

# Médecine des maladies Métaboliques

Société  
francophone  
du  
diabète

alfediam

Diabète • Lipides • Obésité • Risques cardio-métaboliques • Nutrition

## Éditorial

- 293 Deux clés de réussite de la thérapeutique :  
d'abord le bon usage des médicaments et l'autonomie du patient  
**S. Halimi**

## Dossier thématique

### Autonomie du patient

- 297 Avant-propos  
Éducation thérapeutique et autonomie du patient  
**A. Grimaldi**
- 299 La liberté du patient souffrant d'une maladie chronique  
**C. Pelluchon**
- 311 L'autonomie du patient : le point de vue du patient  
**P. Barrier**
- 317 Autonomie du patient et relation médecin-patient  
**G. Reach**
- 325 L'adolescent atteint de maladie chronique  
à la conquête de l'autonomie  
**C. Jousseme**

## Pour la science

- 331 Caractéristiques physiologiques et pharmacologiques des agonistes  
des récepteurs au GLP-1 pour le traitement du diabète de type 2  
**R. Burcelin, M. Bertolini**

## Cas clinique

- 341 Crises épileptiques visuelles révélatrices d'un diabète sucré  
**L. Mahdaoui, A. Chadli, A. Taheri, S. El Aziz, H. El Ghomari,  
A. Farouqi, H. El Otmani, Y. Benkadir**
- 343 Un diabète bien particulier...associé à une anomalie de la répartition  
du tissu adipeux  
**J. Vouillarmet, C. Thivolet, M. Laville, E. Disse**

## Pour la pratique

- 346 Perspectives nutritionnelles et métaboliques appliquées au traitement  
des lithiases rénales  
**L. Monnier, M. Piperno, C. Colette, J.-L. Schlienger**

## Stratégie thérapeutique

- 354 Étude de la saxagliptine sur la survenue d'événements cardiovasculaires  
chez des patients diabétiques de type 2 (étude SAVOR-TIMI 53) :  
description de l'étude et des patients  
**M. Krempf**

## Quoi de neuf ?

- 360 *Brèves*  
**F. Andreelli**

## Épidémiologie, coûts et organisation des soins

- 363 Prise en charge du diabète de type 2 en pratique médicale courante  
en Afrique sub-saharienne : résultats de l'étude AMAR-AFO  
au Sénégal et en Côte-d'Ivoire  
**S.-N. Diop, A. Wade, A. Lokrou, D. Diédhiou, V.-K. Adoueni**
- 369 Sécurité et efficacité de l'insuline détémir en initiation chez les patients  
algériens diabétiques de type 2 : résultats de l'étude A<sub>1</sub>chieve  
**A. Boudiba, M. Belhadj, D. Roula, S. Zinai**
- 375 Le rapport de la Cnamts sur la chirurgie bariatrique en France  
**S. Halimi**

## Controverse

- 379 Le diabète de type 1 « post-traumatique » existe-t-il ?  
**B. Vialettes, B. Conte-Devolx**

## Analyse de livre

- 385 Créer une alliance thérapeutique  
On n'éduque pas un adulte souffrant  
**S. Halimi**
- 387 Le grand livre du diabète  
**S. Halimi**

N° 1

Vol. 6 ■ Janvier 2012

ISSN : 1957-2557

Texte établi par le groupe de travail  
« Activité physique et Diabète »  
de la SFD, décembre 2011.

**Martine Duclos<sup>1</sup>, Jean-Michel Oppert<sup>2</sup>,  
Bénédict Vergès<sup>3</sup>, Vincent Coliche<sup>4</sup>,  
Jean-François Gautier<sup>5</sup>,  
Charles-Yannick Guezennec<sup>6</sup>,  
Gérard Reach<sup>7</sup>, Georges Strauch<sup>8</sup>,**  
pour le groupe de travail  
« Activité physique et Diabète »  
de la Société francophone  
du diabète (SFD)

<sup>1</sup> Service de médecine du sport  
et des explorations fonctionnelles,  
CHU Gabriel Montpied, INRA, UMR 1019, UNH,  
Centre de recherche en nutrition  
humaine (CRNH)

Auvergne, Clermont Université,  
Université d'Auvergne I,  
Clermont-Ferrand.

<sup>2</sup> Service de nutrition,  
Groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière,  
AP-HP, Université Pierre-et-Marie Curie-Paris 6,  
Centre de recherche en nutrition humaine  
Île-de-France (CRNH IdF), Paris.

