both groups, with no interaction or group effect. Finally, no changes were observed for the number of steps/hour, anthropometric characteristics, resting heart rate, hand grip strength and one leg stance.

Insert Table 1

The QOL questionnaire showed that both mental and physical components summary measures remained unchanged after 10 weeks (Table 2). However, sub-analyses of QOL domains revealed significant interactions for physical functioning and vitality domains. On a scale ranging from 0 to 100, the experimental group significantly increased their physical functioning score by about 7.7 while the control group maintained it. On the opposite, vitality score significantly increased by 8.6 in the control group while it remained relatively stable in the experimental group.

Insert Table 2

A follow-up was performed three and six months after the completion of the DiabetAction program. Analysis revealed that post-intervention PA levels, the proportion of subjects

achieving 150 min of weekly PA and the estimated VO_2 max were maintained during the follow-ups (Table 3). Neither linear nor quadratic within-subject contrasts were significant for any of those parameters. No significant changes in QOL were noted during the follow-up (data not presented), except for a quadratic within-subject contrast of mental component summary measure [$F(1,17)= 6.56$; $p= 0.02$]. From a post-intervention value of 49.7 (12.4), mental component summary measure increased to a score of 53.6 (9.3) at 3-month follow-up and came back to a value close to post-intervention value after 6 months [50.0 (10.3)].

Insert Table 3

Participants reported experiencing many positive changes related to their participation to the DiabetAction program (Table 4). Close to 60 % of the participants “very much” or “completely agree” that they increased their PA level, improved their health and were more in shape because of the program. Using these top two categories of agreement (“very much” and “completely agree”), 50 % also reported feeling less tired and 47 % having lower stress, higher energy level and improvements of diabetes control. The two aspects for which most individuals did not report an effect were improvements in sleep and in quality of their social life. Interestingly, those aspects were also perceived as less important by participants (data not presented). On the other hand, over 82 % of the participants considered “very” or “extremely important” the top three potential effects of the DiabetAction program, namely increasing their PA level, improving their health and being more in shape (data not presented).

Insert Table 4

Finally, participants were asked to express their appreciation towards the program (Table 5). With more than 9 subjects out of 10 being “very” or “extremely satisfied”, the

competence and dynamism of the trainer, the clarity of instructions for group session, the variety of PA, the program in general and the atmosphere during group sessions were the most appreciated factors. Slightly lower satisfaction levels were noted for difficulty level of group and home exercises, and clarity of the instructions for home exercises.

Insert Table 5

DISCUSSION

The major finding of the present study is that participants increased PA level during the program and maintained it outside of group sessions up to six months after the intervention. In line with this finding, the proportion of participants achieving the minimal PA level recommended by the Canadian Diabetes Association post-intervention was maintained during the follow-up. Interestingly, increments in mental component summary measure occurred at 3-month follow-up, which is the period where the higher proportion of subjects achieving the 150 minutes of weekly PA was noted.

An unexpected observation in this study was that both experimental and control groups increased their PA levels to a similar extent. Such changes in control groups have been previously reported (King et al., 2002; Hillsdon, Thorogood, White, & Foster, 2002; Marcus et al., 1998; Burke, Giangiulio, Gillam, Beilin, & Houghton, 2003). Many reasons, like the sole impact of being invited for a study and the effect of measurements may affect subject's behavior in a control group (van Sluijs, van Poppel, Twisk, & van Mechelen, 2006). Van Sluijs et al. (2006) have directly tested the influence of assessing PA levels and determinants on PA behaviors. They reported that participants who were evaluated more frequently were also more physically active than those evaluated less often (van Sluijs et al., 2006). Thus, it is likely that individuals in the control group, receiving a pre-

control evaluation but also willing to start a PA program and being put on the waiting list, might have increased their activity level even though they were instructed not to do so. They possibly turned to accessible forms of exercises such as walking. Even though the difference is not statistically significant, subjects in the control group increased their number of steps/hour by 14 % compared to 6 % in the experimental group. A lower change in the experimental group must be put in perspective considering that the DiabetAction program includes four modalities of training and that walking is only one of the ten cardiovascular activities proposed. Analysis of the types of activities reported post-intervention in the Modifiable Activity Questionnaire revealed that callisthenic/tonic exercises (e.g., resistance exercises in the DiabetAction program) were the type of activity with the highest increase in the experimental group. In the year preceding the intervention, only one subject reported doing resistance training while 12 subjects did that activity at least once at home during the 10-week program.

The implementation in community-based settings showed that a large proportion of participants appreciated the DiabetAction program and perceived improvements in aspects important to them after their participation. Those include increments in PA level, improvements of their health and being more in shape. A closer look at the characteristics of the completers in the experimental group helped understand to whom the program is better addressed. Indeed, 22 % of completers were achieving the recommended 150 minutes at baseline while the proportion was 40 % in non-completers. Thus, less active individuals persevered more in this program that was specifically developed for them. Since the program was designed for both at-risk and T2D individuals, it was interesting to find that the proportion of at-risk and T2D individuals in the completers and non-completers was similar, suggesting that the program was addressing the needs of both

groups. Moreover, gender, age and place of birth (Canada or outside the country) was not different between completers and non-completers.

Regarding anthropometry, hemodynamic and fitness parameters, completers were similar to non-completers before the intervention. The only significant difference noted was a significantly lower performance of non-completers on the right leg stance test and a similar trend for the left leg. Such findings are similar to those reported by Forkan et al. (2006) who documented that exercise adherence was lower for individuals who feared falling. Furthermore, King et al. (2002) reported that individuals who dropped out of their intervention within the first three months had lower scores on a physical performance battery including balance tests. Further studies would help to better understand if a low balance affects adherence to exercise programs through factors such as transportation issues or exercises per se.

Changes in PA levels observed were in line with improvements in systolic and diastolic blood pressure, estimated VO_2 max and balance measured in both the experimental and the control group. However, only the experimental group improved its physical functioning QOL domain over the 10-week period. It should be recalled that individuals in the experimental group were doing aerobic, resistance, balance and flexibility exercises at group sessions and that they were encouraged to practice them at home. Those activities could have helped them feel less limited when performing every day activities such as climbing stairs, walking, bending or lifting grocery. It is of note that despite the fact that the program integrates four modalities of training, no difference between groups was observed for estimated VO_2 max, strength and balance. The DiabetAction is an introductory

program including low intensity exercises and low frequency of supervised sessions. It is possible that increasing those parameters would have led to better improvements.

The present study has limitations. First, VO_2 max was estimated from a questionnaire and not directly measured. Second, because of financial constraints, blood samples were not collected in community-based settings. That prevents us from documenting if improvements of high density lipoprotein levels and metabolic syndrome prevalence, which were reported after the preliminary study (Mathieu ME, Brochu M & Béliveau L, 2007), were replicated in community-based settings. Despite limitations, the present study is strengthened by the fact that subjects were from a target population that might benefit from an exercise program. Also, the integration of four modalities of training in an innovative program designed to be workable in real life settings has never been done before to our knowledge. Finally, the major strength of this study was the follow-up of PA levels. To our knowledge, only Tudor-Locke et al. (2002 and 2004) and Lehmann et al. (1995) did PA follow-ups of respectively 1, 2 and 3 months. In 2004, Tudor-Locke et al. documented a reduction in the number of steps per day 2-month following the intervention while maintenance of daily steps was reported by the same group in 2002. Lehmann et al. (1995) reported that PA level was still higher than baseline 3 months after their intervention.

In conclusion, data revealed that subjects who took part to this simple exercise program designed to introduce individuals to a wide variety of cardiovascular, resistance, balance and flexibility exercises over 10 weeks improved PA level. Moreover, the number of subjects meeting the 150 minutes per week of PA recommended was maintained up to six

months post-intervention. However, since control participants also saw improvements, further controlled studies will be needed. Data also indicated that individuals with lower level of PA dropped-out less than more active ones, and that having a higher balance at baseline was associated with better adherence to the program.

REFERENCES

- Balducci, S., Alessi, E., Cardelli, P., Cavallo, S., Fallucca, F., & Pugliese, G. (2007). Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis: response to Snowling and Hopkins. *Diabetes Care*, 30(4), e25; author reply e26.
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics, 47 pages.
- Boulé, N. G., Haddad, E., Kenny, G. P., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*, 286(10), 1218-1227.
- Burke, V., Giangulio, N., Gillam, H. F., Beilin, L. J., & Houghton, S. (2003). Physical activity and nutrition programs for couples: a randomized controlled trial. *J Clin Epidemiol*, 56(5), 421-432.
- Canadian Diabetes Association and Clinical Practice Guidelines Expert Committee (2003a). *Organization and Delivery of Care*, Retrieved August 2007, from <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/orgofcare.pdf>
- Canadian Diabetes Association and Clinical Practice Guidelines Expert Committee (2003b). *Physical Activity and Diabetes*, Retrieved August 2007, from <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/physicalactivity.pdf>

Canadian Society for Exercise Physiology. (1999). *The Canadian Physical Activity, Fitness & Lifestyle Appraisal: CSEP's plan for Healthy Active Living*. Ottawa.

Canadian Society for Exercise Physiology (revised 2002). PAR-Q and You: a questionnaire for people aged 15 to 69, Retrieved August 2007, from <http://www.csep.ca/communities/c574/files/hidden/pdfs/par-q.pdf>

Center for Chronic Disease Prevention and Control, Population and Public Health Branch, Health Canada (2002). *Diabetes in Canada, Second Edition*. Retrieved May 2007, from http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/dic-dac2/pdf/dic-dac2_en.pdf

Centomo, H., Termoz, N., Savoie, S., Beliveau, L., & Prince, F. (2006). Postural control following a self-initiated reaching task in type 2 diabetic patients and age-matched controls. *Gait Posture*, 25 (4), 509-514.

Forkan, R., Pumper, B., Smyth, N., Wirkkala, H., Ciol, M. A., & Shumway-Cook, A. (2006). Exercise Adherence Following Physical Therapy Intervention in Older Adults With Impaired Balance. *Phys Ther*, 86(3), 401-410.

Glasgow, R. E., Klesges, L. M., Dzewaltowski, D. A., Bull, S. S., & Estabrooks, P. (2004). The future of health behavior change research: what is needed to improve translation of research into health promotion practice? *Ann Behav Med*, 27(1), 3-12.

Hillsdon, M., Thorogood, M., White, I., & Foster, C. (2002). Advising people to take more exercise is ineffective: a randomized controlled trial of physical activity promotion in primary care. *Int J Epidemiol*, 31(4), 808-815.

King, M. B., Whipple, R. H., Gruman, C. A., Judge, J. O., Schmidt, J. A., & Wolfson, L. I. (2002). The Performance Enhancement Project: improving physical performance in older persons. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(8), 1060-1069.

Knowler, W. C., Barrett-Connor, E., Fowler, S. E., Hamman, R. F., Lachin, J. M., Walker, E. A., et al. (2002). Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*, 346(6), 393-403.

Kriska, A. M. (1997) *Modifiable activity questionnaire*. In: *A collection of physical activity questionnaires for health-related research*, M. A. Pereira, S. J. FitzGerald, E. W. Gregg, et al.. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29(Suppl. 6):S73-S78.

Lehmann, R., Vokac, A., Niedermann, K., Agosti, K., & Spinass, G. A. (1995). Loss of abdominal fat and improvement of the cardiovascular risk profile by regular moderate exercise training in patients with NIDDM. *Diabetologia*, 38(11), 1313-1319.

Lepège, A. (2001). *Le questionnaire MOS sf-36: manuel de l'utilisateur et guide d'interprétation des scores* (ESTEM ed.). Paris. Pages 140-151.

Marcus, B. H., Bock, B. C., Pinto, B. M., Forsyth, L. H., Roberts, M. B., & Traficante, R. M. (1998). Efficacy of an individualized, motivationally-tailored physical activity intervention. *Ann Behav Med*, 20(3), 174-180.

Mathieu, M., Brochu, M., & Béliveau, L. (2007). DiabetAction: Changes in physical activity, fitness and metabolic syndrome in type 2 diabetic and at-risk individuals. *Clinical Journal Sport Medicine*, In Press.

Pan, X. R., Li, G. W., Hu, Y. H., Wang, J. X., Yang, W. Y., An, Z. X., et al. (1997). Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care*, 20(4), 537-544.

Rooks, D. S., Kiel, D. P., Parsons, C., & Hayes, W. C. (1997). Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(3), M161-168.

Snowling, N. J., & Hopkins, W. G. (2006). Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care*, 29(11), 2518-2527.

Trivel, D., Calmels, P., Leger, L., Busso, T., Devillard, X., Castells, J., et al. (2004). Validity and reliability of the Huet questionnaire to assess maximal oxygen uptake. *Can J Appl Physiol*, 29(5), 623-638.

Tudor-Locke, C., Bell, R. C., Myers, A. M., Harris, S. B., Ecclestone, N. A., Lauzon, N., et al. (2004). Controlled outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 28(1), 113-119.

Tudor-Locke, C. E., Myers, A. M., Bell, R. C., Harris, S. B., & Wilson Rodger, N. (2002). Preliminary outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type 2 diabetes. *Patient Educ Couns*, 47(1), 23-28.

Tuomilehto, J., Lindstrom, J., Eriksson, J. G., Valle, T. T., Hamalainen, H., Ilanne-Parikka, P., et al. (2001). Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med*, 344(18), 1343-1350.

van Sluijs, E. M. F., van Poppel, M. N. M., Twisk, J. W. R., & van Mechelen, W. (2006). Physical activity measurements affected participants' behavior in a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Epidemiology*, 59(4), 404.

Ware, J. E., Jr., & Sherbourne, C. D. (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*, 30(6), 473-483.

Ware J.E. *SF-36® Health Survey Update*. Retrieved September 2007, from <http://www.sf-36.org/>

AUTHORS' NOTES

Data used in this study were obtained within a project supported by a Health Canada contribution. Views expressed here do not necessarily represent the official position of Health Canada. Marie-Eve Mathieu is supported by a Ph.D. scholarship from the *Fonds de la Recherche en Santé du Québec*. We would like to thank researchers and professionals from the University of Montreal [E. Adopo, S. Laforest, I. Ouimet, V. Perrault and F. Prince (Kinesiology Department); L. Gauvin (Preventative and Social Medicine Department) and M. Ledoux (Nutrition Department)], the Public Health Administration and

Institute of Public Health (B. Côté), the CLSC Côte-des-Neiges and Notre-Dame-de-Grâces (D. Inkell and C. Langlois) and the Lakeshore Hospital Diabetes Clinic (K. Arcudi and M. Comeau) involved in the project as well as participants and research assistants for their important collaboration. For more information about the program, contact the team at: diabetaction@umontreal.ca.

Table 1. Baseline and post-intervention characteristics of completers in control and experimental groups

Characteristic	Experimental group				Control group				F
	Baseline	Post-intervention	N	Baseline	Post-control	N	Interaction	Group	
Physical activity level excluding group sessions (min/week)	72 (144)	204 (294)	32	48 (90)	222 (420)	25	0.287	0.003	12.872 *
Physical activity level including group sessions (min/week)	72 (144)	252 (294)	32	48 (90)	222 (420)	25	0.001	0.219	17.206 *
Number of steps/hours	249 (16)	265 (139)	24	257 (181)	294 (216)	19	0.236	0.149	1.562
Body mass index (kg/m ²)	34.6 (6.9)	34.9 (7.9)	29	34.5 (5.8)	34.8 (6.1)	19	0.000	0.004	0.826
Waist circumference (cm)	106.8 (15.6)	107.5 (15.8)	27	106.0 (13.7)	104.9 (12.1)	24	1.985	0.192	0.091
Sum of five skinfolds (mm)	150 (39)	147 (40)	20	149 (40)	145 (43)	15	0.006	0.010	2.558
Resting heart rate (bpm)	71 (11)	72 (12)	28	68 (12)	68 (11)	23	0.404	1.221	0.002
Systolic blood pressure (mmHg)	126 (17)	120 (13)	27	127 (19)	118 (16)	23	0.689	0.025	15.522 *
Diastolic blood pressure (mmHg)	74 (6)	72 (7)	27	75 (8)	72 (7)	23	0.814	0.132	5.574 *
Estimated VO ₂ max [ml/(kg*min)]	20.8 (6.6)	21.6 (6.0)	32	20.1 (5.6)	21.8 (4.9)	25	1.102	0.030	9.605 *
Hand grip strength (kg)	53.1 (18.9)	55.0 (15.8)	32	54.7 (14.6)	56.3 (15.1)	25	0.032	0.115	2.749
Functional reach (cm)	25.8 (6.9)	28.1 (5.8)	26	25.0 (6.9)	27.0 (6.5)	19	0.016	0.303	4.482 *
One leg (right) stance (sec)	13 (8)	15 (15)	18	10 (8)	16 (12)	15	0.517	0.115	1.536
One leg (left) stance (sec)	12 (9)	15 (17)	21	13 (9)	10 (8)	15	1.281	0.339	0.008

Values are mean (SD); *: p<0.05; VO₂ max: maximal oxygen consumption

Table 2: Baseline and post-intervention health-related quality of life characteristics of completers in control and experimental groups

	Experimental group				Control group				F	
	Baseline	Post-intervention	N	Baseline	Post-control	N	Interaction	Group		Time
Domains										
Physical functioning	69.0 (22.3)	76.7 (17.9)	32	68.6 (23.1)	68.6 (21.3)	25	3.901 *	N/A	N/A	N/A
Role limitations due to physical problems	74.0 (32.7)	75.8 (35.1)	32	69.7 (39.1)	77.0 (34.6)	25	0.456	0.033	0.033	1.259
Bodily pain	66.9 (27.0)	65.7 (23.4)	32	67.4 (27.2)	68.5 (24.1)	23	0.095	0.079	0.079	0.001
General health	57.6 (19.0)	58.9 (19.5)	32	60.5 (23.1)	60.0 (20.9)	24	0.202	0.162	0.162	4.527
Vitality	61.7 (19.1)	58.9 (20.0)	32	52.9 (19.6)	61.5 (19.8)	24	5.480 *	N/A	N/A	N/A
Social functioning	81.6 (20.3)	85.9 (19.5)	32	71.6 (33.2)	74.4 (29.5)	22	0.050	3.043	3.043	1.207
Role limitation due to emotional problems	78.1 (31.2)	83.3 (31.7)	32	62.5 (42.1)	72.2 (37.6)	24	0.172	2.920	2.920	1.877
Mental health	73.9 (17.0)	76.1 (19.2)	32	69.8 (24.5)	72.2 (24.1)	24	0.003	0.602	0.602	1.166
Summary measures										
Physical component	43.8 (9.0)	44.6 (8.3)	32	45.6 (11.3)	45.8 (10.2)	22	0.130	0.370	0.370	0.282
Mental component	51.5 (8.2)	52.1 (10.8)	32	46.1 (14.8)	49.0 (13.3)	22	0.687	2.119	2.119	1.786

Values are mean (SD); * : p<0.05; N/A: not applicable

Table 3: Follow-up of completers in the experimental group

Variables	Post-intervention	3-month follow-up	6-month follow-up	General linear model test	Cochran's Q test
PA levels (min/week) (n=26)	226 (319) §	221 (184)	195 (257)	F = 0.107 NS	
Participants over 150 min/week (yes:no)	10:16 §	15:11	12:14		NS
Estimated VO ₂ max (n=22)	22.5 (6.8)	23.3 (6.3)	23.1 (6.2)	F = 1.36 NS	

Values of PA levels and aerobic capacity are mean (SD); § Excluding group sessions; NS: not significant; VO₂ max: maximal oxygen consumption

Table 4: Agreement with potential effects of participating in the DiabetAction program (n=32)

With the DiabetAction program, you :	Do not Agree (%)	Hardly Agree (%)	Fairly Agree (%)	Very much Agree (%)	Completely Agree (%)	Does not apply (%)	No answer (%)
Became less stressed	31	6	16	16	31	-	-
Improved your health	9	9	25	25	31	-	-
Increased your physical activity level	-	6	28	31	34	-	-
Improved your sleep	63	6	3	9	16	3	-
Improved the quality of your social life	44	3	28	13	13	-	-
Increased your energy level	9	9	34	31	16	-	-
Are more in shape	9	9	28	38	16	-	-
Feel less tired	22	6	22	25	25	-	-
Improved your diabetes control	9	3	25	28	19	9	6

Table 5: Satisfaction toward the DiabetAction program (n=32)

As a participant, I am satisfied with the :	Not at all (%)	A little (%)	Fairly (%)	Very (%)	Extremely (%)	Does not apply (%)	No answer (%)
Organisation of the session's site (ex: size of the room, ventilation, cleanliness...)	-	3	13	28	56	-	-
Clarity of the instructions for home exercises	-	-	22	31	47	-	-
Clarity of the instructions for group exercises	-	-	6	47	47	-	-
Difficulty level of group exercises	-	3	22	47	28	-	-
Difficulty level of home exercises	-	6	13	47	28	3	3
Speed of group teaching	-	6	9	44	41	-	-
Competence and dynamism of the trainer	-	-	-	28	72	-	-
Atmosphere during group meetings	-	-	9	44	47	-	-
Variety of physical activities	-	-	6	41	53	-	-
Topics of health tips	-	-	13	44	44	-	-
Program in general	-	-	6	44	50	-	-

CHAPITRE 3 : DISCUSSION GÉNÉRALE DES RÉSULTATS

Au terme de cette thèse, il est important de rappeler que les quatre articles présentés ont tous été réalisés dans le cadre du projet Diabetaction. Afin d'assurer une compréhension adéquate du programme dans les milieux scientifiques et professionnels, une description approfondie du contenu ainsi que du rationnel supportant le programme fit l'objet du premier article. Cette première étape visait à positionner le programme par rapport aux recommandations actuelles pour les personnes diabétiques et à risque. Une fois le programme développé, deux phases d'évaluation furent entreprises : une étude préliminaire réalisée en milieu universitaire suivie d'une étude contrôlée au cours de laquelle le programme fut implanté dans des milieux cliniques de la communauté. Cette dernière étape était importante afin de documenter l'efficacité du programme dans des conditions autres que celles du milieu universitaire. En effet, dans ce dernier, d'importantes ressources financières, matérielles et logistiques sont souvent disponibles et mobilisées pour la prestation et l'évaluation des programmes. Une fois implanté par des professionnels non impliqués dans le projet de recherche et dans des milieux cliniques où les contraintes temporelles et d'accès à diverses ressources peuvent être plus importantes (Glasgow et al., 2004), il n'est pas assuré que le programme ait le même effet qu'en milieu universitaire.

Si l'on compare le programme Diabetaction avec ceux présentés dans la recension des écrits, on peut tout d'abord situer Diabetaction parmi le nombre assez restreint de programmes combinant diverses modalités d'entraînement. En effet, seulement dix études rapportent l'utilisation d'une combinaison de modalités avec des sujets DT2, à risque de développer la maladie ou avec une histoire familiale de DT2 (Annexe D). En plus des modalités d'entraînement aérobie et musculaire et des exercices de flexibilité que l'on retrouve dans la majorité d'entre eux, le programme Diabetaction est le seul à intégrer des exercices d'équilibre. Tel qu'expliqué dans le premier article, ce choix se justifiait par une prévalence élevée des chutes dans la population DT2, d'où l'intérêt d'initier les participants de l'étude à ce type d'exercices. Outre les modalités d'entraînement qui variaient grandement entre les interventions, on peut noter que la durée des interventions, la fréquence des entraînements et la durée des séances différaient aussi considérablement. Bien qu'il soit difficile de comparer les programmes d'entraînement entre eux, il fut souligné dans la recension des écrits que la durée totale d'exposition au programme des programmes aérobie variait entre 910 et 3600 minutes (Figure 1, p.8).

Pour sa part, la portion aérobie des séances supervisées de Diabetaction est d'au maximum 350 minutes et bien que la comparaison ne soit pas parfaite, on peut souligner que la DTEP de l'ensemble des séances de groupe du programme Diabetaction est d'au maximum 650 minutes. Ces chiffres démontrent que le programme Diabetaction était moins contraignant que plusieurs des interventions recensées, entre autres à cause de la fréquence d'entraînement inférieure aux autres interventions [1séance/semaine vs > 2 séances semaine (Tableau 1, p.7)].

Bien que le programme fut développé en intégrant une grande variété d'activités pour les différentes modalités et qu'une organisation des séances est présentée, il est important de souligner que l'intervenant est encouragé à adapter celui-ci aux capacités des participants, aux ressources matérielles et aux autres conditions propres à son milieu d'intervention. Certaines interventions décrites dans la recension ont prévu que le participant choisissait des paramètres tels l'intensité de leur entraînement et leur objectif de nombre de pas. Dans Diabetaction, le participant est aussi impliqué dans le processus de décision à différents niveaux. D'une part, il décide dans un intervalle donné de l'échelle de perception de l'effort à quelle intensité il souhaite réaliser ses activités aérobies et musculaires. D'autre part, il apprend à planifier son programme d'entraînement effectué à domicile à partir des exercices effectués en groupe et il fait valider celui-ci par un professionnel. Cette intégration du participant visait à responsabiliser celui-ci dans sa démarche d'adoption d'un mode de vie actif. Bien que l'effet de l'implication du participant n'ait pas été directement mesuré, on peut supposer que cette stratégie a pu aider certains participants à maintenir un niveau élevé de pratique d'AP dans les mois qui ont suivi le programme de groupe. Toutefois, aucune étude n'a, à notre connaissance, été menée auprès des populations ciblées dans cette thèse pour vérifier si l'implication des participants dans le processus de décision affecte l'adoption et le maintien d'un mode de vie actif.

Lors de l'étude préliminaire en milieu universitaire, des sujets DT2 ou à risque provenant de trois groupes ethnoculturels ont pris part au programme. Après les dix semaines du programme, ils ont significativement diminué leur masse corporelle, leur circonférence de taille et l'épaisseur des plis cutanés tout en ayant augmenté leur niveau d'AP, leur puissance aérobie, leur force de préhension et leurs lipoprotéines de haute densité (deuxième article). Puisque cette étude ne comprenait aucun groupe témoin, un calcul de la taille d'effet fut effectué. Cette approche statistique a permis de faire ressortir que les

variables ayant été modifiées de façon plus considérable furent la pratique d'AP et la somme des cinq plis cutanés (taille d'effet modérée se situant entre 0,5 et 0,8). Un effet moins marqué (taille d'effet entre 0,2 et 0,5) fut noté pour les améliorations de la pression artérielle systolique et diastolique de repos, de la fréquence cardiaque de repos, de la circonférence de la taille, de la force de préhension, de la capacité aérobie et de l'équilibre dynamique. Alors que la glycémie à jeun ne fut pas modifiée significativement après l'intervention, une petite taille d'effet de 0,22 fut mesurée, soit juste au-dessus de l'intervalle de taille d'effet de 0 à 0,2 considéré négligeable. Tel que discuté dans le deuxième article, ceci mériterait une étude plus approfondie afin d'identifier si des modifications de la prise de médicaments ou de l'alimentation pourraient, par exemple, expliquer cette augmentation non-significative de la glycémie à jeun. Par ailleurs, la petite taille d'effet de la glycémie à jeun (0,22) peut être mise en perspective avec l'absence de changement significatif ($p > 0,05$) et une taille d'effet négligeable (0,14) pour l'HbA1c qui constitue un meilleur indicateur du contrôle glycémique à long terme. Toujours dans cette étude, il fut démontré que le nombre de critères du syndrome métabolique ainsi que la prévalence de celui-ci a diminué suite à l'intervention.

Cette première étude présentant plusieurs résultats prometteurs fut un élément favorisant l'implantation du programme dans des milieux cliniques de la communauté avec des professionnels de l'AP. Les résultats de cette étude contrôlée, rapportés dans le quatrième article, étaient en lien avec ceux de l'étude préliminaire. En effet, pour les paramètres ayant été mesurés dans les deux études réalisées en milieux universitaire et clinique, on note que ceux ayant été améliorés lors de l'implantation (condition physique, contrôle hémodynamique et qualité de vie) l'avaient aussi été dans l'étude précédente. Cependant, certaines améliorations des paramètres anthropométriques, du contrôle hémodynamique et de la condition physique n'ont pu être reproduites lors de l'étude d'implantation. La différence de réponse entre les deux milieux n'a pas été étudiée dans le cadre de la thèse, mais elle pourrait être attribuable à des adaptations du programme par les kinésiothérapeutes ou par des limitations physiques plus importantes des participants. Lors du retour sur l'implantation, les intervenants ont en effet mentionné que plusieurs sujets étaient trop déconditionnés ou limités pour effectuer tous les exercices du programme et qu'ils devaient opter pour des exercices plus faciles pour ces participants. Toujours dans l'étude d'implantation, les améliorations du groupe expérimental étaient dans la majorité des cas similaires à celles du groupe témoin. Ainsi, l'efficacité du programme n'a pu être clairement démontrée et ce, malgré que les participants ayant pris

part à l'intervention aient attribué au programme plusieurs bénéfices qu'ils ressentiaient et qu'ils aient grandement apprécié l'intervention. Toutefois, il faut souligner que les participants ayant pris part à l'intervention maintenaient leur niveau après l'intervention pendant au moins six mois. Ce résultat fort intéressant indique que le programme n'a pas seulement influencé leur pratique d'AP pendant les dix semaines de Diabetaction. Les quelques auteurs qui ont documenté un maintien de la pratique d'AP dans les mois suivant l'intervention ont par ailleurs rapporté un maintien de plusieurs améliorations du profil lipidique, de la composition corporelle et des paramètres hémodynamiques (Lehmann et al., 1995; Tudor-Locke et al., 2002). Dans le cadre du projet Diabetaction, le suivi des participants ne comprenait pas de mesure de ces paramètres puisque les suivis étaient effectués par téléphone ou par la poste. Cependant, en se référant aux études de Lehmann et al. (1995) et Tudor-Locke et al. (2002), il est possible de supposer que certaines améliorations mesurées suite à l'intervention aient été maintenues dans les mois suivant le programme.

Les améliorations du groupe témoin mesurées dans le quatrième article soulèvent des questions importantes. Tel qu'il fut discuté dans l'article, il est possible que le simple fait d'avoir évalué les sujets motiverait ceux-ci à modifier leur habitudes d'AP (van Sluijs et al., 2006). Si c'est effectivement le cas, mettre en place dans les milieux cliniques un programme d'évaluation de la condition physique pourrait être intéressant afin d'aider les personnes DT2 ou à risque à adopter un mode de vie plus actif. Dans un contexte où les ressources financières sont limitées, comme dans le milieu de la santé, et où les besoins sont grandissants, cette avenue pourrait être étudiée. Il faut toutefois souligner que les patients recrutés étaient probablement assez sensibilisés à l'importance d'adopter un mode de vie plus actif puisqu'ils manifestaient un intérêt face à l'intervention, du moins, suffisamment pour s'y inscrire. Il est légitime de se demander si les résultats auraient été les mêmes si les sujets du groupe témoin avaient été recrutés sans être au courant de l'intervention. Cette question pourrait être approfondie dans des études ultérieures. Cependant, il faut souligner que dans les trois milieux d'implantation, les professionnels de la santé ont offert une grande collaboration lors du recrutement sachant que tous les participants allaient immédiatement ou dans trois mois prendre part au programme. Il n'est pas assuré que leur support lors du recrutement aurait été le même si seulement la moitié des patients étaient pour prendre part à l'intervention, ni même que les milieux auraient accepté de prendre part à l'étude.

Alors que des changements de plusieurs paramètres physiques et métaboliques ont été documentés dans les études d'intervention réalisées avec des sujets DT2 ou à risque, l'évaluation de bénéfices d'ordre psychologique ou social a souvent été négligée. Ce constat est en opposition avec la définition de la santé de l'Organisation mondiale de la Santé qui stipule qu'elle est « un état de complet bien-être physique, mental et social qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (Organisation mondiale de la Santé, 2007). Dans le troisième article de la thèse, nous avons mis en évidence qu'il était possible d'améliorer plusieurs des composantes de la qualité de vie suite à une intervention de dix semaines. Mais ce qui semble d'autant plus novateur, c'est le constat selon lequel il faudrait dépasser le simple fait d'être plus actif pour bénéficier de ces améliorations. En effet, les améliorations des paramètres anthropométriques et de la condition physique seraient plus associées aux améliorations de la qualité de vie qu'au nombre de séances auxquelles les participants ont pris part ou qu'aux modifications du niveau d'AP. Les changements d'ordre physique associés aux modifications de la qualité de vie pourraient expliquer en partie que les améliorations de la qualité de vie ont été moindres lors de l'implantation du programme. En effet, dans le quatrième article rapportant l'impact du programme en milieu clinique, aucun changement de la masse, de l'épaisseur des plis cutanés et de la force de préhension n'a été documenté.

Pour obtenir le maximum d'information dans les différentes études présentées, des efforts considérables ont été déployés. Il n'en demeure pas moins que celles-ci ont été réalisées à l'intérieur de contraintes financières et organisationnelles. Par exemple, lors de l'étude en milieu universitaire, l'insulinémie à jeun aurait pu être dosée et ainsi permettre d'avoir un indice de la SI. Ceci ne fut pas possible vu le financement accordé. De plus, certains participants n'ont pu prendre part au programme étant donné qu'ils n'avaient pas de médecin de famille ou qu'ils ont dû attendre trop longtemps avant d'obtenir l'autorisation de celui-ci. Cette barrière fut moins problématique dans les milieux cliniques de la communauté puisque plusieurs des patients étaient recrutés à même les cliniques. Cependant, sur le plan organisationnel, il fut impossible d'avoir un médecin présent lors des évaluations dans les milieux cliniques. Ceci constitua une barrière importante à l'évaluation de l'intervention dans la communauté. Sans supervision médicale, nous avons dû annuler le test de puissance aérobie et le remplacer par un questionnaire permettant d'estimer ce paramètre. De toutes les contraintes rencontrées, notons que le recrutement de patients fut de loin la plus importante et ce, tant pour le projet réalisé en milieu universitaire qu'en milieu clinique. Ainsi, alors que quatre groupes devaient

originellement prendre part à l'étude en milieu universitaire, il ne fut pas possible de recruter un nombre suffisant de participants d'origine haïtienne. Nous avons donc dû composer avec trois groupes. De plus, le nombre de sujets recrutés était toujours inférieur au nombre maximal, qui avait été fixé à 20 par groupe. Le même constat fut réalisé en milieu clinique. En effet, lors de l'implantation dans la communauté, les kinésioles ont eu comme mandat de recruter chacun 30 participants dans leur milieu clinique. Le nombre de personnes convoquées à l'évaluation varia plutôt entre 21 et 27. Ce nombre de sujets en deçà des prévisions a affecté la puissance statistique des études et a limité l'analyse des résultats pour les différents sous-groupes de participants prenant part à l'étude.

Remise en contexte de la thèse et perspectives futures

Afin de bien situer le présent travail dans son contexte global, il est important de souligner que le développement du programme, son évaluation en milieu universitaire et l'étude de son efficacité dans des milieux cliniques de la communauté s'inscrivaient au cœur du projet Diabetaction. Les travaux présentés dans cette thèse s'ajoutent ainsi à ceux portant sur les barrières et les facteurs incitatifs à la pratique d'AP dans la population ciblée par le programme (Ouimet, 2004). À posteriori, on peut souligner que la diffusion du programme Diabetaction a suivi les six étapes décrites par Carpenter et al. (2005) dans leur ouvrage sur la diffusion des résultats de recherche. Les étapes sont les suivantes : 1) spécifications des résultats et des produits de la recherche; 2) identification des utilisateurs; 3) œuvrer avec les partenaires de diffusion; 4) communiquer le message; 5) évaluer le succès; 6) mise en place du plan de travail pour la diffusion. Le programme Diabetaction, produit de la recherche, visait à être utilisé par les professionnels de l'AP et de la santé. Avec cette clientèle cible d'utilisateur, l'équipe de recherche s'est associée à la Fédération des kinésioles du Québec pour la distribution de l'outil. Toujours dans le but de rejoindre les professionnels, des stands et des conférences professionnelles ont été planifiées aux congrès des kinésioles du Québec et du Canada, de l'association canadienne du diabète et des journées annuelles de santé publique. Ces partenaires de diffusion ont permis de communiquer le message à des intervenants pouvant potentiellement utiliser le programme. Pour ce qui est de la cinquième étape, un retour sur les utilisateurs de la trousse fut réalisé par le coordonnateur de l'étude lors d'un suivi téléphonique. Ces résultats, qui ne font pas partie de la présente thèse, ont été utilisés pour préparer l'élaboration de la deuxième version du programme.

Outre les commentaires recueillis auprès des professionnels s'étant procurés le programme, l'implantation de Diabetaction dans des milieux cliniques est venue supporter des modifications ont été apportées au programme Diabetaction décrit dans le premier article et présenté à la section « Documents spéciaux ». Pour offrir une alternative aux personnes à mobilité réduite ou déconditionnées, la deuxième version du programme comprend maintenant, en plus du programme Diabetaction, un programme de mise en forme de base. Celui-ci, qui ne fait donc pas partie des interventions liées à la présente thèse, fut développé puis validé récemment auprès de patients de l'Hôpital Charles-Lemoine. Cet ajout se voulait une réponse à certaines contraintes mentionnées par les intervenants lors de l'implantation. En effet, ceux-ci devaient fréquemment trouver des exercices plus faciles et ne nécessitant pas de se relever du sol pour certains participants. Tel que rapporté dans le quatrième article, 75 % des participants étaient « très » ou « extrêmement » satisfaits avec le niveau de difficulté des exercices. Offrir un programme alternatif plus accessible s'avérait intéressant afin de satisfaire une partie des 25 % ayant manifesté une satisfaction plus basse face au niveau de difficulté du programme. Toujours dans le dernier article, il fut souligné que les participants ayant un équilibre sur un pied plus précaire persévéraient significativement moins dans le programme. Bien que l'explication exacte ne soit pas clairement identifiée, offrir un programme alternatif où tous les exercices peuvent être effectués en position assise permettrait d'offrir une intervention mieux adaptée à ceux qui trouvaient les exercices du programme Diabetaction trop complexes.

Toujours dans le but de mieux adapter le programme aux besoins des participants et des intervenants, de nouvelles capsules santé portant entre autres sur les composantes d'une séance d'entraînement et sur le contrôle de la masse corporelle par l'activité physique ont été développées et ajoutées dans la deuxième version du programme. Les intervenants ont en effet rapporté que plusieurs participants avaient un intérêt plus marqué pour les sujets touchant l'activité physique; les notions se rapportant au diabète, à l'alimentation et à la médication sont déjà largement abordées lors des cours sur le diabète dispensés par le Centre Local de Services Communautaires ou par la clinique de diabète. De plus, les intervenants ont mentionné lors du retour sur l'implantation qu'il était difficile d'avoir en tout temps un message cohérent avec les professionnels de leur clinique puisqu'ils n'étaient recrutés qu'à titre contractuel pour l'implantation du programme et qu'ils se sentaient plus à l'aise d'aborder les notions reliées à l'AP. Finalement, notons que la première version du programme dont il est question dans la présente thèse était présentée sous forme de

trousse, avec un guide de l'intervenant imprimé, des fiches d'AP et des capsules santé plastifiées ainsi qu'un CD-ROM. La deuxième version du programme comprenant les ajouts mentionnés précédemment est maintenant offerte sans frais en format électronique (www.diabetaction.com).

À ce jour, plusieurs questions demeurent en suspens. En effet, l'efficacité du programme de mise en forme de base n'a pas été évaluée. Il en est de même pour la transition entre le programme de mise en forme de base et le programme Diabetaction ainsi que l'impact des capsules santé sur les habitudes de vie. Il serait de plus intéressant de documenter comment l'implantation de ces programmes dans les milieux clinique s'opérera. En effet, identifier quels sont les professionnels qui utilisent les programmes, auprès de quelle clientèle, avec quels résultats et quelle est la pérennité du programme après l'implantation initiale sont autant de questions qui mériteraient d'être approfondies. Une tentative a été effectuée à l'été 2006 après des personnes s'étant procuré la première version de la trousse Diabetaction. Malheureusement, il fut constaté que, dans la majorité des cas, le programme est demeuré sur les tablettes. La production d'une version électronique permettant un accès gratuit au programme vise justement une diffusion plus grande auprès des professionnels. Cependant, si le même constat est fait avec le programme en version électronique, des stratégies de promotion auprès des organismes susceptibles d'implanter ces programmes ainsi qu'un soutien à l'implantation pour les professionnels pourraient être envisagés.

En ce qui a trait à la structure du programme, notons que l'équipe de recherche a opté pour une combinaison de plusieurs modalités d'entraînement (aérobie, musculaire, équilibre et flexibilité) ainsi qu'une variété d'activités pour chacune de ces modalités. Le but de cette approche est d'initier les participants à un grand nombre d'activités pour que ceux-ci puisse ensuite identifier des exercices et des activités qu'ils apprécient et qu'ils pourront mettre en pratique. Comparer Diabetaction à un programme composé d'une seule modalité pourrait permettre d'identifier si toute la logistique nécessaire à l'organisation des séances du programme Diabetaction s'avère effectivement plus profitable pour les participants. En effet, plusieurs des programmes analysés dans la recension des écrits ont permis l'amélioration des variables d'intérêt et ce, souvent avec une seule modalité d'entraînement ou une variété d'activités moindre. Il pourrait être intéressant de vérifier si le maintien du mode de vie actif est le même lorsqu'une grande variété d'activités est offerte par rapport à une seule activité. Un autre aspect à considérer

pourrait être l'influence du domaine d'expertise du professionnel sur les résultats. En effet, tous les intervenants impliqués dans les études présentées dans cette thèse étaient kinésologues de formation. Considérant que le programme est développé pour être offert par des professionnels de l'activité physique, mais aussi par d'autres professionnels du domaine de la santé, on peut se questionner à savoir si les résultats seraient les mêmes indépendamment de la profession de l'intervenant. De plus, considérant que les professionnels ayant pris part à l'implantation ne provenaient pas du milieu et devaient se familiariser avec celui-ci, on peut se demander si le recrutement aurait été facilité si des intervenants déjà présents dans les milieux avaient été responsable de l'implantation du programme.

CHAPITRE 4 : CONCLUSIONS

Au terme de cette thèse, on peut souligner que les participants ayant pris part au programme Diabetaction en milieu universitaire amélioraient au cours des dix semaines d'intervention plusieurs paramètres (niveau de pratique d'AP, condition physique, composition corporelle, prévalence du syndrome métabolique et qualité de vie). Cependant, la quasi-totalité des améliorations ne se sont pas révélées significativement plus importantes que celles du groupe témoin lorsque le programme fut implanté dans des milieux cliniques de la communauté. Néanmoins, nous avons documenté que les participants ayant pris part au programme Diabetaction maintenaient leurs acquis pour la pratique d'AP, la qualité de vie et la puissance aérobie estimée jusqu'à six mois post-intervention. En se basant sur l'étude réalisée en milieu universitaire, il fut mis en évidence que pour améliorer la qualité de vie reliée à la santé, il ne suffisait pas d'être plus actif. En effet, les changements anthropométriques (masse corporelle et plis cutanés), de la capacité aérobie et de la force de préhension étaient significativement associés à des améliorations de la qualité de vie. Alors que la majorité des études réalisées sur ce sujet sont transversales, la présente étude est l'une des rares à documenter l'impact d'une intervention sur les changements de la qualité de vie et à identifier des facteurs associés à ceux-ci.

Bien que l'efficacité de l'intervention n'ait pu être démontrée dans la quatrième étude lors de l'implantation dans des milieux d'intervention de la communauté, il n'en demeure pas moins que le développement et l'évaluation d'un tel programme contribue à l'avancement des connaissances. D'une part, le programme DiabetAction fait partie d'un nombre très restreint de programmes ayant intégré plusieurs modalités d'entraînement et ayant été évalué dans une population de sujets DT2 et à risque de développer la maladie provenant de différents groupes ethnoculturels. Il constitue un exemple de programme conçu pour être administré dans des milieux naturels de promotion de l'AP et qui trouve ses fondements dans les lignes directrices d'organismes reconnus, les écrits scientifiques et les résultats de groupes de discussion menés auprès de personnes DT2 ou à risque provenant de divers groupes ethnoculturels. D'autre part, aucun programme d'entraînement développé pour des personnes DT2 ou à risque n'a, à notre connaissance, été testé en milieu universitaire dans un premier temps puis implanté dans des milieux cliniques de la communauté. À partir des résultats de l'étude d'implantation, une optimisation du programme (durée de l'intervention, fréquence des rencontres, suivi en

cours de programme, etc.) serait une avenue à envisager pour augmenter l'efficacité de l'intervention et ainsi, faire de Diabetaction un programme de choix pour la prévention primaire et secondaire du DT2.

RÉFÉRENCES

Alam, S., Stolinski, M., Pentecost, C., Boroujerdi, M. A., Jones, R. H., Sonksen, P. H., et al. (2004). The effect of a six-month exercise program on very low-density lipoprotein apolipoprotein B secretion in type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*, 89(2), 688-694.

American College of Sport Medicine (1995). *Guidelines to Exercise Testing and Exercise Prescription* (5th Ed.). Philadelphia: Williams & Williams. pp. 211-214.

Araiza, P., Hewes, H., Gashetewa, C., Vella, C. A., & Burge, M. R. (2006). Efficacy of a pedometer-based physical activity program on parameters of diabetes control in type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*, 55(10), 1382.

Association canadienne du diabète (2005-2007). *The history of diabetes*, http://www.diabetes.ca/Section_About/timeline.asp (consulté juillet 2007).