<sup>3</sup> Service de réadaptation cardiaque,  
Clinique SSR les Rosiers, Dijon.

<sup>4</sup> Service d'endocrinologie et diabétologie,  
Centre hospitalier Duchenne,  
Boulogne-sur-Mer.

<sup>5</sup> Service de diabétologie et endocrinologie,  
Hôpital Saint-Louis,  
Groupe hospitalier Lariboisière-Saint-Louis-  
Fernand Widal, AP-HP, Paris.

<sup>6</sup> Laboratoire Performance Santé Altitude,  
Université de Perpignan  
Via Domitia, Font-Romeu.

<sup>7</sup> Service d'endocrinologie, diabétologie  
et maladies métaboliques, Hôpital Avicenne,  
AP-HP, Bobigny.

<sup>8</sup> Union sports et diabète, L'Haÿ-les-Roses.

## Activité physique et diabète de type 2

Référentiel de la Société francophone du diabète (SFD), 2011

*Physical activity and type 2 diabetes mellitus*  
Expert consensus, SFD, 2011

### Résumé

Bien que l'activité physique régulière fasse partie intégrante de la prise en charge du diabète de type 2 (DT2), peu de patients diabétiques ont un niveau d'activité physique suffisant. Pourtant, depuis une dizaine d'années, les effets bénéfiques de l'activité physique régulière sont bien démontrés, à la fois dans la prévention du DT2 (diminution de 50 % de l'incidence du DT2 chez des sujets à risques métaboliques élevés), mais également dans la prise en charge du DT2 pour améliorer l'équilibre glycémique (amélioration du taux d'HbA<sub>1c</sub> de 0,7 %, en moyenne) et diminuer les co-morbidités associées au DT2 (amélioration des chiffres tensionnels, du profil lipidique, diminution de l'insulinorésistance). L'activité physique a, à la fois, des effets aigus (effets d'une session d'exercice) et des effets à distance de l'exercice lorsque ceux-ci sont répétés de façon régulière (effet de l'entraînement). De plus, les recommandations d'activité physique se sont élargies vers une large gamme d'activités physiques (en associant à la fois des exercices d'endurance et de renforcement musculaire), permettant de varier l'activité physique pratiquée selon les possibilités des patients en termes de temps, de lieux de pratique, de goûts et d'intérêts.

Après quelques rappels de physiopathologie, les effets de l'activité physique seront discutés et présentés en termes de médecine basée sur les preuves. Les recommandations seront précisées et des éléments pratiques de prescription seront proposés, en tenant compte du fait que la question qui se pose au clinicien est celle du comment, où et avec qui : comment motiver les patients à pratiquer une activité physique de façon durable ? Où trouver les intervenants et les lieux de pratique adaptés ?

**Mots-clés :** Diabète de type 2 – activité physique – référentiel.

**Key-words:** Type 2 diabetes mellitus – physical activity – expert consensus.

### Correspondance :

**Martine Duclos**

Service de médecine du sport  
et des explorations fonctionnelles  
CHU Gabriel Montpied  
58, rue Montalembert  
63003 Clermont-Ferrand cedex 1  
mduclos@chu-clermontferrand.fr

© 2012 - Elsevier Masson SAS - Tous droits réservés.

### Introduction

Les dernières recommandations portant sur l'activité physique chez les patients diabétiques de type 2 (DT2), élaborées par un groupe de travail de l'Association de langue française pour l'étude du diabète et des maladies métaboliques (Alfediam, actuelle Société francophone

du diabète [SFD]), remontent à 1998. Elles concluaient « *que l'activité physique régulière pourrait retarder l'apparition d'un diabète chez les sujets à risque de DT2* » et « *[...] que des études sont nécessaires pour confirmer une réduction de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaire par l'exercice physique régulier dans la population de patients DT2* » [1].

Depuis, plusieurs études d'intervention ont démontré le rôle de l'activité physique régulière dans la prévention du DT2, ainsi que l'effet bénéfique de l'activité physique régulière sur l'équilibre glycémique et sur les co-morbidités associées au DT2. De plus, les recommandations d'activité physique se sont développées vers une large gamme d'activités physiques, permettant de varier l'activité physique pratiquée selon les possibilités des patients en termes de temps, de lieux de pratique, de goûts et d'intérêts [2]. Pour le clinicien, la question n'est plus celle de l'efficacité de l'activité physique, mais celle du comment, où et avec qui :

- comment motiver les patients à pratiquer une activité physique de façon durable ?
- où trouver les intervenants et les lieux de pratique adaptés ?