Association canadienne du diabète & *Clinical Practice Guidelines Expert Committee* (2003a). *Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes and Other Dysglycemic Categories*, <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/defclassdiag.pdf> (consulté en août 2007).

Association canadienne du diabète & *Clinical Practice Guidelines Expert Committee* (2003b). *Physical Activity and Diabetes*, <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/physicalactivity.pdf> (consulté août 2007).

Association canadienne du diabète & *Clinical Practice Guidelines Expert Committee* (2003c). *Organization and Delivery of Care*, <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/orgofcare.pdf> (consulté août 2007).

Association canadienne du diabète & *Clinical Practice Guidelines Expert Committee* (2003d). *Targets for Glycemic Control*. <http://www.diabetes.ca/cpg2003/downloads/targetsglycemic.pdf> (consulté en août 2007).

Baecke, J. A., Burema, J., & Frijters, J. E. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr*, 36(5), 936-942.

Balducci, S., Leonetti, F., Di Mario, U., & Fallucca, F. (2004). Is a Long-Term Aerobic Plus Resistance Training Program Feasible for and Effective on Metabolic Profiles in Type 2 Diabetic Patients? *Diabetes Care*, 27(3), 841-842.

Boden, G., & Chen, X. (1995). Effects of fat on glucose uptake and utilization in patients with non-insulin-dependent diabetes. *J Clin Invest*, 96(3), 1261-1268.

Borodulin, K., Tuomilehto, J., Peltonen, M., Lakka, T. A., Sundvall, J., & Jousilahti, P. (2006). Association of leisure time physical activity and abdominal obesity with fasting serum insulin and 2-h postchallenge plasma glucose levels. *Diabetic Medicine*, 23(9), 1025-1028.

Boudou, P., de Kerviler, E., Erlich, D., Vexiau, P., & Gautier, J. F. (2001). Exercise training-induced triglyceride lowering negatively correlates with DHEA levels in men with type 2 diabetes. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25(8), 1108-1112.

Boudou, P., De Kerviler, E., Vexiau, P., Fiet, J., Cathelineau, G., & Gautier, J. (2000). Effects of a single bout of exercise and exercise training on steroid levels in middle-aged type 2 diabetic men: relationship to abdominal adipose tissue distribution and metabolic status. *Diabetes Metab*, 26(6), 450-457.

Boule, N. G., Kenny, G. P., Haddad, E., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2003). Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*, 46(8), 1071-1081.

Brandon, L. J., Gaasch, D. A., Boyette, L. W., & Lloyd, A. M. (2003). Effects of long-term resistive training on mobility and strength in older adults with diabetes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(8), 740-745.

Brooks, N., Layne, J. E., Gordon, P. L., Roubenoff, R., Nelson, M. E., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci*, 4(1), 19-27.

Carmeli, E., Kessel, S., Coleman, R., & Ayalon, M. (2002). Effects of a treadmill walking program on muscle strength and balance in elderly people with Down syndrome. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 57(2), M106-110.

Carmena, R. (2005). Type 2 diabetes, dyslipidemia, and vascular risk: rationale and evidence for correcting the lipid imbalance. *Am Heart J*, 150(5), 859-870.

Deborah Carpenter, D., Nieva, V., Albaghal, T. & Sorra, J. (2005). Development of a Planning Tool to Guide Dissemination of Research Results. Advances in Patient Safety: From Research to Implementation. Vol. 4. Rockville, MD: Agency for Healthcare and Research Quality.

Castaneda, C., Layne, J. E., Munoz-Orians, L., Gordon, P. L., Walsmith, J., Foldvari, M., et al. (2002). A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25(12), 2335-2341.

Cauza, E., Hanusch-Enserer, U., Strasser, B., Ludvik, B., Metz-Schimmerl, S., Pacini, G., et al. (2005a). The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil*, 86(8), 1527-1533.

Cauza, E., Hanusch-Enserer, U., Strasser, B., Kostner, K., Dunky, A., & Haber, P. (2005b). Strength and endurance training lead to different post exercise glucose profiles in diabetic participants using a continuous subcutaneous glucose monitoring system. *Eur J Clin Invest*, 35(12), 745-751.

Christ-Roberts, C. Y., Pratipanawatr, T., Pratipanawatr, W., Berria, R., Belfort, R., Kashyap, S., et al. (2004). Exercise training increases glycogen synthase activity and GLUT4 expression but not insulin signalling in overweight nondiabetic and type 2 diabetic subjects. *Metabolism*, 53(9), 1233-1242.

Colberg, S. R., Parson, H. K., Nunnold, T., Herriott, M. T., & Vinik, A. I. (2006). Effect of an 8-week resistance training program on cutaneous perfusion in type 2 diabetes. *Microvasc Res*, 71(2), 121-127.

Cuff, D. J., Meneilly, G. S., Martin, A., Ignaszewski, A., Tildesley, H. D., & Frohlich, J. J. (2003). Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 26(11), 2977-2982.

Dailey, G. (2007). Assessing glycemic control with self-monitoring of blood glucose and hemoglobin A(1c) measurements. *Mayo Clin Proc*, 82(2), 229-235; quiz 236.

Daly, R. M., Dunstan, D. W., Owen, N., Jolley, D., Shaw, J. E., & Zimmet, P. Z. (2005). Does high-intensity resistance training maintain bone mass during moderate weight loss in older overweight adults with type 2 diabetes? *Osteoporos Int*, 16(12), 1703-1712.

Dasgupta, K., Grover, S. A., Da Costa, D., Lowensteyn, I., Yale, J. F., & Rahme, E. (2006). Impact of modified glucose target and exercise interventions on vascular risk factors. *Diabetes Res Clin Pract*, 72(1), 53-60.

De Filippis, E., Cusi, K., Ocampo, G., Berria, R., Buck, S., Consoli, A., et al. (2006). Exercise-induced improvement in vasodilatory function accompanies increased insulin sensitivity in obesity and type 2 diabetes mellitus. *J Clin Endocrinol Metab*, 91(12), 4903-4910.

DeFronzo, R. A., Tobin, J. D., & Andres, R. (1979). Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance. *Am J Physiol*, 237(3), E214-223.

Dela, F., von Linstow, M. E., Mikines, K. J., & Galbo, H. (2004). Physical training may enhance beta-cell function in type 2 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 287(5), E1024-1031.

Despres, J. P., & Lemieux, I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*, 444(7121), 881-887.

DiPietro, L., Seeman, T. E., Stachenfeld, N. S., Katz, L. D., & Nadel, E. R. (1998). Moderate-intensity aerobic training improves glucose tolerance in aging independent of abdominal adiposity. *J Am Geriatr Soc*, *46*(7), 875-879.

Dunstan, D. W., Daly, R. M., Owen, N., Jolley, D., De Courten, M., Shaw, J., et al. (2002). High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *25*(10), 1729-1736.

Dunstan, D. W., Daly, R. M., Owen, N., Jolley, D., Vulikh, E., Shaw, J., et al. (2005). Home-based resistance training is not sufficient to maintain improved glycemic control following supervised training in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *28*(1), 3-9.

Dunstan, D. W., Puddey, I. B., Beilin, L. J., Burke, V., Morton, A. R., & Stanton, K. G. (1998). Effects of a short-term circuit weight training program on glycaemic control in NIDDM. *Diabetes Res Clin Pract*, *40*(1), 53-61.

Dunstan, D. W., Vulikh, E., Owen, N., Jolley, D., Shaw, J., & Zimmet, P. (2006). Community center-based resistance training for the maintenance of glycemic control in adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *29*(12), 2586-2591.

Durstine, J. L. P., Grandjean, P. W. P., Cox, C. A. M. S. M. B. A., & Thompson, P. D. M. D. (2002). Lipids, Lipoproteins, and Exercise. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, *22*(6), 385-398.

Dyck, D. J., Heigenhauser, G. J. F., & Bruce, C. R. (2006). The role of adipokines as regulators of skeletal muscle fatty acid metabolism and insulin sensitivity. *Acta Physiologica*, *186*(1), 5-16.

El-Atat, F., McFarlane, S. I., & Sowers, J. R. (2004). Diabetes, hypertension, and cardiovascular derangements: pathophysiology and management. *Curr Hypertens Rep*, *6*(3), 215-223.

Eriksson, J., Taimela, S., Eriksson, K., Parviainen, S., Peltonen, J., & Kujala, U. (1997). Resistance training in the treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Int J Sports Med*, 18(4), 242-246.

Eriksson, J., Tuominen, J., Valle, T., Sundberg, S., Sovijarvi, A., Lindholm, H., et al. (1998). Aerobic endurance exercise or circuit-type resistance training for individuals with impaired glucose tolerance? *Horm Metab Res*, 30(1), 37-41.

Fédération internationale du diabète (2006). *Diabetes Atlas*, <http://www.eatlas.idf.org/media/> (consulté juillet 2007).

Fédération internationale du diabète. *Did You Know?* <http://www.idf.org/home/index.cfm?unode=3B96906B-C026-2FD3-87B73F80BC22682A> (consulté juillet 2007).

Fenicchia, L. M., Kanaley, J. A., Azevedo, J. L., Miller, C. S., Weinstock, R. S., Carhart, R. L., et al. (2004). Influence of resistance exercise training on glucose control in women with type 2 diabetes. *Metabolism*, 53(3), 284.

Fisher, M. A., Langbein, W. E., Collins, E. G., Williams, K., & Corzine, L. (2007). Physiological improvement with moderate exercise in type II diabetic neuropathy. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 47(1), 23-28.

Fritz, T., Wandell, P., Aberg, H., & Engfeldt, P. (2006a). Walking for exercise-does three times per week influence risk factors in type 2 diabetes? *Diabetes Res Clin Pract*, 71(1), 21-27.

Fritz, T., Kramer, D. K., Karlsson, H. K., Galuska, D., Engfeldt, P., Zierath, J. R., et al. (2006b). Low-intensity exercise increases skeletal muscle protein expression of PPARdelta and UCP3 in type 2 diabetic patients. *Diabetes Metab Res Rev*, 22(6), 492-498.

Giannopoulou, I., Fernhall, B., Carhart, R., Weinstock, R. S., Baynard, T., Figueroa, A., et al. (2005a). Effects of diet and/or exercise on the adipocytokine and inflammatory cytokine levels of postmenopausal women with type 2 diabetes. *Metabolism*, 54(7), 866-875.

Giannopoulou, I., Ploutz-Snyder, L. L., Carhart, R., Weinstock, R. S., Fernhall, B., Goulopoulou, S., et al. (2005b). Exercise is required for visceral fat loss in postmenopausal women with type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*, 90(3), 1511-1518.

Glasgow, R. E., Klesges, L. M., Dzewaltowski, D. A., Bull, S. S., & Estabrooks, P. (2004). The future of health behavior change research: what is needed to improve translation of research into health promotion practice? *Ann Behav Med*, 27(1), 3-12.

Guyton, A.C. & Hall, J.E. (2001). *Textbook of medical physiology* (10th ed.). United States of America: Saunders. 1064 pages.

Herriott, M. T., Colberg, S. R., Parson, H. K., Nunnold, T., & Vinik, A. I. (2004). Effects of 8 weeks of flexibility and resistance training in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 27(12), 2988-2989.

Heyward, V.H. & Wagner, D.R. (2004). *Applied body composition assessment* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics. 267 pages.

Hill-Haas, S., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Edge, J. (2007). Effects of rest interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated-sprint ability. *J Sports Sci*, 25(6), 619-628.

Hoff, J., Tjonna, A. E., Steinshamn, S., Hoydal, M., Richardson, R. S., & Helgerud, J. (2007). Maximal strength training of the legs in COPD: a therapy for mechanical inefficiency. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 220-226.

Holten, M. K., Zacho, M., Gaster, M., Juel, C., Wojtaszewski, J. F., & Dela, F. (2004). Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*, 53(2), 294-305.

Holton, D. R., Colberg, S. R., Nunnold, T., Parson, H. K., & Vinik, A. I. (2003). The effect of an aerobic exercise training program on quality of life in type 2 diabetes. *Diabetes Educ*, 29(5), 837-846.

Homko, C. J., Cheung, P., & Boden, G. (2003). Effects of free fatty acids on glucose uptake and utilization in healthy women. *Diabetes*, 52(2), 487-491.

Honkola, A., Forsen, T., & Eriksson, J. (1997). Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. *Acta Diabetol*, 34(4), 245-248.

Hu, G., Eriksson, J., Barengo, N. C., Lakka, T. A., Valle, T. T., Nissinen, A., et al. (2004). Occupational, commuting, and leisure-time physical activity in relation to total and cardiovascular mortality among Finnish subjects with type 2 diabetes. *Circulation*, 110(6), 666-673.

Hussain, A., Claussen, B., Ramachandran, A., & Williams, R. Prevention of type 2 diabetes: A review. *Diabetes Research and Clinical Practice*, In Press, Corrected Proof.

Ibanez, J., Izquierdo, M., Arguelles, I., Forga, L., Larrion, J. L., Garcia-Unciti, M., et al. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 28(3), 662-667.

Ishii, T., Yamakita, T., Sato, T., Tanaka, S., & Fujii, S. (1998). Resistance training improves insulin sensitivity in NIDDM subjects without altering maximal oxygen uptake. *Diabetes Care*, 21(8), 1353-1355.

Kalofoutis, C., Piperi, C., Zisaki, A., Singh, J., Harris, F., Phoenix, D., et al. (2006). Differences in Expression of Cardiovascular Risk Factors among Type 2 Diabetes Mellitus Patients of Different Age. *Ann NY Acad Sci*, 1084(1), 166-177.

Katzmarzyk, P. T., Craig, C. L., & Gauvin, L. (2007). Adiposity, physical fitness and incident diabetes: the physical activity longitudinal study. *Diabetologia*, 50(3), 538-544.

Kovacs, P., & Stumvoll, M. (2005). Fatty acids and insulin resistance in muscle and liver. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 19(4), 625-635.

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., et al. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 364-380.

Kristal-Boneh, E., Silber, H., Harari, G., & Froom, P. (2000). The association of resting heart rate with cardiovascular, cancer and all-cause mortality. Eight year follow-up of 3527 male Israeli employees (the CORDIS Study). *Eur Heart J*, 21(2), 116-124.

Laura Dean, J. M. (2004). *The Genetic Landscape of Diabetes*: National Center for Biotechnology Information. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=diabetes.TOC> (consulté juillet 2007).

Lehmann, R., Engler, H., Honegger, R., Riesen, W., & Spinass, G. A. (2001). Alterations of lipolytic enzymes and high-density lipoprotein subfractions induced by physical activity in type 2 diabetes mellitus. *Eur J Clin Invest*, 31(1), 37-44.

Lehmann, R., Vokac, A., Niedermann, K., Agosti, K., & Spinass, G. A. (1995). Loss of abdominal fat and improvement of the cardiovascular risk profile by regular moderate exercise training in patients with NIDDM. *Diabetologia*, 38(11), 1313-1319.

Lichtenstein, A. H., & Van Horn, L. (1998). Very low fat diets. *Circulation*, 98(9), 935-939.

Ligtenberg, P. C., Godaert, G. L., Hillenaar, E. F., & Hoekstra, J. B. (1998). Influence of a physical training program on psychological well-being in elderly type 2 diabetes patients. Psychological well-being, physical training, and type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 21(12), 2196-2197.

Loimaala, A., Huikuri, H. V., Koobi, T., Rinne, M., Nenonen, A., & Vuori, I. (2003). Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetes*, 52(7), 1837-1842.

Mackinnon, L. T., Hubinger, L., & Lepre, F. (1997). Effects of physical activity and diet on lipoprotein(a). *Med Sci Sports Exerc*, 29(11), 1429-1436.

Maiorana, A., O'Driscoll, G., Cheetham, C., Dembo, L., Stanton, K., Goodman, C., et al. (2001). The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *Journal of the American College of Cardiology*, 38(3), 860-866.

Maiorana, A., O'Driscoll, G., Goodman, C., Taylor, R., & Green, D. (2002). Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 56(2), 115-123.

McLaughlin, T., Allison, G., Abbasi, F., Lamendola, C., & Reaven, G. (2004). Prevalence of insulin resistance and associated cardiovascular disease risk factors among normal weight, overweight, and obese individuals. *Metabolism*, 53(4), 495-499.

Middlebrooke, A. R., Elston, L. M., Macleod, K. M., Mawson, D. M., Ball, C. I., Shore, A. C., et al. (2006). Six months of aerobic exercise does not improve microvascular function in type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*, 49(10), 2263-2271.

Miyatake, N., Nishikawa, H., Morishita, A., Kunitomi, M., Wada, J., Suzuki, H., et al. (2002). Daily walking reduces visceral adipose tissue areas and improves insulin resistance in Japanese obese subjects. *Diabetes Res Clin Pract*, 58(2), 101-107.

Montague, C. T., & O'Rahilly, S. (2000). The perils of portliness: causes and consequences of visceral adiposity. *Diabetes*, 49(6), 883-888.

Monzillo, L. U., & Hamdy, O. (2003). Evaluation of insulin sensitivity in clinical practice and in research settings. *Nutr Rev*, 61(12), 397-412.

Oberbach, A., Tonjes, A., Kloting, N., Fasshauer, M., Kratzsch, J., Busse, M. W., et al. (2006). Effect of a 4 week physical training program on plasma concentrations of inflammatory markers in patients with abnormal glucose tolerance. *Eur J Endocrinol*, 154(4), 577-585.

Office québécois de la langue française. *Le grand dictionnaire terminologique*. <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html> (consulté août 2007).

Ostergard, T., Andersen, J. L., Nyholm, B., Lund, S., Nair, K. S., Saltin, B., et al. (2006). Impact of exercise training on insulin sensitivity, physical fitness, and muscle oxidative capacity in first-degree relatives of type 2 diabetic patients. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 290(5), E998-1005.

Ouimet, I. (2004). *Activité physique et obstacles à sa pratique chez des individus à risque de diabète de différentes origines ethnoculturelles*. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal, Montréal.

Organisation mondiale de la Santé (2006). *Diabetes*. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/index.html> (consulté juillet 2007).

Organisation mondiale de la Santé (2007). *Gouvernance de l'OMS*, <http://www.who.int/about/governance/fr/> (consulté septembre 2007).

Paffenbarger, R. S., Jr., Wing, A. L., & Hyde, R. T. (1978). Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *Am J Epidemiol*, 108(3), 161-175.

Perrault, H. (2006). Efficiency of movement in health and chronic disease. *Clin Invest Med*, 29(2), 117-121.

Perseghin, G., Price, T. B., Petersen, K. F., Roden, M., Cline, G. W., Gerow, K., et al. (1996). Increased glucose transport-phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects. *N Engl J Med*, 335(18), 1357-1362.

Plotnikoff, R. C., Taylor, L. M., Wilson, P. M., Courneya, K. S., Sigal, R. J., Birkett, N., et al. (2006). Factors associated with physical activity in Canadian adults with diabetes. *Med Sci Sports Exerc*, 38(8), 1526-1534.

Poirier, P., Tremblay, A., Broderick, T., Catellier, C., Tancrede, G., & Nadeau, A. (2002). Impact of moderate aerobic exercise training on insulin sensitivity in type 2 diabetic men treated with oral hypoglycemic agents: is insulin sensitivity enhanced only in nonobese subjects? *Med Sci Monit*, 8(2), CR59-65.

Rabasa-Lhoret, R., Bastard, J.-P., Jan, V., Ducluzeau, P.-H., Andreelli, F., Guebre, F., et al. (2003). Modified quantitative insulin sensitivity check index is better correlated to hyperinsulinemic glucose clamp than other fasting-based index of insulin sensitivity in different insulin-resistant states. *J Clin Endocrinol Metab*, 88(10), 4917-4923.

Randle, P. J., Garland, P. B., Hales, C. N., & Newsholme, E. A. (1963). The glucose fatty-acid cycle. Its role in insulin sensitivity and the metabolic disturbances of diabetes mellitus. *Lancet*, 1, 785-789.

Rasmussen, S. S., Glumer, C., Sandbaek, A., Lauritzen, T., & Borch-Johnsen, K. (2007). Progression from impaired fasting glucose and impaired glucose tolerance to diabetes in a high-risk screening programme in general practice: the ADDITION Study, Denmark. *Diabetologia*, 50(2), 293-297.

Regensteiner, J. G., Sippel, J., McFarling, E. T., Wolfel, E. E., & Hiatt, W. R. (1995). Effects of non-insulin-dependent diabetes on oxygen consumption during treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 27(6), 875-881.

Ross R. & Janssen I. (2005) Computed tomography and magnetic resonance imaging. In Human Body Composition. Heymsfield S.B., Lohman T.G., Wang Z. & Going S.B. Human Kinetics, Champaign, Il. p.93-96.

Ryan, A. S., Hurlbut, D. E., Lott, M. E., Ivey, F. M., Fleg, J., Hurley, B. F., et al. (2001). Insulin action after resistive training in insulin resistant older men and women. *J Am Geriatr Soc*, 49(3), 247-253.

Santé Canada. (2002). *Le diabète au Canada*. 2ème édition, http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/dic-dac2/pdf/dic-dac2_fr.pdf (consulté aout 2007).

Sayer, A. A., Dennison, E. M., Syddall, H. E., Gilbody, H. J., Phillips, D. I., & Cooper, C. (2005). Type 2 diabetes, muscle strength, and impaired physical function: the tip of the iceberg? *Diabetes Care*, 28(10), 2541-2542.

Sesti, G. (2006). Pathophysiology of insulin resistance. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 20(4), 665-679.

Shepherd, P. R., & Kahn, B. B. (1999). Glucose transporters and insulin action-implications for insulin resistance and diabetes mellitus. *N Engl J Med*, 341(4), 248-257.

Sigal, R. J., Kenny, G. P., Boule, N. G., Wells, G. A., Prud'homme, D., Fortier, M., et al. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: A randomized trial. *Ann Intern Med*, 147(6), 357-369.

Sigal, R. J., Kenny, G. P., Wasserman, D. H., & Castaneda-Sceppa, C. (2004). Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 27(10), 2518-2539.

Smith, P. M., Doherty, M., & Price, M. J. (2006). The effect of crank rate on physiological responses and exercise efficiency using a range of submaximal workloads during arm crank ergometry. *Int J Sports Med*, 27(3), 199-204.

Smutok, M. A., Reece, C., Kokkinos, P. F., Farmer, C., Dawson, P., Shulman, R., et al. (1993). Aerobic versus strength training for risk factor intervention in middle-aged men at high risk for coronary heart disease. *Metabolism*, 42(2), 177-184.

Statistique Canada. (2003). Enquête nationale sur la santé de la population, 2000/01. http://www.cflri.ca/fra/donnees_provinciales/pam2003/canada.php (consulté aout 2007).

Swartz, A. M., Strath, S. J., Bassett, D. R., Moore, J. B., Redwine, B. A., Groer, M., et al. (2003). Increasing daily walking improves glucose tolerance in overweight women. *Prev Med*, 37(4), 356-362.

Taniguchi, A., Fukushima, M., Sakai, M., Nagasaka, S., Doi, K., Nagata, I., et al. (2000). Effect of physical training on insulin sensitivity in Japanese type 2 diabetic patients: role of serum triglyceride levels. *Diabetes Care*, 23(6), 857-858.

Tessier, D., Menard, J., Fulop, T., Ardilouze, J.-L., Roy, M.-A., Dubuc, N., et al. (2000). Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 31(2), 121.

Tokmakidis, S. P., Zois, C. E., Volaklis, K. A., Kotsa, K., & Touvra, A. M. (2004). The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*, 92(4-5), 437-442.

Trout, K. K., Homko, C., & Tkacs, N. C. (2007). Methods of measuring insulin sensitivity. *Biol Res Nurs*, 8(4), 305-318.

Tudor-Locke, C., Bell, R. C., Myers, A. M., Harris, S. B., Ecclestone, N. A., Lauzon, N., et al. (2004). Controlled outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 28(1), 113-119.

Tudor-Locke, C. E., Myers, A. M., Bell, R. C., Harris, S. B., & Wilson Rodger, N. (2002). Preliminary outcome evaluation of the First Step Program: a daily physical activity intervention for individuals with type 2 diabetes. *Patient Educ Couns*, 47(1), 23-28.

van Sluijs, E. M. F., van Poppel, M. N. M., Twisk, J. W. R., & van Mechelen, W. (2006). Physical activity measurements affected participants' behavior in a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Epidemiology*, 59(4), 404-411.

Walker, K. Z., Piers, L. S., Putt, R. S., Jones, J. A., & O'Dea, K. (1999). Effects of regular walking on cardiovascular risk factors and body composition in normoglycemic women and women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 22(4), 555-561.

Wei, M., Gibbons, L. W., Kampert, J. B., Nichaman, M. Z., & Blair, S. N. (2000). Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Ann Intern Med*, 132(8), 605-611.

Willardson, J. M. (2006). A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *J Strength Cond Res*, 20(4), 978-984.

Wing, R. R., Venditti, E., Jakicic, J. M., Polley, B. A., & Lang, W. (1998). Lifestyle intervention in overweight individuals with a family history of diabetes. *Diabetes Care*, 21(3), 350-359.

Yokoyama, H., Emoto, M., Araki, T., Fujiwara, S., Motoyama, K., Morioka, T., et al. (2004). Effect of aerobic exercise on plasma adiponectin levels and insulin resistance in type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 27(7), 1756-1758.

ANNEXE A : Tableau résumé des études portant sur l'entraînement aérobie

Source	Caractéristiques des sujets	Intervention	Variabiles d'intérêt	Variabiles modifiées significativement
Alam et al. (2004)	DT2 et obèses HbA1c non contrôlée avec diète et médication <u>Groupe avec intervention supervisée</u> : 4H/5F 6 caucasiens et 3 africains des caraïbes 59,5 ± 2,5 ans VO ₂ max = 21,3 ± 2,8 ml/(kg x min) HbA1c = 8,7 ± 0,4 % IMC = 30,6 ± 2,0 kg/m ² <u>Groupe avec intervention non-supervisée</u> : 5H/4F 8 caucasiens et 1 africain des caraïbes 55,3 ± 3,2 ans VO ₂ max = 23,1 ± 2,5 ml/(kg x min) HbA1c = 9,3 ± 0,4 % IMC = 31,1 ± 1,0 kg/m ²	<u>Modalité</u> : activité aérobie au choix du participant <u>Fréquence</u> : 4/sem <u>Durée</u> : 20 à 40 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 24 <u>DTEP</u> : 2 880 min <u>Intensité</u> : 60 à 85 % du VO ₂ max <u>Supervision</u> : directe une fois/semaine et indirecte via un suivi des activités par un moyen non identifié	VO ₂ max, puissance maximale Masse, masse grasse totale et tronculaire Glycémie et insulïnémie à jeun, HbA1c, HOMA _{RI} CHO, TG, LDL, HDL, AGL, apolipoprotéine B Bien-être	<u>Groupe supervisé</u> : ↑ VO ₂ max, puissance maximale, bien-être ↓ HbA1c, insulïnémie et glycémie à jeun, HOMA _{RI} , TG, AGL, apolipoprotéine B, masse, masse grasse totale et tronculaire <u>Groupe supervisé et non-supervisé</u> : ↑ HDL <u>Groupe supervisé vs non-supervisé</u> : ↑ VO ₂ max, puissance maximale ↓ HbA1c, glycémie à jeun, HOMA _{RI} , apolipoprotéine B, masse grasse totale et tronculaire
Araiza et al. (2006)	DT2 Âgés entre 33 et 60 ans <u>Groupe actif</u> : n=15 HbA1c = 8,5 ± 1,9 % IMC = 30,3 ± 4,4 kg/m ²	<u>Modalité</u> : marche avec podomètre <u>Fréquence</u> : > 5/sem <u>Durée</u> : - <u>Nbr. semaine</u> : 6 <u>Intensité</u> : -	Nombre de pas/jour Dépense énergétique de repos Glycémie et insulïnémie à jeun, fructosamine, HbA1c et HOMA _{IR}	<u>Groupe actif</u> : ↑ nombre de pas/jour, dépense énergétique au repos, HDL

<p><u>Groupe témoin</u> :</p> <p>n=15</p> <p>HbA1c = 8,4 ± 1,7 %</p> <p>IMC = 33,5 ± 6,6 kg/m²</p>	<p><u>Supervision</u> : indirecte via un journal de bord pour le # de pas</p> <p><u>Note</u> : objectif de 10 000 pas/jour</p>	<p>IMC, circonférence de taille, % gras</p> <p>TG, CHO, HDL, LDL, lipoprotéine (a)</p> <p>homocystéine, pouvoir total antioxydant du plasma et malondialdéhyde</p>	
<p>Boudou et al. (2000)</p> <p>16H DT2</p> <p>Pas d'AP d'intensité modérée ou élevée régulièrement dans les 6 derniers mois</p> <p><u>Groupe intervention (entraînement a et b)</u> :</p> <p>n=8</p> <p>42,9 ± 5,2 ans</p> <p>VO₂ de pointe = 23,5 ± 3,6 ml/(kg x min)</p> <p>HbA1c = 9,0 ± 1,7 %</p> <p>IMC = 28,3 ± 3,9 kg/m²</p> <p><u>Groupe témoin (entraînement c)</u> :</p> <p>n=8</p> <p>47,9 ± 8,4 ans</p> <p>VO₂ de pointe = 22,0 ± 3,6 ml/(kg x min)</p> <p>HbA1c = 7,3 ± 1,3 %</p> <p>IMC = 30,9 ± 5,2 kg/m²</p>	<p><u>Modalité</u> : bicyclette stationnaire</p> <p><u>Fréquence</u> : (a) 2/sem, (b) 1/sem et (c) à chaque semaine</p> <p><u>Durée et intensité</u> : (a) 45 min/séance à 75% VO₂ de pointe ; (b) 5 x (2 min à 85% VO₂ de pointe + 3 min à 50% VO₂ de pointe et (c) 20 min/séance à 30 watts</p> <p><u>Nbr. semaine</u> : 8</p> <p><u>DTEP groupe</u></p> <p><u>intervention</u> : 920 min</p> <p><u>DTEP groupe témoin</u> : 160 minutes</p> <p><u>Supervision</u> : -</p> <p><u>Note</u> : deux semaines de préparation pour le groupe intervention</p>	<p>VO₂ de pointe et puissance maximale (watts)</p> <p>Glycémie et insulïnémie à jeun, HbA1c, indice de SI (IVGTT).</p> <p>Masse, IMC, ratio taille/hanches, tissus adipeux viscéral et sous-cutané</p>	<p><u>Groupe intervention</u> :</p> <p>↑ VO₂ de pointe et puissance maximale, indice de SI (IVGTT)</p> <p>↓ HbA1c, tissus adipeux viscéral et sous-cutané</p>
<p>Boudou et al. (2001)</p> <p>16H DT2</p> <p>Pas d'AP d'intensité modérée ou élevée régulièrement dans les 6 derniers mois</p>	<p>Voir Boudou et al. (2000)</p> <p><u>Note</u> : même échantillon que Boudou et al. (2000), mais caractéristiques des sujets rapportées</p>	<p>Section transverse des muscles de la cuisse</p> <p>CHO, TG, HDL, Apolipoprotéine A1 et B</p> <p>Masse, tissus adipeux</p>	<p><u>Groupe intervention</u> :</p> <p>↑ section transverse des muscles de la cuisse</p> <p>↓ TG, tissus adipeux sous-cutané et viscéral</p>

	différemment	viscéral et sous-cutané
IMC = $29,6 \pm 4,6 \text{ kg/m}^2$ HbA1c = $8,2 \pm 1,7 \%$ <u>Groupe intervention</u> <u>(entraînement a et b)</u> : n=8 <u>Groupe témoin</u> <u>(entraînement c)</u> : n=8		
Christ-Roberts et al. (2004)	<p><u>Modalité</u> : bicyclette stationnaire <u>Fréquence</u> : 3 à 4/sem <u>Durée</u> : 20 à 45 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 8 <u>DTEP</u> : 910 min <u>Intensité</u> : 60 à 70 % VO₂ de pointe <u>Supervision</u> : oui</p>	<p><u>VO₂ de pointe et fréquence cardiaque maximale</u> Glycémie et insulïnémie à jeun et pendant le clamp, HbA1c CHO, HDL, LDL et TG IMC Activité du récepteur à l'insuline 1 (IRS-1) associé au phosphatidylinositol 3-kinase (PI3-K) Expression protéine kinase B et GLUT4 Activité glycoyène synthase</p>
Dasgupta et al. (2006)	<p><u>Modalité</u> : Tapis roulant, bicyclette stationnaire, appareil elliptique <u>Fréquence</u> : 3/sem pour les 8 premières semaines puis 2/sem pour les semaines 8 à 24 <u>Durée</u> : 45 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 24 <u>DTEP</u> : 2 520 min <u>Intensité</u> : 65 à 85% de la</p>	<p><u>Groupe DT2 et glycémie normale</u> : ↑ VO₂ de pointe, entrée du glucose stimulée par l'insuline (clamp), expression protéine kinase B et GLUT4, activité glycoyène synthase ↓ activité IRS-1 associé au PI3-K <u>Groupe DT2</u> : ↑ fréquence cardiaque maximale</p> <p><u>Groupe diète + AP</u> : ↓ pression artérielle moyenne ↓ non-significative de la fréquence des hypoglycémies (p = 0,06) Tendent à perdre plus de masse que le groupe diète (p = 0,06)</p> <p>Individus ayant pris part à ≥</p>

12H/9F	fréquence cardiaque maximale	75% des séances : ↓ masse, ↑ durée du test d'effort et ↓ pression artérielle moyenne plus que dans groupe diète.
Âge moyen = 54 ans (47-58)	<u>Supervision</u> : -	
HbA1c = 7,2 % (6,1 - 7,7)	<u>Note</u> : + 15 min d'étirements/séance ; objectif de ≥135 min/sem pendant les 24 semaines ; diète comprend 6 sessions de conseils personnalisés	
IMC = 36,4 kg/m ² (32,8-41,8)		
<u>Note</u> : pour d'autres subdivisions des groupes selon le niveau de contrôle glucidique, se référer à l'article		
Dela et al. (2004)	Hommes DT2	Groupes entraînés avec sécrétion des cellules β ↓ et modérée :
Absence de complications associées au T2D et de pathologies autres que le DT2	Modalité : bicyclette stationnaire	↑ VO ₂ max
Groupes entraînés avec ↓ de sécrétion des cellules β : n = 5	Fréquence : 5/sem	↓ fréquence cardiaque pour un effort donné
52 ± 4 ans	Durée : ≥ 20 min/séance (habituellement 30 à 40 min)	Glycémie, insulïnémie à jeun et lors du clamp euglycémique
HbA1c = 9,6 ± 0,5 %	Nbr. semaine : 12	hyperinsulïnémique, élimination du glucose comme mesure de la SI, HbA1c et [peptide C]
IMC = 25 ± 2 kg/m ²	DTEP : 2 100 min	↑ insulïnémie lors du clamp à 25 mM glucose, [peptide C] plasmatique lors de stimulation à l'arginine et hyperglycémie
Groupes témoin avec ↓ de sécrétion des cellules β : n = 3	Intensité : 75% VO ₂ max	
47 ± 1 ans	<u>Supervision</u> : journal de bord des AP faites à la maison et odomètre caché sur le vélo	
HbA1c = 8,6 ± 0,4 %	<u>Note</u> : AP peut être fragmentée en période de 5 minutes entre lesquelles le sujet fait 5 min de repos actif (40% du VO ₂ max)	
IMC = 24 ± 1 kg/m ²		
Groupes entraînés avec sécrétion des cellules β modérée : n=9		
54 ± 2 ans		
HbA1c = 9,6 ± 0,5 %		

IMC = 31 ± 1 kg/m²

Groupe témoin avec
sécrétion des cellules β

modérée :

n=7

53 \pm 4 ans

HbA1c = $8,0 \pm 0,7$ %

IMC = 30 ± 2 kg/m²

Groupe DT2 :

7H/7F

43 \pm 2 ans

VO₂ de pointe = 33 ± 2 ml/kg

m. maigre x min)

HbA1c = $8,1 \pm 0,5$ %

IMC = $31 \pm 0,5$ kg/m²

Groupe surplús de poids +

non-DT2 :

4H/5F

37 \pm 2 ans

VO₂ de pointe = 29 ± 1 ml/kg

m. maigre x min)

HbA1c = $5,3 \pm 0,1$ %

IMC = $29 \pm 0,9$ kg/m²

	Modalité : Bicyclette stationnaire ou tapis roulant	VO ₂ de pointe et à 60 watts, fréquence cardiaque de pointe à 60 watts	Groupe DT2 et surplús de masse + non-DT2 :
De Filippis et al. (2006)	Fréquence : 3 à 4/sem Durée : 20 à 45 min/séance Nbr. semaine : 8 DTEP : 910 min Intensité : 60 à 70 % VO ₂ de pointe Supervision : oui Note : lorsqu'AP effectuée sur le vélo, les participants seraient une poignée avec résistance 30 fois aux 5 min	Glycémie et insulémie à jeun, HbA1c, production du endogène et élimination du glucose lors du clamp euglycémique- hyperinsulinémique TG, HDL, LDL, HDL/CHO Masse, IMC, masse grasse (absolue et pourcentage) Flot sanguin de l'avant-bras stimulé par l'acétylcholine et occlusion artérielle	↑ VO ₂ de pointe et VO ₂ à 60 watts, HDL/CHO, élimination du glucose [mg/(kg m. maigre x min)] lors du clamp, flot sanguin de l'avant-bras stimulé par l'acétylcholine et occlusion artérielle ↓ LDL
DiPietro et al. (1998)	Modalité : mini-trampoline Fréquence : 4/sem Durée : 50 min/séance Nbr. semaine : 12 DTEP : 2 400 min Intensité : 75% fréquence cardiaque maximale Supervision : - Note : Précédé d'une	VO ₂ de pointe OGTT Acides gras libres Masse, IMC, circonférence de taille et des hanches, ratio taille/hanches, graisse abdominale totale et viscérale	Groupe intervention : ↑ VO ₂ de pointe, élimination du glucose lors de l'OGTT ↓ aire sous la courbe du glucose principalement dans la 2 ^e heure du test et pour les sujets intolérants au glucose, acides gras libres
	Âgés > 60 ans Absence de médication affectant la glycémie Groupe intervention : n=9 4 intolérants au glucose 72 \pm 1 ans VO ₂ de pointe = 25 ± 2 ml/(kg x min)		

<p>IMC = $27,5 \pm 2,7$ kg/m² <u>Groupe témoin</u> : n=7 2 intolérants au glucose 73 ± 2 ans VO₂ de pointe = 27 ± 3 ml/(kg x min) IMC = $26,8 \pm 1,5$ kg/m²</p>	<p>période de familiarisation d'un mois; échauffement et retour au calme de 5 min ; Groupe témoin effectuait des séances d'étirements, de yoga et d'exercices musculaires avec bandes élastiques</p>	<p>↑ puissance aérobie, vélocité de conduction des nerfs moteurs et sensoriels, amplitude motrice, valeur absolue pour l'amplitude motrice médiane ↓ latence minimale des ondes F Apparition de deux potentiels d'action dans des nerfs sensoriels</p>
<p>Fisher et al. (2007) Diagnostic de DT2 non récent et présence de neuropathies Variations de l'HbA1c < 1% dans les 6 derniers mois 5H 68 ± 6,4 ans</p>	<p>Modalité : marche avec bâtons de marche Fréquence : 3/sem Durée : 30-35 min/séance Nbr. semaine : 24 DTEP : 2 340 min Intensité : 40-75% du VO₂ de réserve Supervision : 8 premières semaines supervisées puis 16 non-supervisées</p>	<p>Puissance aérobie HbA1c Vélocité de conduction des nerfs moteurs et sensoriels Amplitude motrice Latence minimale des ondes F Valeur absolue pour l'amplitude motrice médiane Présence de potentiels d'action dans les nerfs sensoriels</p>
<p>Fritz et al. (2006a) DT2 <u>Groupe intervention</u> : 60,0 ± 7,3 ans 11H/15F 2,5 ± 1,6 h AP/sem VO₂ max = $2,0 \pm 0,5$ L/min HbA1c = $6,3 \pm 0,9$ % IMC = $32,2 \pm 5,0$ kg/m² <u>Groupe témoin sans intervention</u> : 59,3 ± 6,2 ans 11H/15F 3,3 ± 2,1 h AP/sem</p>	<p>Modalité : marche rapide Fréquence : 3/sem Durée : 45 min/séance Nbr. semaine : 16 DTEP : 2 160 min Intensité : rapide Supervision : 4 groupes de marche/sem offerts mais non obligatoires Note : À ajouter à leur pratique d'AP actuelle</p>	<p><u>Groupe intervention et témoin</u> : ↑ HDL ↓ LDL <u>Groupe intervention</u> : ↑ pratique AP <u>Patients ayant atteint 80% de l'objectif de volume (n=17)</u> : ↑ pratique AP, HDL ↓ PAS, PAD, CHO, LDL, IMC</p>

<p>Fritz et al. (2006b)</p> <p>VO₂ max = 2,0 ± 0,5 L/min HbA1c = 6,0 ± 0,7 % IMC = 30,9 ± 5,4 kg/m²</p>	<p><u>Voir Fritz et al. (2006 a)</u></p> <p>VO₂ max Glycémie et insulinémie à jeun, HOMA_{SI}, HbA1c CHO, HDL, LDL, TG PAS et PAD IMC Expression de l'ARNm de 24 gènes Expression des protéines : diacylglycerol kinase δ, protéine découplante 3 (UCP 3), récepteur activé par le peroxisome proliférant (PPAR) δ, Facteur de respiration nucléaire (NRF-1), protéine associée à l'anti-Cbl (CAP), carboxylase anti-acetyl-CoA (ACC) et Histone 3 (H3)</p>	<p>Sujets avec \downarrow PAS et PAD ont \downarrow l'insulinémie et \uparrow HOMA_{SI} Groupe intervention ayant \uparrow niveau d'AP mais pas \uparrow SI et/ou \downarrow PAS et PAD = plus jeune que le groupe ayant \uparrow niveau d'AP, \uparrow SI et \downarrow PAS et PAD. Groupe intervention ayant \uparrow leur niveau d'AP mais pas \uparrow leur SI et/ou \downarrow PAS et PAD : \downarrow expression de l'ARNm de UCP 3 et PPARδ Groupe intervention ayant \uparrow leur niveau d'AP, \uparrow leur SI et \downarrow PAS et PAD : \uparrow expression protéique UCP3 et PPARδ</p>
<p>DT2</p> <p>Groupe témoin n'ayant pas augmenté niveau d'AP suite à l'intervention :</p> <p>2H/4F 60 ± 1,7 ans VO₂ max = 1,7 ± 0,1 L/min HbA1c = 6,6 ± 0,4 % IMC = 33,0 ± 2,3 kg/m²</p> <p>Groupe intervention ayant \uparrow niveau d'AP, \uparrow SI et \downarrow PAS et PAD :</p> <p>2H/3F 62 ± 2,9 ans VO₂ max = 2,2 ± 0,2 L/min HbA1c = 6,7 ± 0,5 % IMC = 35,0 ± 3,7 kg/m²</p> <p>Groupe intervention ayant \uparrow niveau d'AP mais pas \uparrow SI et/ou \downarrow PAS et PAD :</p> <p>3H/1F 52 ± 3,2 ans VO₂ max = 1,9 ± 0,2 L/min HbA1c = 6,7 ± 0,5 % IMC = 30,8 ± 0,6 kg/m²</p> <p>Note : Sous-groupe de l'étude de Fritz et al. (2006a)</p>	<p>Modalité : marche et à l'occasion autres activités telles que vélo et</p>	<p>VO₂ de pointe Glycémie et insulinémie à jeun, HbA1c, RI suite à un</p>
<p>Giannopoulos et al. (2005a)</p> <p>Femmes post-ménopausées DT2 et IMC > 30 kg/m² Âgées entre 50 et 70 ans</p>	<p>Modalité : marche et à l'occasion autres activités telles que vélo et</p>	<p>Groupe exercice, diète et exercice + diète : \downarrow tissus adipeux abdominal</p>

<p><u>Groupe diète</u> n = 11 VO₂ de pointe = 1,59 ± 0,13 L/min HbA1c = 7,3 ± 0,5 % IMC = 34,3 ± 1,8 kg/m² <u>Groupe exercice</u> n = 11 VO₂ de pointe = 1,88 ± 0,24 L/min HbA1c = 6,4 ± 0,8 % IMC = 35,9 ± 2,2 kg/m² <u>Groupe diète + exercice</u> n = 11 VO₂ de pointe = 1,850 ± 0,106 L/min HbA1c = 6,8 ± 0,5 % IMC = 33,7 ± 1,7 kg/m²</p>	<p>« stepping » <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée</u> : 50 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 14 <u>DTEP</u> : 2 100 min <u>Intensité</u> : en moyenne 79% de la fréquence cardiaque maximale (calculé post-intervention) <u>Supervision</u> : oui, au domicile du sujet <u>Notes</u> : Dépense calorique entre 250 et 300 kcal/séance Diète riche en gras monoinsaturé et déficit calorique de 600 kcal/jour</p>	<p>repas CHO, LDL, HDL, TG Masse, IMC, masse grasse totale et tissu adipeux abdominal total, viscéral et sous-cutané</p>	<p>total et sous-cutané <u>Groupe exercice et diète + exercice</u> : ↑ du VO₂ de pointe ↓ tissu adipeux abdominal viscéral, RI <u>Groupe diète et diète + exercice</u> : ↓ glycémie à jeun, masse, masse grasse totale, CHO, HDL <u>Groupe diète et exercice</u> : ↓ insulinémie à jeun</p>
<p>Giannopoulou et al. (2005b)</p>	<p>Idem étude Giannopoulou et al. (2005a)</p>	<p>VO₂ de pointe Métabolisme de base Glycémie et insulinémie à jeun, HbA1c et mesure de la glycémie, insulinémie et SI après un repas CHO, LDL, HDL, fractions de HDL et taille des particules, TG, lipoprotéine (a), apolipoprotéines A-I, B, CIII et E Masse, IMC, circonférence de la taille et des hanches, % gras, masse maigre, tissu adipeux abdominal total,</p>	<p><u>Groupe exercice, diète et exercice + diète</u> : ↑ SI ↓ circonférence de la taille, % gras, tissu adipeux abdominal total et sous-cutané <u>Groupe diète et exercice + diète</u> : ↓ masse, IMC, masse maigre, glycémie, TG, HDL, aire sous la courbe du glucose après le repas <u>Groupe exercice et diète + exercice</u> :</p>

<u>Groupe témoin</u> :	supervisée/sem	B	intervention et 3 mois post
7H/6F	<u>Durée</u> : 90 min/séance	Fréquence cardiaque de	↓ fréquence cardiaque au
59 (50-79) ans	supervisée et 30-45	repos, PAS, PAD et pression	maximum du test de marche
Pratique d'AP : 91 ± 75	min/séance autonome	artérielle moyenne en clinique	et 60 min post-effort après
min/sem	<u>Nbr. semaine</u> : 12	et ambulatoire	intervention et 3 mois post ;
HbA1c = 7,8 ± 1,7 %	<u>DIEP</u> : 2 430 min	Masse, ratio taille/hanches,	peptide C post-intervention ;
IMC = 31,3 ± 5,2 kg/m ²	<u>Intensité</u> : 50-70% de	pourcentage de graisse et	TG et CHO/HDL post-
	l'effort maximal	masse maigre absolue	intervention et 3 mois post ;
	<u>Supervision</u> : une séance/		fréquence cardiaque de
	semaine et suivi via un		repos, PAS, PAD et pression
	journal de bord		artérielle moyenne mesurée
			en clinique et ambulatoire
			post-intervention et 3 mois
			post ; ratio taille/hanches et
			% gras post-intervention et 3
			mois post
Lehmann	DT2	Pratique d'AP (min/sem)	<u>Groupe intervention</u> :
et al.	Idem Lehmann et al.	Fréquence cardiaque au	↑ pratique d'AP, HDL, HDL ₃ ,
(2001)	(1995)	maximum du test des	apolipoprotéine A1, activité
		marches et de récupération	lipase hépatique,
		lors du test d'effort	lipoprotéine lipase et
		Glycémie et insulinémie à	lécithine-cholestérol acyl-
		jeun, HbA1c et	transférase
		microalbuminurie	↓ fréquence cardiaque
		CHO, LDL, TG, HDL, HDL ₂ ,	maximale et de récupération
		HDL ₃ , apolipoprotéine A1 et B	lors du test d'effort, TG, ratio
		Masse, graisse corporelle,	CHO/HDL, graisse
		ratio taille/hanches	corporelle et ratio
		Activité enzymatique : lipase	circonférence taille/hanche
		hépatique, lipoprotéine lipas	
		et lécithine acyl-transférase	
Ligtenberg	DT2 (n=58 au début et n=51	VO ₂ max	<u>Groupe exercice</u> :
et al.	à la fin)	Bien-être psychologique	↑ bien-être psychologique
		Modalié : exercices	
		aérobies non spécifiés	

(1998)	<p><u>Groupe exercice</u> : n initial =30 (nombre final non spécifié) 64,2 ± 5,4 ans</p> <p><u>Groupe témoin</u> : n initial=28 (nombre final non spécifié)</p>	<p><u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée</u> : 60 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 12 <u>DTEP</u> : 2 160 min <u>Intensité</u> : 60-80% VO₂ max</p> <p><u>Supervision</u> : 3/semaine les 6 premières semaines, puis exercices à la maison guidés pour les semaines 7 à 12 et sans supervision pendant le suivi de 14 semaines.</p> <p><u>Note</u> : Groupe témoin suit un programme d'éducation sur le diabète.</p>	<p>(bien-être psychologique total, bien-être positif, énergie, anxiété et dépression)</p> <p>total, bien-être positif et énergie (6 semaines) ↓ anxiété (6 semaines)</p> <p><u>Groupe exercice vs témoin</u> : VO₂ max + ↑ par rapport au groupe témoin (6, 12 et 26 semaines)</p>
Middlebrooke et al. (2006)	<p>DT2 32H/27F</p> <p><u>Groupe exercice</u> : n=22 61,8 ± 7,7 ans VO₂ max = 19,3 ± 5,2 ml/(kg x min) HbA1c = 6,8 ± 0,9 % IMC = 31,8 ± 4,5 kg/m²</p> <p><u>Groupe témoin</u> : n=30 64 ± 6,8 ans VO₂ max = 20,1 ± 5,3 ml/(kg x min) HbA1c = 7,2 ± 1,1 % IMC = 29,9 ± 5,4 kg/m²</p>	<p><u>Modalité</u> : exercices aérobies non spécifiés</p> <p><u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée</u> : 30 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 24 <u>DTEP</u> : 2 160 min <u>Intensité</u> : 70-80% fréquence cardiaque maximale</p> <p><u>Supervision</u> : deux supervisées et une à la maison</p>	<p>Puissance aérobie (absolue et par kg de masse) Glycémie et insulïnémie à jeun et test de tolérance à l'insuline HbA1c, CHO, HDL, LDL, TG Masse, IMC, circonférence de taille, somme des plis cutanés PAS et PAD Capacité antioxydante totale Réponse hyperaemique Fonction microvasculaire dépendante et indépendante du système nerveux sympathique</p> <p>Aucun changement significatif mesuré</p>
Miyatake et al.	31H japonais	<u>Modalité</u> : Marche	Nombre de pas/jour ↑ nombre de pas/jour,

al. (2002)	<p>Âgés entre 32 et 59 ans Critère d'obésité pour personnes japonaises : IMC ≥ 25 kg/m² IMC = 28,6 kg/m² VO₂ max = 14,5 ± 1,9 ml/(kg x min) 7 012 ± 3 077 pas par jour; 10 sujets possiblement intolérants au glucose (basé sur un seul test de glycémie à jeun</p>	<p><u>Fréquence</u> : 7/sem <u>Durée</u> : - <u>Nbr. semaine</u> : 52 <u>Intensité</u> : - <u>Supervision</u> : non <u>Note</u> : Augmentation quotidienne de 1 000 pas par rapport à valeur de base et maintien de l'apport calorique</p>	<p>(moyenne sur 7 jours) Puissance aérobie [ml/(kg x min)] Force musculaire de préhension et des jambes, flexibilité de la chaîne postérieure, équilibre sur une jambe - yeux fermés Glycémie et insulémie à jeun, <i>HOMA_{RI}</i> CHO, <i>HDL</i>, TG Masse, IMC, ratio taille/hanche, masse maigre, masse grasse, % gras, graisse abdominale totale, sous-cutanée et viscérale PAS et PAD Temps de réaction</p>	<p>puissance aérobie, force des jambes, force des jambes/masse corporelle, <i>HDL</i> ↓ masse, IMC, circonférence taille et hanches, ratio circonférence taille/hanches, % de graisse, surface de graisse sous-cutanée et viscérale, PAS et PAD, TG, glycémie et insulémie à jeun, <i>HOMA_{RI}</i></p>
Ostergard et al. (2006)	<p>Caucasiens IMC ≤ 30 kg/m² Ne pas pratiquer d'AP régulièrement VO₂ max < 50 ml/(kg x min) <u>Groupe à risque avec intervention</u> : Lien de parenté avec des patients DT2 (premier degré) 33 ± 5 ans 19H/10F VO₂ max = 38 ± 6,5 ml/(kg x min) HbA1c = 5,2 ± 0,4%</p>	<p><u>Modalité</u> : bicyclette stationnaire <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée</u> : 45 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 10 <u>DTEP</u> : 1 350 min <u>Intensité</u> : ~ 70% VO₂ max <u>Supervision</u> : une à deux séances/10 sem</p>	<p>VO₂ et puissance max Glycémie, insulémie, acides gras non estérifiés et peptide C à jeun, HbA1c Aire sous la courbe du glucose, de l'insuline et du peptide C lors de l'OGTT, entrée du glucose stimulée par l'insuline lors du clamp euglycémique hyperinsulinémique Masse, IMC Biopsies musculaires : pourcentage des différents types de fibres, grosseur des</p>	<p><u>Groupe à risque et témoin</u> : ↑ VO₂ et puissance max, entrée du glucose stimulée par l'insuline lors du clamp, activité citrate synthase et cytochrome C oxydase <u>Groupe à risque</u> : ↑ densité des capillaires dans les fibres musculaires (total et de type II) ↓ masse et IMC, mais pas significativement plus que le groupe témoin</p>

<p>différentes fibres, présence de capillaires pour les différentes fibres et densité capillaire</p> <p>Activité enzymatique citrate synthase et cytochrome C oxydase</p>	<p>IMC = $26,3 \pm 1,6 \text{ kg/m}^2$</p> <p><u>Groupe témoin avec intervention :</u></p> <p>Sans historique familiale de diabète</p> <p>31 \pm 5 ans</p> <p>14H/5F</p> <p>VO₂ max = $40,8 \pm 6,1 \text{ ml/(kg x min)}$</p> <p>HbA1c = $5,1 \pm 0,3\%$</p> <p>IMC = $25,8 \pm 3,0 \text{ kg/m}^2$</p>	<p>Perseghin et al. (1996)</p>	
<p>Pratique d'AP</p> <p>Puissance aérobie</p> <p>Métabolisme du glucose stimulé par l'insuline, métabolisme du glucose oxydatif et non-oxydatif, première et seconde phase de sécrétion d'insuline lors du clamp euglycémique hyperinsulinémique</p> <p>Glycogène musculaire, [glucose-6-phosphate] intracellulaire, [phosphocréatine] intracellulaire, [phosphate inorganique] intracellulaire, pH intracellulaire</p>	<p>Modalité : Escaladeurs</p> <p>Fréquence : 4/sem</p> <p>Durée : 3 x (15 min d'effort + 5 min repos)/séance</p> <p>Nbr. semaine : 6</p> <p>DTEP : 1 080 min</p> <p>Intensité : 65% puissance aérobie</p> <p>Supervision : oui</p>	<p>À \pm 8% de leur masse idéale</p> <p>En santé</p> <p><u>Groupe avec histoire familiale de DT2 :</u></p> <p>3H/7F</p> <p>IMC = $25,7 \pm 0,6 \text{ kg/m}^2$ (hommes); $24,5 \pm 0,5 \text{ kg/m}^2$ (femmes)</p> <p>VO₂ max = $29 \pm 2 \text{ ml/(kg x min)}$ (hommes); $28 \pm 3 \text{ ml/(kg x min)}$ (femmes)</p> <p>HbA1c = $5,8 \pm 0,6 \%$ (hommes); $5,8 \pm 0,3 \%$ (femmes)</p> <p><u>Groupe sans histoire familiale de DT2 :</u></p> <p>3H/5F</p> <p>IMC = $25,1 \pm 0,8 \text{ kg/m}^2$ (hommes); $23,7 \pm 0,6 \text{ kg/m}^2$ (femmes)</p> <p>VO₂ max = $31 \pm 4 \text{ ml/(kg x min)}$ (hommes); 28 ± 3</p>	<p>Groupes avec et sans histoire familiale de DT2 :</p> <p>↑ pratique d'AP, élimination du glucose lors du clamp, synthèse du glycogène musculaire</p> <p>Groupes avec histoire familiale de DT2 :</p> <p>↑ [glucose 6-phosphate] intracellulaire, concentration qui était significativement plus basse au début que celle des sujets sans histoire familiale</p>

Poirier et al. (2002)	<p>ml/(kg x min) (femmes) HbA1c = 5,7 ± 0,4 % (hommes); 5,8 ± 0,3 % (femmes)</p> <p>13 H, DT2 Pas d'AP régulière dans les 6 mois précédents <u>Groupe non-obèse (% gras ≤ 25%)</u> : n=6 49 ± 3 ans VO₂ de pointe = 34,1 ± 1,4 ml/(kg x min) HbA1c = 9,3 ± 1,2 % <u>Groupe obèse (% gras > 30%)</u> : n=7 45 ± 3 ans VO₂ de pointe = 34,1 ± 1,4 ml/(kg x min) HbA1c = 10,4 ± 0,6 %</p>	<p><u>Modalité</u> : bicyclette stationnaire <u>Fréquence</u> : 2/sem <u>Durée</u> : 30 à 60 min/séance <u>Nbr. semaine</u> : 12 <u>DTEP</u> : 1 080 min <u>Intensité</u> : 60 % VO₂ de pointe <u>Supervision</u> : oui</p>	<p>VO₂ de pointe Glycémie et insulinémie à jeun, HbA1c Clamp (SI par kg de masse et par kg de masse maigre, élimination du glucose ajusté pour l'insuline plasmatique) TG Masse, masse maigre et grasse, pourcentage de gras, ratio taille/hanches</p>	<p><u>Groupes non-obèse et obèse combinés</u> : ↑ VO₂ de pointe ↓ masse, masse maigre <u>Groupe non-obèse</u> : ↑ VO₂ de pointe ↑ SI (par kg, par kg de masse maigre et ajusté pour l'insuline plasmatique) <u>Groupe obèse</u> : ↑ VO₂ de pointe, % grasse ↓ masse maigre <u>Groupe obèse vs non-obèse</u> : TG plus élevés post-intervention</p>
Swartz et al. (2003)	<p>18 F < 7000 pas/jour et ≤ 1 jour/sem d'exercice planifié Histoire familiale de DT2 IMC = 35,0 ± 5,1 kg/m² Masse stable Âge : 53 ± 7 ans 4491 ± 2269 pas/jour</p>	<p><u>Modalité</u> : marche avec podomètre et objectif de 10 000 pas/jour dès le début de l'intervention <u>Fréquence</u> : 7/sem <u>Durée</u> : - <u>Nbr. semaine</u> : 8 <u>Intensité</u> : - <u>Supervision</u> : non, mais utilisation de carnet pour inscrire les pas <u>Note</u> : sujets ont été leur</p>	<p>Moyenne des pas/jour Glycémie et insulinémie à jeun et pendant l'OGTT (aire sous la courbe, valeur maximal mesurée), HOMA_{RI} Fréquence cardiaque et pression artérielle de repos Masse, IMC, circonférence de taille et des hanches, ratio taille/hanches, % gras</p>	<p><u>Période contrôle et intervention</u> : ↑ masse <u>Période intervention</u> : ↑ pas/jour, IMC ↓ PAS, PAD, glycémie 2 heures après l'OGTT, aire sous la courbe du glucose pendant l'OGTT</p>

	témoin pendant les 4 semaines précédentes l'intervention		
	Aucune diète hypocalorique pendant l'intervention		
Tudor-Locke et al. (2002)	<p>Diagnostic de DT2 récent</p> <p>Pratique d'AP de loisir < 1h/sem dans l'année précédente</p> <p>IMC = $32,9 \pm 3,4$ kg/m²</p>	<p>Modalité : marche avec utilisation de podomètre</p> <p>Fréquence : - /sem</p> <p>Durée : - min/séance</p> <p>Nbr. semaine : 8</p> <p>Intensité : -</p> <p>Supervision : 4 séances de groupe dans le 1^{er} mois et suivi téléphonique minimal dans le 2^e mois.</p> <p>Note : Intervention basée sur le <i>First Step Program</i>, les participants identifient leur propre objectif</p>	<p>Pratique d'AP (temps consacré à la marche par jour)</p> <p>Masse, circonférence de taille et hanches, ratio taille/hanches</p> <p>Fréquence cardiaque, PAS et PAD de repos</p> <p>↑ temps consacré à la marche après le 1^{er} mois, demeure élevé dans le 2^e mois et 2 mois post-intervention</p> <p>↓ circonférence de taille après 1 mois, entre 1 et 2 mois et deux mois post-intervention</p> <p>↓ PAS après le 1^{er} et le 2^e mois et 2 mois post-intervention</p>
Tudor-Locke et al. (2004)	<p>DT2 depuis au moins 3 mois</p> <p>Ne pratiquant pas actuellement un programme d'AP < 8 800 pas/jour</p> <p>Absence de limitations à l'AP ou condition cardiaque documentée</p> <p>Groupe intervention : 12H/12F</p> <p>52,8 ± 5,7 ans</p> <p>IMC = $34,1 \pm 6,1$ kg/m²</p> <p>HbA1c = $7,6 \pm 2,0$ %</p>	<p>Modalité : marche avec utilisation de podomètre</p> <p>Fréquence : - /sem</p> <p>Durée : - min/séance</p> <p>Nbr. semaine : 16</p> <p>Intensité : -</p> <p>Supervision : 4 séances de groupe dans le 1^{er} mois et suivi téléphonique minimal dans le 2^e mois.</p> <p>Note : Intervention basée sur le <i>First Step Program</i>, les participants identifient</p>	<p>Pratique d'AP (pas par jour)</p> <p>Glycémie à jeun et après OGTT/Insulinémie à jeun</p> <p>HbA1c, HDL, LDL et TG</p> <p>Masse, IMC, circonférence de taille et hanches, % sujets avec ratio taille/hanches > 1</p> <p>Fréquence cardiaque, PAS et PAD de repos</p> <p>Groupe intervention et témoin :</p> <p>↓ circonférence de taille post-intervention</p> <p>Groupe intervention :</p> <p>↑ nombre de pas post-intervention</p> <p>Groupe témoin :</p> <p>↓ nombre de pas post-intervention</p> <p>Aucun changement mesuré huit semaines après le</p>

	leur propre objectif	programme
Walker et al. (1999)	<p>5 754 ± 2 457 pas/jour</p> <p>Groupe témoin : 14H/9F</p> <p>52,5 ± 4,8 ans</p> <p>IMC = 32,5 ± 5,0 kg/m²</p> <p>HbA1c = 7,6 ± 1,7 %</p> <p>6 279 ± 2 563 pas/jour</p> <p>Femmes</p> <p>Groupe normo-glycémique : n=20</p> <p>56 ± 5 ans</p> <p>VO₂ max = 20,7 ± 5,4 ml/(kg x min)</p> <p>HbA1c = 5,6 ± 0,3 %</p> <p>IMC = 29,3 ± 3,2 kg/m²</p> <p>Groupe DT2 : n=11</p> <p>58 ± 6 ans</p> <p>VO₂ max = 18,7 ± 3,2 ml/(kg x min)</p> <p>HbA1c = 7,8 ± 1,4 %</p> <p>IMC = 31,1 ± 5,6 kg/m²</p>	<p>VO₂ max et temps de marche pour 1,6 km</p> <p>Glycémie et insulinémie à jeun, HbA1c, CHO, HDL, LDL, TG</p> <p>Masse, IMC, circonférence de taille, masse grasse (totale, haut du corps, bas du corps, tronculaire et % de la masse corporelle), masse maigre</p> <p>Modalité : marche</p> <p>Fréquence : 5/sem</p> <p>Durée : > 60 min/séance</p> <p>Nbr. semaine : 12</p> <p>DTEP : 3 600 min</p> <p>Intensité : choisie par la participante</p> <p>Supervision : une session de préparation au début ; journal de bord rempli quotidiennement et envoyé mensuellement à l'équipe</p> <p>Groupe normo-glycémique et DT2 :</p> <p>↑ VO₂ max</p> <p>↓ temps de marche pour 1,6 km, HbA1c, CHO</p> <p>Groupe DT2 :</p> <p>↓ masse, IMC, masse grasse (haut du corps et tronculaire), glycémie à jeun, LDL</p> <p>Groupe normo-glycémique : ↓ HDL</p> <p>Groupe DT2 vs normo-glycémique :</p> <p>DT2 : ↓ masse grasse totale, du haut du corps et tronculaire, glycémie à jeun, HbA1c et LDL</p> <p>significativement plus que les normo-glycémiques</p> <p>Maintien HDL vs une diminution pour les normo-glycémiques</p> <p>Groupe témoin :</p> <p>↑ glycémie à jeun (24 mois), HbA1c (6 mois), CHO (12</p>
Wing et al. (1998)	<p>Masse > 30-100% de leur masse idéale</p> <p>Entre 40 et 55 ans</p>	<p>Pratique d'AP (kcal/sem)</p> <p>Durée du test de marche</p> <p>VO₂ max</p> <p>Modalité : marche, aérobic et danse en ligne</p> <p>Fréquence : une</p>

Sans DT2 mais au moins un parent biologique avec DT2	rencontre hebdomadaire pendant 6 mois, bihebdomadaire pendant les mois 6 à 12 puis deux sessions de cours de 6 semaines pendant la 2 ^e année	Masse, IMC Ratio taille/hanches Glycémie et insulïnémie à jeun, HbA1c CHO, HDL, LDL, TG PAS et PAD	mois), HDL (12 mois), PAD (12 mois) ↓ masse et IMC (6 mois) ; ratio taille/hanches (24 mois) <u>Groupe diète</u> : ↓ durée du test de marche (6 mois) ; masse et IMC (6 et 12 mois) ; ratio taille/hanches (6 et 24 mois) ; glycémie (6 et 24 mois) ; insulïnémie à jeun (6 mois) ; HbA1c (24 mois) ; CHO, HDL, LDL (6 mois) ; PAS et PAD (6 mois) ↑ VO ₂ max (6 mois), glycémie à jeun (24 mois), HDL (12 mois) ; PAD (12 et 24 mois)
<u>Groupe témoin</u> : 8H/32F 45,3 ± 4,9 ans 795 ± 866 kcal/sem VO ₂ max = 20,9 ± 3,4 ml/(kg x min) HbA1c = 7,1 ± 0,5 % IMC = 36,0 ± 5,4 kg/m ²	<u>Durée</u> : marche de 50 à 60 min/séance pendant les rencontres + une marche optionnelle/sem pendant les 10 premières sem <u>Nbr. semaine</u> : 112 <u>Intensité</u> : - <u>Supervision</u> : oui par une équipe multidisciplinaire (AP et diète) et utilisation d'un journal de bord (AP) <u>Note</u> : groupe AP : but d'atteindre graduellement une dépense calorifique par l'AP de 1 500 kcal/sem ; groupe diète : même fréquence de rencontres que le groupe AP et suivent une diète de 800 à 1000 kcal/jour puis 1 200 à 1 500 kcal/jour après la semaine 16 ; groupe diète + AP : la même durée de rencontre que les deux autres		<u>Groupe diète</u> : 8H/29F 45,0 ± 4,7 ans 716 ± 519 kcal/sem VO ₂ max = 20,9 ± 2,9 ml/(kg x min) HbA1c = 7,2 ± 0,5 % IMC = 36,1 ± 4,1 kg/m ²
<u>Groupe AP</u> : 7H/30F 46,4 ± 4,5 ans IMC = 36,0 ± 3,7 kg/m ² HbA1c = 7,2 ± 0,6 % 801 ± 837 kcal/sem VO ₂ max = 20,7 ± 2,6 ml/(kg x min)			<u>Groupe diète + AP</u> : 9H/31F 46,3 ± 3,8 ans 829 ± 1 195 kcal/sem VO ₂ max = 21,1 ± 3,3 ml/(kg x min) HbA1c = 7,2 ± 0,5 %

IMC = $35,7 \pm 4,1$ kg/m² groupes

mois), VO₂ max (6 mois),
glycémie à jeun (24 mois),
CHO et HDL (12 mois)
↓ durée du test de marche (6
mois) ; masse et IMC (6, 12
et 24 mois) ; ratio
taille/hanches (6 et 24
mois) ; glycémie et
insulinémie à jeun (6 mois) ;
CHO et TG (6 mois) ; PAS et
PAD (6 mois)

Comparaison entre les
groupes :

Perte de masse plus
importante dans le groupe
diète + AP que diète et
moins dans les groupes
exercice et témoin (6 mois)
Changements glycémie et
insulinémie à jeun, CHO,
HDL, LDL, TG et PAS plus
importants dans les groupes
diète et diète + AP (6 mois)
Groupe diète et diète + AP
ont maintenu 60% et 72% de
leur perte de masse initiale,
soit significativement + que
les deux autres groupes (12
mois)
Seule le groupe diète + AP a
maintenu une perte de
masse, une ↓ insulinémie et
maintenu leur CHO alors

que le groupe diète a ↓ CHO (24 mois).
 Participants ayant le plus petit apport calorique (total et gras), qui complétaient le test de marche le plus rapidement et qui avaient le VO_2 max le + ↑ étaient ceux qui perdaient le + de masse en 2 ans.

Yokoyama et al. (2004)	DT2	Modalité : bicyclette stationnaire (1) et marche (2)	Glycémie et insulïnémie à jeun, HbA1c, $HOMA_{RI}$, SI lors du clamp euglycémique hyperinsulïnémique	Groupes diète et diète + exercice :
	4H/7F			↓ glycémie à jeun
	56,3 ± 11,2 ans			Groupes diète + exercice :
	IMC = 28,4 ± 5,7 kg/m ²			↓ HbA1c
	HbA1c = 8,3 ± 2,3 %			↑ SI lors du clamp
	Groupes diète + exercice :			↓ $HOMA_{RI}$
	10H/19F			
	53,4 ± 13,2 ans			
	IMC = 29,0 ± 6,0 kg/m ²			
	HbA1c = 8,9 ± 2,0 %			
		Fréquence : 5/sem (1) et 7/sem (2)	IMC, % gras	
		Durée : 40 min/séance (1)	PAS	
		Nbr. semaine : 3 (1 et 2)		
		Intensité : 50,6 ± 8,6 % de la fréquence cardiaque maximale (1)		
		Supervision : -		
		Note : diète = apport quotidien de 25 à 30 kcal/kg de la masse idéale; objectif de marche = 10 000 pas/jour		

ANNEXE B : Tableau résumé des études portant sur l'entraînement musculaire

Source	Caractéristiques des sujets	Intervention	Variabes d'intérêt	Variabes modifiées significativement
Brandon et al. (2003)	DT2 Âge moyen = 66,1 ans <u>Groupe intervention</u> : 11H/5F 65,8 ± 7,6 ans IMC = 30,6 kg/m ² <u>Groupe témoin</u> : 10H/5F 66,3 ± 6,8 ans IMC = 31,4 kg/m ²	<u>Modalité</u> : Appareils Nautilus <u>Nbr. exercices</u> : 5 <u>Membres sollicités</u> : inférieurs <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 à 12 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 1 ^{ère} série à 50 %, 2 ^{ème} à 60 % et 3 ^e à 70 %. <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : Phase 1 : 3/sem ; phase 2 : 2 à 3/sem <u>Durée intervention</u> : Phase 1 : 26 sem ; phase 2 : 78 sem <u>Supervision</u> : oui <u>Note</u> : 3 séances/sem supervisées les premiers 6 mois puis minimum de 2 séances/sem après six mois avec possibilité de 3.	Tests de 1RM effectués sur cinq appareils sollicitant : fléchisseurs plantaires, extenseurs et fléchisseurs du genou, extenseurs et fléchisseurs de la hanche Force musculaire absolue (kg) et relative (1 RM/masse corporelle) Tests de mobilité : « time up-and-go », test de marche de 50 pieds, monter et descendre 8 paliers d'escaliers avec une charge de 2,3 kg Circonférence et plis cutanés de la cuisse Mesures effectuées à 6, 12, 18 et 24 mois et résultats à 6 et 24 mois présentés	<u>Groupe intervention</u> : ↓ plis cutanés de la cuisse à 24 mois ↑ force musculaire relative pour les cinq tests de RM à six mois puis maintenue jusqu'à 24 mois, mobilité en descendant les marches à six mois <u>Groupe témoin</u> : ↑ force musculaire relative pour la flexion de la hanche à 18 mois par rapport au début de l'étude ↓ mobilité en descendant les marches à 24 mois
Brooks et al. (2007)	DT2 Personnes hispanophones <u>Groupe intervention</u> : 21H/10F 66 ± 2 ans IMC = 30,9 ± 1,1 kg/m ² HbA1c = 8,7 ± 0,3 % <u>Groupe témoin</u> :	<u>Modalité</u> : Machines pneumatiques <u>Nbr. exercices</u> : 5 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs et inférieurs <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : semaines 1 à 8 :	Pratique d'AP Test de 1RM pour la presse des jambes, extension et flexion des genoux. Résultats rapportés : force des membres inférieurs par unité de masse maigre (excluant la masse osseuse) Masse maigre et masse	<u>Groupe intervention vs témoin</u> : ↑ pratique d'AP en dehors du programme, force musculaire du haut et du bas du corps, masse maigre totale, force des membres inférieurs par unité de masse maigre

19H/12F 66 ± 1 ans IMC = 31,2 ± 1,0 kg/m ² HbA1c = 8,4 ± 0,3 %	60 à 80 % du 1RM initial et semaines 10 à 14 : 70 à 80 % du 1RM mesuré à la semaine 9 <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u> : 16 sem <u>Supervision</u> : -	grasse totale et des jambes, circonférence de la taille Glycémie et insulinémie à jeun, HbA1c, HOMA _{RI} AGL Biopsies musculaires du vaste latéral : mesure de l'adénosine triphosphate musculaire, aire de la section transverse des fibres de type I et II	Hypertrophie des fibres musculaires de type I et II (aire de la section transverse) ↓ HbA1c, HOMA _{RI} , AGL, CRP
Castaneda et al. (2002) DT2 Latino Groupe intervention : 21H/10F 66 ± 2 ans IMC = 30,9 ± 1,1 kg/m ² HbA1c = 8,7 ± 0,3 % Groupe témoin : 19H/12F 66 ± 1 ans IMC = 31,2 ± 1,0 kg/m ² HbA1c = 8,4 ± 0,3 %	<u>Modalité</u> : machines pneumatiques <u>Nbr. exercices</u> : 5 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs et inférieurs <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : semaines 1 à 8 : 60 à 80 % de 1-RM, semaines 9 et 15 : intensité ↓ de 10% et semaines 10 à 14 : 70 à 80 % de 1-RM testé à la semaine 9 <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u> : 16 sem <u>Supervision</u> : oui <u>Note</u> : Même échantillon et intervention que l'étude de Brooks et al. (2007)	Pratique d'AP (rappel 7 jours excluant l'intervention) Test 1-RM pour les cinq appareils Glycémie à jeun, HbA1c, réserves de glycogène musculaire (biopsies musculaires) CHO, HDL, LDL, TG Masse, IMC, circonférence de taille, masse grasse et maigre totale et par région du corps PAS, PAD et fréquence cardiaque de repos	<u>Groupe intervention</u> : ↓ HbA1c, PAS, masse grasse tronculaire ↑ pratique d'AP de loisirs et associés aux travaux ménagers, 1-RM, masse maigre totale, réserves de glycogène musculaire (après ajustement pour variables confondantes)
Colberg et al. (2006) Groupe DT2 : 6H/4F	<u>Modalité</u> : Appareil, FitLinx system.	1RM pour le haut (développé des pectoraux) et le bas	<u>Groupe DT2</u> : ↓ % grasse

<p>54,7 ± 2,8 ans IMC = 33,1 ± 1,4 kg/m² HbA1c = 7,2 ± 0,3 % VO₂ de pointe = 16,2 ± 0,9 ml/(kg x min) <u>Groupe témoin</u> : 5H/4F 50,6 ± 2,8 ans IMC = 32,0 ± 2,4 kg/m² HbA1c = 5,7 ± 0,1 % VO₂ de pointe = 22,3 ± 2,7 ml/(kg x min)</p>	<p><u>Nbr. exercices</u> : 8 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs et inférieurs <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 à 12 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 1^{ère} série à 50 %, 2^{ème} à 60 % et 3^e à 70 % de 1RM <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u> : 8 semaines Supervision : oui Note : Ajustement des charges à la semaine 4</p>	<p>(presse des jambes assis) du corps VO₂ de pointe Perception de l'effort, quotient d'échange respiratoire, fréquence cardiaque, glycémie, lactatémie, PAS et PAD à VO₂ de pointe Glycémie et insulïnémie à jeun, <i>HOMA_{RI}</i>, HbA1c CHO, <i>HDL</i>, <i>LDL</i>, TG IMC, % de graisse PAS, PAD de repos Flot sanguin cutané (dos du pied) à diverses températures Oxyde nitrique interstitiel</p>	<p>↑ VO₂ de pointe <u>Groupe DT2 et témoin</u> : ↑ 1RM pour le haut et le bas du corps</p>
<p>Daly et al. (2005) DT2 <u>Groupe réduction de la masse + entraînement</u> : 10H/6F 67,6 ± 5,2 ans IMC = 31,5 ± 3,4 kg/m² HbA1c = 8,1 ± 1,0% <u>Groupe réduction de la masse</u> : 6H/7F 66,9 ± 5,3 ans IMC = 32,5 ± 3,8 kg/m² HbA1c = 7,5 ± 1,1%</p>	<p><u>Modalité</u> : Phase 1 : haltères et appareils ; phase 2 : haltères et poids cheville <u>Nbr. exercices</u> : 9 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 à 10 <u>Tempo</u> :- <u>Intensité</u> : Phase 1 : 75 à 85% de 1RM ; phase 2 : 60 à 80% de 1RM <u>Repos</u> : oui, mais non spécifié <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u> : Phase</p>	<p>Pratique d'AP 1-RM pour le développé couché et extension de la jambe au début puis à chaque trois mois. HbA1c (résultats présentés dans étude de Dunstan et al. (2002), insulïnémie à jeun Masse, % graisse, masse grasse, masse maigre</p>	<p>↓ assiduité à l'entraînement pendant la phase 2 <u>Groupe réduction de la masse + entraînement</u> : ↑ force musculaire pour le haut et le bas du corps (phase 1) <u>Groupe réduction de la masse</u> : Masse grasse revenue à la valeur initiale à 12 mois ↓ masse maigre (12 mois vs valeur initiale) ↓ insulïnémie à jeun (6 mois) ↓ insulïnémie (12 mois vs</p>

<u>Groupe témoin :</u>	en 30 secondes	jeun, HbA1c, OGTT	d'entraînement et dans la
5H/5F	<u>Intensité</u> : 50 à 55 % 1RM	PAS et PAD	journalière suivant celui-ci
51,1 ± 2,2 ans	<u>Repos</u> : 30 sec. de repos	Masse, IMC, plis cutanés,	↑ 1RM pour tous les
IMC = 30,1 ± 1,1 kg/m ²	<u>actif</u> (bicyclette < 50 watts)	circonférences des membres	exercices
HbA1c = 8,1 ± 0,6 %	<u>Fréquence</u> : 3/sem	(relaxés et contractés), ratio	<u>Groupe témoin</u> :
	<u>Durée intervention</u> : 8 sem	taille/hanches	↑ masse, IMC et aire sous
	<u>Supervision</u> : oui		la courbe de la glycémie et
	<u>Note</u> : Période de référence		insulinémie pendant l'
	de 4 sem ; flexibilité avant et		OGTT
	après entraînement		
Dunstan et	<u>Modalité</u> : haltères,	Pratique d'AP (rappel de 7	<u>Groupe réduction de la</u>
al. (2002)	machines, poids pour	jours excluant les AP de	<u>masse et entraînement</u>
	musculaire et < 150 min	l'intervention)	musculaire :
	de marche	1 RM sur développé couché et	↓ HbA1c (3 et 6 mois),
	"brisk"/exercice modéré	extension des jambes	glycémie (6 mois), masse
	par sem dans les 6	Glycémie et insulinémie à	(3 et 6 mois),
	derniers mois	jeun, HOMA _{si} , HbA1c	circonférence de taille (3 et
	<u>Groupe réduction de la</u>	CHO, HDL, LDL, TG	6 mois), masse grasse (6
	<u>masse et entraînement</u>	Masse, IMC, circonférence de	mois), PAS et PAD (6
	<u>musculaire</u> :	taille, masse maigre et grasse	mois), médication (3
	10H/6F	PAS et PAD de repos	sujets)
	67,6 ± 5,2 ans	Médication	↑ force musculaire du haut
	Dépense calorique =		(3 et 6 mois) et du bas du
	3 022 ± 413 kcal/jour		corps (6 mois), masse
	IMC = 31,5 ± 3,7 kg/m ²		maigre (6 mois),
	HbA1c = 8,1 ± 1,0 %		médication (2 sujets)
	<u>Groupe réduction de la</u>		<u>Groupe réduction de la</u>
	<u>masse et entraînement</u>		<u>masse et entraînement en</u>
	<u>en flexibilité</u> :		<u>flexibilité</u> :
	6H/7F		↓ médication (1 sujet)
	66,9 ± 5,3 ans		↑ médication (2 sujets)
	Dépense calorique =		↓ masse (3 et 6 mois),
	3 109 ± 428 kcal/jour		circonférence de taille (3 et

IMC = $32,5 \pm 3,8$ kg/m ² HbA1c = $7,5 \pm 1,1$ %	minutes étirements + 5 min bicyclette stationnaire	6 mois), masse grasse (6 mois), <u>Groupe réduction de la masse et entraînement musculaire vs réduction de la masse et entraînement en flexibilité</u> :
Dunstan et al. (2005)	Phase 1: voir Dunstan et al. (2002) Phase 2	↑ masse maigre (6 mois) Résultats phase 1, voir Dunstan et al. (2002)
Voir Dunstan et al. (2002)	Pratique d'AP (rappel de 7 jours excluant les AP de l'intervention) 1-RM sur développé couché et extension des jambes Glycémie et insulïnémie à jeun, HOMA _{SI} , HbA1c Masse, circonférence de la taille, masse grasse et maigre totale Assiduité au programme Note : mesures aux trois mois pendant les phases 1 et 2, sauf DXA aux 6 mois	Groupes réduction de la masse et entraînement musculaire et réduction de la masse et entraînement en flexibilité : Aucun participant n'a poursuivi son entraînement dans les commodités commerciales ou communautaires
	Modalité : entraînement à la maison, commodités communautaires, halteres et poids de cheville fournis Nbr. exercices : 9 Membres sollicités : supérieurs, inférieurs et tronc	↑ de HbA1c (9 vs 6 mois et 12 vs 6 mois), masse (12 mois vs 6 mois), masse grasse totale (12 mois vs 6 mois)
	Nbr. séries : 3 Nbr. répétitions : 8 à 10 Tempo : - Intensité : ~ 60 à 80% de 1-RM	↓ masse (12 mois vs valeurs initiales), circonférence de taille (9 mois vs valeur initiale), assiduité au programme, fréquence des entraînements
	Repos : - Fréquence : 3/sem Durée intervention: 26 sem Supervision : non, sauf la première semaine et visite mensuelle au gymnase pour ajustement et suivi téléphoniques. Utilisation	Groupes réduction de la

d'un journal de bord.

Note : Pas de recommandations

nutritionnelles pour la phase 2, groupe témoin recevait une fiche des exercices de flexibilité et le même suivi que le groupe avec entraînement musculaire

masse et entraînement musculaire vs réduction de la masse et entraînement en flexibilité :

1-RM plus élevé pour le groupe entraînement musculaire (9 et 12 mois)

Groupe réduction de la masse et entraînement musculaire :

↑ circonférence de taille (12 mois vs valeur initiale)
↓ volume d'entraînement principalement dû à une diminution des charges d'entraînement

Groupe réduction de la masse et entraînement en flexibilité :

↓ masse maigre (12 mois vs valeur initiale),
insulinémie à jeun (9 et 12 mois vs valeur initiale, mais non significatif après ajustement pour variables confondantes)
↑ $HOMA_{SI}$ (9 et 12 mois vs valeurs initiales, mais non significatif après ajustement pour variables confondantes)

Dunstan et al. (2006)	DT2 Pas d'entraînement	<u>Modalité</u> : phase 1 : haltères, machines, poids pour couché et l'extension des	1 RM pour le développé
			<u>Groupe intervention en salle d'entraînement et</u>

musculaire et < 150 minutes de marche "brisk"/exercice modéré par semaine dans les 6 derniers mois	chevilles ; phase 2 – salle d'entraînement : similaire à phase 1 ; phase 2 – maison : haltère avec charge ajustable	jambes Glycémie et insulínémie à jeun, $HOMA_{SI}$, HbA1c Masse, circonférence de taille, masse grasse et maigre par bio impédance	<u>maison</u> : 2 mois vs début : ↑ force musculaire membres supérieurs et inférieurs
<u>Groupe intervention en salle d'entraînement (phase 2)</u> : 14H/14F 60,5 ± 8,2 ans IMC = 32,8 ± 4,8 kg/m ² HbA1c = 7,8 ± 0,9 %	<u>Nbr. exercices</u> : phase 1 : 9 ; phase 2 – salle d'entraînement et maison : 8 <u>Membres sollicités</u> : phase 1 : voir Dunstan et al. (2002) Phase 2 – maison : Voir Dunstan et al. (2005) <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : phase 1 : 8 ; phase 2 : 8 à 10 <u>Tempo</u> : phase 1 : mouvement lent et contrôlé ; phase 2 : - <u>Intensité</u> : phase 1 : 50 à 85% de 1 RM ; phase 2 : ~ 60 à 80 % de 1RM <u>Repos</u> : phase 1 : 90 à 120 secondes entre les séries ; phase 2 : - <u>Fréquence</u> : phase 1 : 2/sem ; phase 2 – salle d'entraînement et maison : 2 à 3/sem	Variables mesurées au début, à 2 (phase 1) et 14 mois (phase 2)	14 mois vs début : ↑ force musculaire membres supérieurs ↓ masse, circonférence de taille
<u>Groupe intervention à la maison (phase 2)</u> : 16H/13F 62,4 ± 8,3 ans IMC = 32,4 ± 4,4 kg/m ² HbA1c = 7,5 ± 0,5 %	<u>Nbr. répétitions</u> : phase 1 : 8 ; phase 2 : 8 à 10 <u>Tempo</u> : phase 1 : mouvement lent et contrôlé ; phase 2 : - <u>Intensité</u> : phase 1 : 50 à 85% de 1 RM ; phase 2 : ~ 60 à 80 % de 1RM <u>Repos</u> : phase 1 : 90 à 120 secondes entre les séries ; phase 2 : - <u>Fréquence</u> : phase 1 : 2/sem ; phase 2 – salle d'entraînement et maison : 2 à 3/sem <u>Durée intervention</u> : phase 1 : 9 sem ; phase 2 : 52 sem <u>Supervision</u> : phase 1 : oui ; phase 2 – salle d'entraînement : assistance		14 mois vs 2 mois : ↓ masse, masse maigre Assiduité aux séances : Phase 1 : 87 % ; phase 2 – salle : 68% et phase 2 – maison : 67% <u>Groupe intervention salle d'entraînement</u> : 2 mois vs début : ↑ masse maigre ↓ HbA1c 14 mois vs début : ↓ glycémie, insulínémie, HbA1c, masse grasse ↑ $HOMA_{SI}$, force musculaire membres inférieurs 14 mois vs 2 mois : ↓ insulínémie ↑ $HOMA_{SI}$ <u>Groupe intervention maison</u> : 14 mois vs 2 mois :

↓ force musculaire
membres inférieurs

des employés du YMCA ;
phase 2 – salle
d'entraînement et maison :
appel téléphonique
mensuel ; phase 1 et 2 :
journal de bord
Note : Phase 1 en milieu
universitaire et phase 2 en
centre d'entraînement ou à
la maison ; Phase 2 : une
séance de deux heures
mensuellement de
consultation sur habitudes
de vie saines

Eriksson et al. (1997)	DT2 4H/4F 55 ± 9 ans IMC = 30,4 ± 3,4 kg/m ² HbA1c = 8,8 ± 1,4 % VO ₂ max = 22,2 ± 4,6 ml/(kg x min)	Modalité : circuit, appareil, alternance haut et bas du corps Nbr. exercices : 11 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc Nbr. séries : 1 Nbr. répétitions : 15 à 20 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : > 50% de l'effort maximal <u>Repos</u> : 30 secondes entre les stations <u>Fréquence</u> : 2/sem <u>Durée intervention</u> : 3 mois <u>Supervision</u> : -	Endurance musculaire (# répétitions x charge) VO ₂ max Section transverse du muscle de la cuisse (totale, de la région des extenseurs du genou, du semi-membraneux, du vaste latéral et du vaste médial) Glycémie à jeun (en clinique et à la maison), HbA1c CHO, HDL, TG Masse, IMC, circonférence taille et hanches PAS et PAD de repos et à l'effort	↓ HbA1c, circonférences de taille et hanches, PAD à l'effort ↑ endurance musculaire, section transverse des muscles extenseurs de la cuisse (total, vaste médial et latéral)
Fenicchia et al.	Groupe DT2 : 7 F	Modalité : appareil (8 exercices), haltère (1	Force musculaire (3 RM) Glycémie et insulémie à	Groupes DT2 et normo- glycémique:

(2004)	<p>49,5 ± 2,1 ans IMC = 37,9 ± 1,9 kg/m² <u>Groupe normo-glycémique</u> : 8F 49,1 ± 0,9 ans IMC = 25,8 ± 1,3 kg/m²</p>	<p>exercice) et sol (1 exercice) <u>Nbr. exercices</u> : 10 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 à 12 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 80% de 3RM <u>Repos</u> : 1,5 minute <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u>: 6 sem <u>Supervision</u> : oui</p>	<p>jeun, <i>OGTT</i> (pointe et aire sous la courbe glycémie et insulinémie) Masse, IMC, masse grasse, % gras, masse maigre</p>	<p>↑ force musculaire pour tous les exercices <u>Groupe DT2 vs normo-glycémique</u> : ↑ de la force musculaire plus importante chez DT2 <u>Groupe DT2</u> : ↓ masse grasse, pointe de glycémie lors de l'<i>OGTT</i> <u>Groupe normo-glycémique</u> : ↑ masse maigre</p>
Herriott et al. (2004)	<p><u>Groupe DT2</u> : 5H/4F 50,6 ± 2,8 ans 32,0 ± 2,4 kg/m² <u>Groupe normo-glycémique</u> : Sédentaires 6H/4F 54,7 ± 2,8 ans 33,1 ± 1,4 kg/m²</p>	<p><u>Modalité</u> : musculation sur appareil <u>Nbr. exercices</u> : 8 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs et inférieurs <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> 8 à 12 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : une série à 50, une à 60 et une à 70% de 1-RM <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u>: 8 sem <u>Supervision</u> : oui <u>Note</u> : exercices de flexibilité exécutés à chaque séance (1 série de 10 à 30 sec.)</p>	<p>VO₂ de pointe Test 1-RM (cinq pour le haut du corps et trois pour le bas du corps) Flexibilité (test pour inclinaison de la colonne, flexion du genou, extension et flexion de la hanche, amplitude de mouvement de l'épaule, paumes des mains (signe de prière), et « <i>sit and reach</i> » modifié) Glycémie à jeun, HbA1c Masse, IMC</p>	<p><u>Groupe DT2 et normo-glycémique</u> : ↑ 1-RM sur presque tous les appareils testés <u>Groupe DT2</u> : ↑ flexibilité (« <i>sit and reach</i> » modifié, flexion genou gauche et flexion hanche gauche, flexibilité de l'ensemble des membres inférieurs combinés à la flexibilité de la colonne)</p>
Holten et al. (2004)	<p><u>Groupe DT2</u> :</p>	<p><u>Modalité</u> : - <u>Nbr. exercices</u> : 3</p>	<p>Force musculaire des jambes (presse cuisse, extension de la</p>	<p><u>Groupe DT2 et normoglycémique</u>:</p>

10 Caucasiens 62 ± 2 ans IMC = 28,3 ± 1,2 kg/m ² HbA1c = 7,6 ± 0,3 % <u>Groupe</u> <u>normoglycémique</u> :	<u>Membres sollicités</u> : inférieurs <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 à 12 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 50 à 80 % de 1-RM <u>Repos</u> : 90 sec. entre les séries et 120 sec. entre les exercices <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u> : 6 sem <u>Supervision</u> : oui <u>Note</u> : une seule jambe est entraînée	jambe; test de 3-RM et 1-RM = 106% du test de 3-RM) Volume des jambes et circonférence de la cuisse Glycémie, insulïnémie et peptide C à jeun, Clamp euglycémique-hyperinsulïnémique (entrée et sortie du glucose de chacune des jambes et de l'ensemble du corps; flot sanguin musculaire) Biopsies musculaires (activité citrate synthase, hydroxyacyl-3-déshydrogénase et lactate déshydrogénase; GLUT4, IRS-1, p85, AKT-1/PKB, activité du glycogène synthase; types et densité des fibres musculaires et densité capillaire	↑ force musculaire, différence artério-veineuse du glucose lors du clamp plus élevée pour la jambe entraînée que la jambe non-entraînée, flot sanguin de la jambe entraînée vs la jambe non entraînée pendant les 120 premières minutes du clamp; glycogène musculaire dans la jambe entraînée, diamètre des fibres rapides dans la jambe entraînée vs la jambe non entraînée, contenu en protéines du récepteur à l'insuline, PKB-α/β, contenu en protéines et activité totale du glycogène synthase de la jambe entraînée vs la jambe non-entraînée, élimination du glucose dans la deuxième phase du clamp (120 à 240 min) <u>Groupe DT2</u> : ↑ circonférence cuisse de la jambe entraînée vs jambe non-entraînée, flot sanguin de la jambe entraînée vs la jambe non entraînée pendant les
---	--	---	---

minutes 210 à 240 du
ciamp, densité des GLUT4
de la jambe entraînée vs
non-entraînée

Groupe normoglycémique:
↑ volume jambe entraînée
vs jambe non-entraînée

Honkola et al. (1997)	DT2 <u>Groupe intervention</u> : 12H/6F IMC = 30,2 ± 1,2 kg/m ² <u>Groupe témoin</u> : 5H/15F IMC = 28,9 ± 1,1 kg/m ²	<u>Modalité</u> : - <u>Nbr. exercices</u> : 8 à 10 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc <u>Nbr. séries</u> : 2 <u>Nbr. répétitions</u> : 12 à 15 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : basée sur le test de 1-RM ou une intensité modeste selon l'échelle de perception de l'effort de Borg <u>Repos</u> : < 60 sec. entre les stations <u>Fréquence</u> : 2/sem <u>Durée intervention</u> : 5 mois <u>Supervision</u> : oui <u>Note</u> : entraînement par circuit, alternance haut et bas du corps	Journal des AP Endurance musculaire (# répétitions x charge) des abdominaux, muscles du dos, biceps et quadriceps Masse HbA1c, CHO, HDL, LDL, TG PAS et PAD de repos	<u>Groupe intervention et témoin</u> : ↓ PAD Aucun changement dans les habitudes d'AP <u>Groupe intervention</u> : ↓ CHO, LDL et TG ↑ endurance musculaire des abdominaux, biceps et quadriceps <u>Groupe témoin</u> : ↑ HDL, HbA1c, masse
Ibanez et al. (2005)	DT2 diagnostiqué récentement Sédentaires 9H 66,6 ± 3,1 ans Dépense énergétique	<u>Modalité</u> : entraînement sur appareil <u>Nbr. exercices</u> : 7 à 8 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs (et principaux groupes	Dépense énergétique (accélérométrie) Force musculaire (1-RM; demi-squat et développé couché) Glycémie à jeun, HbA1c,	↓ glycémie, somme plis cutanés, % graisse, graisse viscérale et sous- cutanée (semaine 16 vs 0) ↑ indice de SI (semaine 16 vs 0)

<p>quotidienne = 2 345 ± 486 kcal IMC = 28,3 ± 2,7 kg/m² HbA1c = 6,2 ± 0,9 %</p>	<p>musculaires du corps) <u>Nbr. séries</u> : semaines 1 à 8 : 3 à 4 ; semaines 9 à 16 : 3 à 5 <u>Nbr. répétitions</u> : semaines 1 à 8 : 10 à 15; semaines 9 à 16 : 5 à 6 <u>Tempo</u> : exécution explosive <u>Intensité</u> : semaines 1 à 8 : 50 à 70 % de 1-RM; semaines 9 à 16 : 70 à 80% de 1-RM <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : 2/sem <u>Durée intervention</u>: 16 sem <u>Supervision</u> : oui <u>Note</u> : Période de référence de 4 semaines précédent intervention ; L'intensité relative des séances est similaire d'une semaine à une autre ; semaines 9 à 16 : séries additionnels d'extension des jambes et développé couché à intensité de 30 à 50% de 1-RM exécutés le plus rapidement possible</p>	<p><u>IVGTT</u> Masse, % graisse, graisse viscérale et sous-cutanée du tronc Assiduité à l'entraînement Variables mesurées à : -4, 0 (fin période de référence), 8 et 16 semaines (sauf indice de SI et tomographie axiale pas mesurés à la semaine 8)</p>	<p>↑ force musculaire haut et bas du corps (semaines 8 et 16 vs 0</p>
<p>Ishii et al. (1998) DT2 sans obésité Sédentaires <u>Groupe intervention</u> : 9H 46,8 ± 8,9 ans</p>	<p><u>Modalité</u> : halteres, exercices au sol <u>Nbr. exercices</u> : 9 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et</p>	<p>Insulinémie, HbA1c, SI et taux d'élimination du glucose (clamp euglycémique-hyperinsulinémique) IMC, masse maigre, % gras</p>	<p><u>Groupe intervention</u> : ↑ taux d'élimination du glucose ↑ force des quadriceps</p>

<p>IMC = $22,3 \pm 2,1 \text{ kg/m}^2$ HbA1c = $9,6 \pm 2,8 \%$ <u>Groupe féminin</u> : Présente des problèmes orthopédiques mais sans limitation pour les activités quotidiennes 8H 51,9 ± 8,2 ans IMC = $22,2 \pm 3,0 \text{ kg/m}^2$ HbA1c = $8,8 \pm 2,1 \%$</p>	<p>tronc <u>Nbr. séries</u> : 2 <u>Nbr. répétitions</u> : 10 pour exercices haut du corps et 20 exercices bas du corps <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 40 à 50 % de 1-RM pour exercices sans haltère <u>Repos</u> : < 1 min <u>Fréquence</u> : 5/sem <u>Durée intervention</u>: 4 à 6 sem Supervision : - Note : Tous hospitalisés et sous diète contrôlée de 30 kcal/kg de masse</p>	<p><u>Groupe intervention</u> : VO₂ de max et force des quadriceps</p>
<p>Ryan et al. (2001) 10H/9F dont 4H/3F intolérants au glucose Pas de participation à un programme d'exercice régulier dans les 6 mois précédents l'étude 69 ± 1 ans IMC = $27,4 \pm 0,7 \text{ kg/m}^2$ <u>Groupe hommes</u> : 70 ± 1 ans 27,7 ± 1,0 kg/m² <u>Groupe femmes</u> : 69 ± 1 ans 27,2 ± 1,0 kg/m²</p>	<p><u>Modalité</u> : appareils pneumatiques, poids libres et exercices au sol <u>Nbr. exercices</u> : 11 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc <u>Nbr. séries</u> : Phase 1 : haut du corps = 1, bas du corps = 2 ; phase 2 : haut du corps = 1, bas du corps = 2 (2 séances/sem) et 3 (1 séance/sem) <u>Nbr. répétitions</u> : Phase 1 : 15, phase 2 : 8 (haut du corps) et 10 (bas du corps)</p>	<p><u>Groupes hommes et femmes</u> : ↑ masse maigre bras, jambe et totale, masse non grasse totale, 1-RM pour les six tests, <u>Groupe hommes</u> : ↓ leptine</p> <p>1-RM : presse cuisse, extension des jambes, développé de la poitrine, tirade latérale, extension des avant-bras, flexion des avant-bras Glycémie, insulïnémie et leptine à jeun Utilisation du glucose par kg de masse maigre et sensibilité à l'insuline lors du clamp euglycémique-hyperinsulïnémique Masse grasse, masse maigre, contenu minéral osseux, masse non grasse (masse maigre + contenu minéral</p>



osseux) des bras, des jambes
et du tronc

Tempo : -

Intensité : Phase 1 : 5
premières répétitions à 5-RM
puis ↓ charge pour une ou
deux répétitions, en
alternance jusqu'à
concurrence de 15
répétitions ; phase 2 : 3
répétitions d'échauffement
puis ↑ de la charge jusqu'à
épuisement

Repos : -

Fréquence : 3/sem

Durée intervention: Phase 1
= 13 sem ; phase 2 = 13
sem

Supervision : -

ANNEXE C : Tableau résumé des études ayant comparé l'entraînement aérobie à l'entraînement musculaire

Source	Caractéristiques des sujets	Intervention	Variabiles d'intérêt	Variabiles modifiées significativement
Cauza et al. (2005a)	DT2 <u>Groupe entraînement musculaire</u> : 11H/11F 56,4 ± 1,1 ans HbA1c = 8,3 ± 1,7 % <u>Groupe entraînement aérobic</u> : 9H/8F 57,9 ± 1,4 ans HbA1c = 7,7 ± 0,3 %	<u>Entraînement musculaire</u> <u>Modalité</u> : appareil de musculation et au sol <u>Nbr. exercices</u> : 10 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc <u>Nbr. séries</u> : 3 à 6 par sem <u>Nbr. répétitions</u> : 10 à 15 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : la plus élevée pour atteindre fatigue en 10 à 15 répétitions <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u> : 4 mois <u>Supervision</u> : oui <u>Note</u> : 15 à 20 % de l'entraînement d'un athlète en culturisme, deux premières semaines à charge très basse <u>Entraînement aérobic</u> <u>Modalité</u> : bicyclette stationnaire <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée</u> : 15 à 30 min/séance <u>Durée intervention</u> : 4 mois <u>Intensité</u> : 60% VO ₂ max. <u>Durée séance</u> : 15 à 30 min <u>Supervision</u> : - <u>Note</u> : 15 à 20 % de	1-RM (développé de la poitrine, rameur et presse à cuisse) VO ₂ de pointe, puissance maximale, fréquence cardiaque maximale, quotient d'échange respiratoire Masse, IMC, % gras (plis cutanés), masse maigre (à partir du % de gras) Glycémie et insulïnémie à jeun, HbA1c, HOMA _{RI} CHO, HDL, LDL, TG PAS et PAD de repos	<u>Groupe entraînement en musculaire et aérobic</u> : ↓ masse grasse, % gras, PAS et PAD ↑ 1-RM (presse à cuisse et rameur), puissance maximale <u>Groupe entraînement musculaire vs aérobic</u> : ↓ glycémie, HbA1c, insulïnémie, HOMA _{RI} , CHO, TG ↑ force musculaire tirade <u>Groupe entraînement musculaire</u> : ↑ 1-RM (développé de la poitrine), masse maigre, HDL ↓ glycémie, HbA1c, CHO, TG, LDL, HOMA _{RI}

l'entraînement d'un athlète en endurance	
Cauza et al. (2005b)	<p>DT2</p> <p><u>Groupe entraînement musculaire</u> :</p> <p>3H/5F</p> <p>55,1 ± 1,7 ans</p> <p>IMC = 29,9 ± 0,8 kg/m²</p> <p>HbA1c = 7,5 ± 0,5 %</p> <p>VO₂ de pointe = 1,66 ± 0,2 ml/(kg x min)</p> <p><u>Groupe entraînement aérobie</u> :</p> <p>1H/6F</p> <p>60,3 ± 3,1 ans</p> <p>IMC = 36,3 ± 4,7 kg/m²</p> <p>HbA1c = 8,0 ± 0,4 %</p> <p>VO₂ de pointe = 1,36 ± 0,1 ml/(kg x min)</p>
Cauza et al. (2006)	<p>DT2</p> <p><u>Groupe intervention phase 1 et 2</u> :</p> <p>5H/5F</p> <p>57,1 ± 1,6 ans</p> <p><u>Groupe intervention phase 1 et témoin phase 2</u> :</p> <p>5H/5F</p> <p>56,9 ± 1,6 ans</p>
	<p>VO₂ de pointe</p> <p>1-RM (développé de la poitrine en position assise)</p> <p>HbA1c, glycémie mesurée en continu pendant deux jours (glycémie moyenne et hyperglycémies)</p> <p>IMC, masse maigre, masse grasse</p> <p>Médication</p>
	<p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie</u> :</p> <p>↓ glycémie moyenne mesurée en continu, masse grasse</p> <p>↑ masse maigre</p> <p><u>Groupe entraînement musculaire</u> :</p> <p>↓ glycémie moyenne mesurée en continu</p> <p>↑ 1-RM</p>
	<p>Phase 1 :</p> <p>La moitié des sujets de chaque groupe a pris part à l'entraînement musculaire alors que l'autre moitié a pris part à l'entraînement aérobie tel que décrit par Cauza et al. (2005)</p> <p>Phase 2 : La moitié des sujets de chaque groupe a pris part à l'entraînement combiné alors que l'autre moitié a cessé l'entraînement (groupe témoin)</p> <p><u>Entraînement musculaire</u></p> <p>Modalité : appareils avec</p>
	<p>Glycémie à jeun, HbA1c</p> <p>CHO, HDL, LDL et TG</p> <p>Variabiles analysées à 8 mois</p>
	<p><u>Groupe intervention phase 1 et 2 vs groupe témoin phase 1 et 2</u> :</p> <p>↓ glycémie, HbA1c, CHO, LDL et TG</p> <p><u>Groupe intervention phase 1 et 2 vs valeurs initiales</u> :</p> <p>↓ TG</p> <p><u>Groupe intervention phase 1 et témoin phase 2 vs valeurs initiales</u> :</p> <p>↑ glycémie, HbA1c, CHO, LDL</p>

<p>plaques</p> <p><u>Nbr. exercices</u> : 6</p> <p><u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc</p> <p><u>Nbr. séries</u> : 1</p> <p><u>Nbr. répétitions</u> : 10 à 15</p> <p><u>Tempo</u> : -</p> <p><u>Intensité</u> : la plus élevée pour atteindre fatigue en 10 à 15 répétitions</p> <p><u>Repos</u> : -</p> <p><u>Fréquence</u> : 3/sem</p> <p><u>Durée intervention</u>: 4 mois</p> <p><u>Supervision</u> : -</p> <p><u>Note</u> : Entraînement musculaire combiné à entraînement aérobic</p> <p><u>Entraînement aérobic</u></p> <p><u>Modalité</u> : bicyclette stationnaire</p> <p><u>Fréquence</u> : 3/sem</p> <p><u>Durée</u> : 20 min/séance</p> <p><u>Intensité</u> :-</p> <p><u>Supervision</u> : non pour cette modalité</p> <p><u>Note</u> : Activités compilées par le participant dans journal de bord</p>	<p>DT2</p> <p>Obésité centrale (circonférence de la taille > 90 CM)</p> <p>Pratique moins de 20 min d'activités modérément vigoureuses 2 fois/sem</p>	<p><u>VO₂ de pointe</u></p> <p>Charge d'entraînement haut et bas du corps</p> <p>Glycémie et insulïnémie à jeun, HbA1c, taux d'infusion du glucose pendant le clamp euglycémique-hyperinsulinémique</p>	<p><u>Groupes entraînement musculaire et aérobic et groupe entraînement aérobic vs groupe témoin</u> :</p> <p>↓ masse, surface musculaire de basse densité</p> <p>↑ VO₂ de pointe, surface</p>
--	--	--	---

<p>dans la dernière année</p>	<p>et inférieurs</p>	<p>CHO, LDL, HDL, TG, apolipoprotéine B</p>	<p>musculaire de densité normale</p>
<p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie</u> :</p>	<p><u>Nbr. séries</u> : 2</p>	<p>Masse, graisse viscérale et sous-cutanée tronculaire (CT Scan), section transverse des muscles de la cuisse et surface musculaire de basse densité et de densité normale (CT Scan)</p>	<p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie vs</u></p>
<p>n = 10</p>	<p><u>Tempo</u> : -</p>	<p>↑ taux d'infusion du glucose</p>	<p><u>groupe témoin</u> :</p>
<p>63,4 ± 2,2 ans</p>	<p><u>Intensité</u> : -</p>	<p>↓ section transverse de la graisse tronculaire</p>	<p>↑</p>
<p>IMC = 33,3 ± 1,5 kg/m²</p>	<p><u>Repos</u> : -</p>	<p><u>Groupe entraînement aérobie</u> :</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>	<p><u>Note</u> : Charges initiales analysées correspondent à celles de la 3^e semaine, groupe aérobie effectuait des exercices dynamiques à faible intensité pendant une période similaire à celle de l'entraînement musculaire</p>	<p>↑ surface musculaire de densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe entraînement aérobie</u> :</p>	<p><u>Entraînement aérobie</u></p>	<p>↑ surface musculaire de densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n = 9</p>	<p><u>Modalité</u> : tapis roulant, bicyclette stationnaire, escaladeur « recumbent », appareil elliptique et rameur</p>	<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>	<p><u>Intensité</u> : 60 à 75 % de la fréquence cardiaque de réserve</p>	<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p><u>Groupe témoin</u> :</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>n=9</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>60,0 ± 2,9 ans</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>
<p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>		<p>↑ densité normale</p>	<p>↓</p>

<p><u>Groupe entraînement</u> aérobie : 3H/4F 60 ± 5 ans (valeur moyenne avec groupe témoin) <u>Groupe témoin</u> : 4H/3F 60 ± 5 ans (valeur moyenne avec groupe aérobie)</p>	<p>[dos, estomac (sic), membres inférieurs et supérieurs] <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 à 10 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 50 à 60 % de la puissance maximale (modérée) <u>Repos</u> : - <u>Fréquence</u> : 3/sem <u>Durée intervention</u> : 10 sem <u>Supervision</u> : oui <u>Entraînement aérobie</u> <u>Modalité</u> : entraînement aérobie en groupe et à la maison <u>Fréquence</u> : entraînement groupe : 1/sem, maison : 2/sem <u>Durée</u> : entraînement groupe : 60 min/séance, maison : 60 à 90 min <u>Durée intervention</u> : 6 mois <u>Intensité</u> : groupe : 60 % du maximum <u>Supervision</u> : oui pour groupe et journal de bord <u>Note</u> : Groupe témoin reçoit information sur les bénéfices de l'activité physique</p>	<p>IMC CHO, TG, HDL PAS et PAD de repos <u>Groupe entraînement</u> <u>musculaire par circuit</u> : Glycémie et insulïnémie à jeun Élimination et oxydation du glucose, élimination du glucose de façon non- oxydative, oxydation de lipides (Clamp euglycémique- hyperinsulinémique avec calorimétrie indirecte) CHO, HDL, TG IMC, % gras, masse maigre (spectroscopie) PAS et PAD de repos</p>	<p><u>musculaire par circuit</u> : ↑ HDL, élimination du glucose</p>
<p>Smutok et al. (1993)</p>	<p>20 sujets avec glycémie anormale (intolérance au glucose ou DT2) <u>Groupe entraînement</u> <u>musculaire</u> :</p>	<p>VO₂ max 1-RM (6 exercices) Masse, masse grasse, masse maigre, % gras (pesée hydrostatique) Glycémie et insulïnémie à</p>	<p><u>Groupe entraînement</u> <u>musculaire et aérobie</u> : ↓ glycémie à 90 et 120 min (OGTT) <u>Groupe entraînement</u> <u>musculaire et aérobie vs</u></p>

14H	<u>Nbr. séries</u> : 2	jeun, OGTT	<u>témoïn</u> :
48 ± 12 ans	<u>Nbr. répétitions</u> : 12 à 15	CHO, HDL, LDL, TG	↓ glycémie à 90 et 120 min
VO ₂ max = 33,0 ± 7,8 ml/(kg x min)	<u>Tempo</u> : -	PAS et PAD	(OGTT), aire sous la courbe du glucose,
<u>Groupe entraînement</u>	<u>Intensité</u> : 12 à 15 RM		insulinémie à 90 et 120 min (OGTT), aire sous la courbe de l'insulinémie
<u>aérobie</u> :	<u>Repos</u> : < 90 sec. entre les séries		<u>Groupe entraînement</u>
13H	<u>Fréquence</u> : 3/sem		<u>aérobie vs témoin</u> :
51 ± 8 ans	<u>Durée intervention</u> : 20 sem		↑ VO ₂ max
VO ₂ max = 31,0 ± 6,8 ml/(kg x min)	<u>Supervision</u> : oui		<u>Groupe entraînement</u>
<u>Groupe témoin</u> :	<u>Note</u> : étirements statiques avant l'entraînement		<u>musculaire</u> :
10H	<u>Entraînement aérobic</u>		↑ 1-RM pour la force du bas et du haut du corps
50 ± 8 ans	<u>Modalité</u> : marche ou course sur tapis roulant		↓ glycémie à 60 min
VO ₂ max = 28,3 ± 5,9 ml/(kg x min)	<u>Fréquence</u> : 3/sem		(OGTT), insulinémie à jeun
	<u>Durée</u> : 30 min/séance		Valeur maximale
	<u>Nbr. semaine</u> : 20		d'insulinémie à 120 min
	<u>Intensité</u> : 50 à 85 % de la fréquence cardiaque de réserve		pré- et 60 min post-intervention
	<u>Supervision</u> : -		<u>Groupe entraînement</u>
	<u>Note</u> : étirements statiques avant l'entraînement		<u>aérobie</u> :
			↓ % gras, aire sous la courbe de l'insuline
			↑ VO ₂ max
			Valeur maximale
			d'insulinémie à 90 min pré- et 60 min post-intervention

ANNEXE D : Tableau résumé des études ayant combiné l'entraînement aérobie à l'entraînement musculaire

Source	Caractéristiques des sujets	Intervention	Variabiles d'intérêt	Variabiles modifiées significativement
Balducci et al. (2004)	DT2 Sédentaires 60,9 ± 8,9 ans Groupe intervention : 30H/32F Groupe témoin : 30H/28F	Durée intervention: 1 an Fréquence : 3/sem Supervision : oui Note : mesure de la pression artérielle et de la glycémie avant et après chaque entraînement Entraînement musculaire Modalité : haltères et appareils Nbr. exercices : 6 Membres sollicités : supérieurs, inférieurs et tronc Nbr. séries : 3 Nbr. répétitions : 12 Tempo : - Intensité : 40 à 60 % de 1-RM Repos : - Entraînement aérobie Modalité : tapis roulant, bicyclette stationnaire, bicyclette inclinée, appareil elliptique Durée : 30 min/séance Intensité : 40 à 80 % de la fréquence cardiaque de réserve	Glycémie à jeun, HbA1c CHO, LDL, TG IMC, circonférence de taille, masse maigre, masse grasse (DXA) PAS et PAD	Groupe intervention : ↓ IMC, masse grasse, circonférence de taille, glycémie à jeun, CHO, LDL, TG, HbA1c, PAS et PAD ↑ masse maigre, HDL
Cuff et al. (2003)	DT2 Obésité centrale (circonférence de la taille > 90 CM) Pratique moins de 20 min d'activités modérément	Durée intervention : 16 sem Fréquence : 3/sem Durée: 75 min/séance Supervision : oui Entraînement musculaire Modalité : appareil avec plaques Nbr. exercices : 5	VO ₂ de pointe Charge d'entraînement haut et bas du corps Glycémie et insulïnémie à jeun, HbA1c, taux d'infusion du glucose pendant le clamp euglycémique-	Groupes entraînement musculaire et aérobie et groupe entraînement aérobie vs groupe témoin : ↓ masse, surface musculaire de basse densité ↑ VO ₂ de pointe, surface

<p>vigoureuses 2 fois/sem dans la dernière année</p> <p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie</u> : n = 10</p> <p>63,4 ± 2,2 ans</p> <p>IMC = 33,3 ± 1,5 kg/m²</p> <p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p> <p><u>Groupe entraînement aérobie</u> : n = 9</p> <p>59,4 ± 1,9 ans</p> <p>IMC = 32,5 ± 1,4 kg/m²</p> <p>HbA1c = 6,3 ± 0,2 %</p> <p><u>Groupe témoin</u> : n = 9</p> <p>60,0 ± 2,9 ans</p> <p>IMC = 36,7 ± 2,0 kg/m²</p> <p>HbA1c = 6,9 ± 0,4 %</p>	<p><u>Membres sollicités</u> : supérieurs et inférieurs</p> <p><u>Nbr. séries</u> : 2</p> <p><u>Nbr. répétitions</u> : 12</p> <p><u>Tempo</u> : -</p> <p><u>Intensité</u> : -</p> <p><u>Repos</u> : -</p> <p><u>Note</u> : Charges initiales analysées correspondent à celles de la 3^e semaine, groupe aérobie effectuait des exercices dynamiques à faible intensité pendant une période similaire à celle de l'entraînement musculaire</p> <p><u>Entraînement aérobie</u></p> <p><u>Modalité</u> : tapis roulant, bicyclette stationnaire, escaladeur « recumbent », appareil elliptique et rameur</p> <p><u>Intensité</u> : 60 à 75 % de la fréquence cardiaque de réserve</p>	<p>hyperinsulinémique</p> <p>CHO, LDL, HDL, TG, apolipoprotéine B</p> <p>Masse, graisse viscérale et sous-cutanée tronculaire (CT Scan), section transverse des muscles de la cuisse et surface musculaire de basse densité et de densité normale (CT Scan)</p>	<p>musculaire de densité normale</p> <p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie vs groupe témoin</u> :</p> <p>↑ taux d'infusion du glucose</p> <p>↓ section transverse de la graisse tronculaire</p> <p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie vs groupe entraînement aérobie et groupe témoin</u> :</p> <p>↑ surface musculaire de densité normale</p> <p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie combiné au groupe entraînement aérobie vs groupe témoin</u> :</p> <p>↓ graisse tronculaire sous-cutanée et totale</p> <p><u>Groupe entraînement musculaire et aérobie</u> :</p> <p>↑ charge d'entraînement du haut et du bas du corps</p>
<p>Loimaala et al. (2003)</p> <p>DT2</p> <p><u>Groupe intervention</u> : 24H</p> <p>53,6 ± 6,2 ans</p> <p>IMC = 29,3 ± 3,7 kg/m²</p> <p>HbA1c = 8,2 ± 2,1 %</p> <p>VO₂ max = 31,9 ± 5,1 ml/(kg x min)</p>	<p><u>Durée intervention</u> : 12 mois</p> <p><u>Entraînement musculaire</u></p> <p><u>Modalité</u> : entraînement par station</p> <p><u>Nbr. exercices</u> : 8</p> <p><u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc</p> <p><u>Nbr. séries</u> : 3</p>	<p>Endurance des muscles abdominaux et force maximale isométrique des extenseurs de la jambe</p> <p>VO₂ max.</p> <p>Glycémie à jeun, HbA1c, IMC</p> <p>Fréquence cardiaque et PAS</p>	<p><u>Groupe intervention</u> :</p> <p>↑ VO₂ max., endurance et force musculaire, sensibilité du réflexe des barocépteurs</p> <p>↓ HbA1c, PAS, fréquence cardiaque de repos</p> <p><u>Groupe témoin</u> :</p>

<u>Groupe témoin :</u>	<u>Nbr. répétitions :</u> 10 à 12	de repos	↑ HbA1c
25H	<u>Tempo :</u> -	Sensibilité du réflexe des barorécepteurs (intervalles R-R)	↓ sensibilité du réflexe des barorécepteurs
54,0 ± 5,0 ans	<u>Intensité :</u> 70 à 80 % de la contraction maximale volontaire	Variabilité cardiaque :	
IMC = 29,8 ± 3,6 kg/m ²	<u>Repos :</u> -	déviation standard des intervalles R-R et nombre de paires d'intervalles R-R qui diffèrent par > 50 ms/nombre total d'intervalles R-R	
HbA1c = 8,0 ± 1,3 %	<u>Fréquence :</u> 2/sem		
VO ₂ max. = 32,6 ± 6,4 ml/(kg x min)	<u>Supervision :</u> -		
	<u>Note :</u> Exercices modifiés aux deux mois		
	<u>Entraînement aérobic</u>		
	<u>Modalité :</u> marche ou course		
	<u>Fréquence :</u> 2/sem		
	<u>Durée :</u> minimum de 30 min/séance		
	<u>Intensité :</u> 65 à 75 % du VO ₂ max.		
	<u>Supervision :</u> oui pour une séance		
Maiorana et al. (2001)	<u>Fréquence :</u> 3/sem <u>Durée intervention :</u> 8 sem <u>Note :</u> Entraînement par circuit (45 sec./station), paramètre d'intensité et de durée après deux semaines de familiarisation <u>Entraînement musculaire</u> <u>Modalité :</u> appareil avec plaques <u>Nbr. exercices :</u> 7 <u>Membres sollicités :</u> inférieurs, supérieurs et tronc <u>Nbr. séries :</u> 1 ou non spécifié <u>Nbr. répétitions :</u> - <u>Tempo :</u> - <u>Intensité :</u> 55 à 65 % de	VO ₂ de pointe, durée du test à l'effort, fréquence cardiaque, perception de l'effort, consommation d'oxygène et double produit (fréquence cardiaque x pression artérielle) au maximum et aux paliers de 60, 80, 100 et 120 watts, seuil ventilatoire Glycémie à jeun et HbA1c CHO, HDL, LDL, TG Pression artérielle de repos moyenne, fréquence cardiaque de repos	<u>Période intervention :</u> ↓ glycémie à jeun, HbA1c, fréquence cardiaque de repos ↑ VO ₂ de pointe, fréquence cardiaque et perception de l'effort aux paliers entre 60 et 120 watts

<p>contraction maximale volontaire</p> <p><u>Repos</u> : aucun</p> <p><u>Supervision</u> : -</p> <p><u>Entraînement aérobic</u></p> <p><u>Modalité</u> : bicyclette stationnaire (8 séries pendant le circuit) et tapis roulant (après le circuit)</p> <p><u>Durée</u> : bicyclette : 6 min/séance, tapis roulant : 5 min/séance</p> <p><u>Intensité</u> : 70 à 85 % fréquence cardiaque de pointe</p> <p><u>Supervision</u> : -</p>	<p>Fonction vasculaire : dilatation induite par le flot sanguin (dépendante de l'endothélium) et induite par injection de glycérol trinitrate (indépendant de l'endothélium)</p>
<p>Maiorana et al. (2002)</p> <p>DT2 14H/2F 52 ± 2 ans</p>	<p>Voir Maiorana et al. (2001)</p> <p><u>Séries</u> : 1 à 3 fois le circuit</p> <p><u>Nbr. répétitions</u> : 15 (muscultation)</p> <p><u>Tempo</u> : 1 répétition/sec. (muscultation)</p> <p><u>Supervision</u> : oui</p> <p><u>Note</u> : instruction de ne pas modifier leur niveau d'AP pendant la période de référence et d'intervention, flexibilité à la fin de la séance; la moitié des participants prenaient part à l'intervention dans les huit premières semaines et l'autre moitié aux semaines neuf à seize; certains résultats sont rapportés dans les deux études de Maiorana (2001 et 2002)</p>
<p>Oberbach</p> <p>Caucasiens</p>	<p><u>Durée intervention</u>: 4 semaines</p> <p><u>VO₂ max.</u></p> <p><u>Groupes glycémie normale.</u></p>
<p><u>VO₂ de pointe</u></p> <p>1-RM des sept exercices</p> <p>Glycémie à jeun et HbA1c</p> <p>CHO, HDL, LDL, TG</p> <p>Masse, IMC, % gras, somme 8 plis cutanés,</p> <p>circonférences du bras (relâché et contracté), de la taille, des hanches et de la cuisse</p> <p>Indice de la musculature : somme de la circonférence du bras (relâché et contracté) et de la cuisse</p> <p>Pression artérielle moyenne et fréquence cardiaque de repos</p>	<p><u>Période intervention</u> :</p> <p>↓ glycémie à jeun, HbA1c, fréquence cardiaque de repos, circonférence taille/hanche (%), % gras, somme de 8 plis cutanés</p> <p>↑ VO₂ de pointe, somme des 7 1-RM</p>

<p>et al. (2006)</p> <p><u>Groupe glycémie normale</u> : 9H/11F</p> <p><u>Groupe intolérant au glucose</u> : 9H/11F</p> <p><u>Groupe DT2</u> : 11H/9F</p>	<p><u>Fréquence</u> : 3/sem</p> <p><u>Supervision</u> : oui</p> <p><u>Note</u> : en plus des trois séances, les participants effectuaient une séance de 60 minutes de natation par semaine</p> <p><u>Entraînement musculaire</u></p> <p><u>Modalité</u> : entraînement en puissance (« power training »)</p> <p><u>Nbr. exercices</u> : -</p> <p><u>Membres sollicités</u> : -</p> <p><u>Nbr. séries</u> : -</p> <p><u>Nbr. répétitions</u> : -</p> <p><u>Tempo</u> : -</p> <p><u>Intensité</u> : -</p> <p><u>Repos</u> : -</p> <p><u>Entraînement aérobie</u></p> <p><u>Modalité</u> : course ou bicyclette</p> <p><u>Fréquence</u> : 3/sem</p> <p><u>Durée</u> : 20 min/séance</p> <p><u>Intensité</u> : -</p>	<p><u>IMC, composition corporelle</u> dont % gras (DXA), circonférences hanches et taille, ratio taille/hanches</p> <p>Insulinémie, OGTT, sensibilité à l'insuline (Clamp euglycémique-hyperinsulinémique)</p> <p>AGL, CHO, LDL, HDL</p>	<p><u>intolérant au glucose et DT2</u> :</p> <p>↑ VO₂ max.</p> <p>↓ IMC, Ratio taille/hanches, % gras, LDL</p> <p><u>Groupes intolérant au glucose et DT2</u> :</p> <p>↑ entrée du glucose dans l'ensemble du corps pendant l'état stable du Clamp</p> <p><u>Groupe DT2</u> :</p> <p>↓ glycémie à jeun</p>
<p>Sigal et al. (2007)</p> <p>DT2</p> <p>Pratiquant 2 séances ou moins d'exercices ≥ 20 min/sem</p> <p>Pas d'entraînement musculaire dans les 6 derniers mois</p> <p>Âgés entre 39 et 70 ans</p> <p>HbA1c entre 6,6 et 9,9 %</p> <p>Blancs non-</p>	<p><u>Durée intervention</u> : 6 mois</p> <p><u>Fréquence</u> : 3/sem</p> <p><u>Supervision</u> : 4 premières semaines : 1/sem puis 2/mois ; observation directe, vérification des cahiers d'entraînements et du nombre d'entrées au centre</p> <p><u>Note</u> : Période de 4 semaines d'entraînement avant randomisation pendant laquelle les sujets devaient prendre part à un minimum de 10 des 12</p>	<p><u>AP en dehors des séances</u> mesurées par podomètre</p> <p>HbA1c</p> <p>CHO, HDL, TG, LDL</p> <p>Masse, IMC, circonférence de la taille</p> <p>Masse grasse, % gras, masse maigre (impédance bioélectrique)</p> <p>Tomographie axiale du tronc et de la cuisse : grasse viscérale et sous-cutanée,</p>	<p><u>Groupes aérobie et musculaire vs témoin</u> :</p> <p>↓ HbA1c, grasse abdominale viscérale et sous-cutanée</p> <p>↑ surface musculaire de la cuisse</p> <p><u>Groupe aérobie vs témoin</u> :</p> <p>↓ masse, IMC, circonférence de la taille, masse grasse</p> <p><u>Groupe combiné vs aérobie</u> :</p> <p>↓ HbA1c</p>

hispanophones : 230/251	sessions ; entraînement dans un centre de la communauté	surface musculaire de la cuisse	<u>Groupe combiné vs musculaire</u> : ↓ HbA1c
<u>Groupe témoin</u> : 41H/22F IMC = 35,0 ± 9,5 kg/m ²	<u>Entraînement musculaire</u> <u>Modalité</u> : appareils avec charges	PAS et PAD de repos	
<u>Groupe aérobie</u> : 39H/21F IMC = 35,6 ± 10,1 kg/m ²	<u>Nbr. exercices</u> : 7 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc	Variables mesurées à 0, 3 et 6 mois, sauf pour la tomographie axiale (0 et 6 mois seulement)	
<u>Groupe musculaire</u> : 40H/24F IMC = 34,1 ± 9,6 kg/m ²	<u>Nbr. séries</u> : 2 à 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 8 à 12	Groupe combiné comparé à groupe aérobie et musculaire et non au groupe témoin	
<u>Groupe combiné (aérobie et musculaire)</u> : 55H/9F IMC = 35,0 ± 9,6 kg/m ²	<u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 8 à 12 RM <u>Repos</u> : 2 à 3 min entre les séries <u>Note</u> : voir article pour détail du nombre de répétitions et intensité selon les semaines		
	<u>Entraînement aérobie</u> <u>Modalité</u> : tapis roulant ou bicyclette stationnaire <u>Durée</u> : 25 à 45 min./séance <u>Intensité</u> : 70 à 75 % fréquence cardiaque maximale		
Taniguchi et al. (2000)	<u>Durée intervention</u> : 12 jours <u>Supervision</u> : - <u>Note</u> : Sujets hospitalisés pour l'intervention, sous diète supervisée de 1200 à 1840 kcal/jour	Glycémie et insulinémie à jeun, HOMA _{RI} CHO, HDL, TG IMC	↓ glycémie et insulinémie à jeun, HOMA _{RI} , TG
	<u>Entraînement musculaire</u> <u>Modalité</u> : exercices avec deux haltères de 2 kg <u>Nbr. exercices</u> : 12		

Membres sollicités : supérieurs, inférieurs et tronc
Nbr. séries : 1
Nbr. répétitions : 15
Tempo : -
Intensité : -
Repos : 30 sec. entre les exercices
Fréquence : 7/sem
Entraînement aérobie
Modalité : marche avec podomètre
Fréquence : 7/sem
Durée : - min/séance
Intensité : -
Note : objectif minimal de 7 000 pas/jour mesurés par podomètre

Tessier et al. (2000)	DT2	Groupe intervention :	Test aérobie : durée du test de marche de Balke- Naughton*	Groupe intervention :
	12H/7F	16 sem	↓ aire sous la courbe pour la glycémie	↓ aire sous la courbe pour la glycémie
	69,3 ± 4,2 ans	Fréquence : 3/sem	↑ durée du test de marche, attitude	↑ durée du test de marche, attitude
	IMC = 30,7 ± 5,4 kg/m ²	Supervision : oui	Glycémie* et insulinémie à jeun, HbA1c*, fructosamine*, glycémie et insulinémie pendant l'OGTT,	Groupe intervention vs témoin :
	HbA1c = 7,5 ± 1,2 %	Note : 10 minutes d'étirements et de relaxation	aire sous la courbe pour le glucose* et l'insuline lors de l'OGTT	↑ durée du test de marche, attitude
	Groupe témoin :	<u>Entraînement musculaire</u>	Masse*, IMC	Femmes groupe intervention vs hommes groupe intervention :
	11H/9F	<u>Modalité</u> : -	Attitude, qualité de vie	↓ aire sous la courbe du glucose pendant l'OGTT
	69,5 ± 5,1 ans	<u>Nbr. exercices</u> : -	* Analysé pour des sous-groupes du groupe intervention	Femmes groupe intervention :
	IMC = 29,4 ± 3,7 kg/m ²	<u>Membres sollicités</u> : principaux groupes musculaires		
	HbA1c = 7,3 ± 1,7 %	<u>Nbr. séries</u> : 2		
		<u>Nbr. répétitions</u> : 20		
		<u>Tempo</u> : -		
		<u>Intensité</u> : -		
		<u>Repos</u> : -		
		<u>DTEP</u> : -		

Entraînement aérobic

Modalité : marche rapide

Durée : 20 min/séance

Intensité : 35 à 79 % de la fréquence cardiaque maximale

- ↓ aire sous la courbe du glucose pendant l'OGTT
- ↑ durée du test de marche
- Individus obèses groupe intervention :
- ↓ aire sous la courbe du glucose pendant l'OGTT
- ↑ durée du test de marche
- Individus obèses groupe intervention vs individus non-obèses :
- ↓ aire sous la courbe du glucose pendant l'OGTT
- Individus avec HbA1c > 7,3 % :
- ↓ fructosamine, aire sous la courbe du glucose pendant l'OGTT

Tokmakidis et al. (2004)	DT2 Sédentaires et n'ayant pas participé à un programme dans les six mois précédant l'étude Surplus de poids 9F 55,2 ± 6,7 ans IMC = 31,5 ± 3,1 kg/m ² HbA1c = 7,7 ± 1,7 % Durée du test de marche (Bruce) : 8,2 ± 1,2 min	Fréquence : 4 /sem Durée intervention : 16 sem <u>Note</u> : Période de familiarisation de 2 semaines <u>Entraînement musculaire</u> <u>Modalité</u> : exercices sur stations <u>Nbr. exercices</u> : 6 <u>Membres sollicités</u> : supérieurs, inférieurs et tronc <u>Nbr. séries</u> : 3 <u>Nbr. répétitions</u> : 12 <u>Tempo</u> : - <u>Intensité</u> : 60% de 1-RM <u>Repos</u> : 45 à 60 sec entre les séries et 2 à 3 min entre les	Durée du test de marche de Bruce 1-RM : développé de la poitrine, rameur assis, extension et flexion de la jambe, tirade, « pec-deck » Glycémie et insulémie à jeun, HbA1c, OGTT Masse, IMC <u>Note</u> : Évaluations initiale après la période de familiarisation de 2 semaines et réévaluations à 4 et 16 semaines	↓ glycémie à jeun (4 et 16 semaines vs. mesure initiale), insulémie (16 sem vs mesure initiale), HbA1c (4 et 16 semaines vs. mesure initiale), glycémie à 60 min pendant l'OGTT (16 sem vs mesure initiale), glycémie et insulémie à 90 min pendant l'OGTT (16 sem vs mesure initiale), glycémie à 120 min pendant l'OGTT (4 et 16 sem vs mesure initiale), insulémie à 120 min pendant l'OGTT (4 et 16
--------------------------	---	--	--	---

exercices

Fréquence : 2/sem

Supervision : -

Note : flexibilité à la fin de la séance

Entraînement aérobic

Modalité : marche/course sur tapis roulant

Fréquence : 2/sem

Durée : 75 min/séance, incluant échauffement (5-10 min),

étirements (10 min), retour au calme et étirements (15 min)

Nbr. semaine :

Intensité : 60 à 80 % fréquence cardiaque maximale

Supervision : -

sem vs mesure initiale), aire sous la courbe du glucose (4 et 16 sem vs mesure

initiale), aire sous la courbe de l'insuline (4 et 16 sem vs mesure initiale et 16 sem vs 4 sem)

↑ durée du test d'effort et de la force du haut et bas du corps (4 et 16 sem vs

mesure initiale et 16 sem vs 4 sem)

LES DOCUMENTS SPÉCIAUX : CD-ROM Diabetaction version 1