## Définitions et rappels physiologiques

### Activité physique, inactivité physique, sédentarité

#### L'activité physique

- L'activité physique est définie par « *tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques, entraînant une dépense d'énergie supérieure à celle du repos* » [3]. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le sport est un « *sous-ensemble de l'activité physique, spécialisé et organisé* », il s'agit d'une « *activité revêtant la forme d'exercices et/ou de compétitions, facilités par les organisations sportives* ». En d'autres termes, le sport est la forme la plus sophistiquée de l'activité physique, mais l'activité physique ne se réduit pas au sport, elle comprend également l'activité physique dans la vie de tous les jours, à la maison, au travail, dans les transports et au cours des loisirs non compétitifs [3] (voir le paragraphe « *Évaluation du niveau habituel d'activité physique* »).
- L'activité physique est le plus souvent quantifiée en terme de MET (*metabolic equivalent task*), c'est-à-dire d'équivalent métabolique, sachant qu'un MET

correspond à la dépense énergétique d'un sujet au repos, assis. On l'estime à une consommation de 3,5 ml d'oxygène (O<sub>2</sub>) par kilogramme de poids corporel par minute, ou à environ 1 kilocalorie par kilogramme de poids corporel par heure.

- Le *tableau I* présente quelques équivalences (MET) pour des activités de loisirs courantes [4].

À noter que, pour la marche, les recommandations en langue française utilisent différentes terminologies :

- marche à allure modérée ;
- marche active ;
- marche à un bon pas ;
- marche à pas soutenu ;
- marche rapide.

Dans tous les cas, les recommandations pour la marche en terme d'intensité sont une marche entre 3 et 5 METs. Afin d'homogénéiser les recommandations, nous utiliserons dans ce texte le terme de « marche active ».

#### Inactivité physique et comportement sédentaire

Au cours des dernières années, la distinction entre inactivité physique et

comportement sédentaire a été soulignée [5]. Le comportement sédentaire ne représente pas seulement une activité physique faible ou nulle, mais correspond à un ensemble de comportements au cours desquels la position assise ou couchée est dominante et la dépense énergétique très faible, voire nulle. Il s'agit d'occupations variées, telles que regarder la télévision ou des vidéos, travailler sur ordinateur, lire, conduire, etc., occupations pour lesquelles la dépense énergétique est de l'ordre de 1 à 1,5 METs [6]. L'accélération récente de la disponibilité de multiples types d'écran (ordinateur, télévision, téléphone portable...) dans toutes les tranches d'âge, au travail, à l'école, à la maison et au cours des loisirs, explique, en partie, l'intérêt actuel pour l'étude des comportements sédentaires et leurs conséquences potentielles sur la santé.

#### Les différents types d'exercices

Plusieurs types d'exercices sont possibles [3, et Groupe Exercice Réadaptation Sport (GERS) de la Société française de cardiologie (SFC, [www.sfcardio.fr/](http://www.sfcardio.fr/))

**Tableau I : Tableau d'équivalences pour des activités de loisirs courantes** [d'après 4].

Type d'activité de loisirs	METS ( <i>metabolic equivalent task</i> )
Marche :	
- à allure modérée (3,2 à 4,6 km/h)	3
- rapide (4,8 à 6,2 km/h)	4
- très rapide (> 6,4 km/h)	4,5-5
Jogging (< 10 km/h)	7-10
Jogging (> 10 km/h)	12
Vélo	7
Tennis, squash, jeux de raquette en simple	7
Natation	7
Gymnastique, step ou autres exercices aérobies	6
Yoga	4
Tondre la pelouse	6

Ces équivalences sont des moyennes et restent des valeurs indicatives. Pour transformer les quantifications en kcal, il faut utiliser l'équivalent énergétique de l'oxygène (1 litre d'oxygène [O<sub>2</sub>] consommé = 5 kcal), d'où 1 MET = 3,5 ml O<sub>2</sub>/kg poids corporel/min = 1 kcal/kg poids corporel/h.

Les différentes intensités d'activité physique sont ainsi définies :

- faible intensité : < 3 METs (< 3 fois la dépense de repos) ;
- intensité modérée : 3-6 METs ;
- forte intensité : 6-9 METs ;
- très forte intensité : > 9 METs.

Les recommandations américaines pour la population générale sont de pratiquer une activité physique de type aérobie à un volume total correspondant à 500 à 1 000 METs-min/semaine. Si l'on prend l'exemple de la marche à bonne allure (vitesse 5 km/h, intensité 4 METs), cela équivaut à 150 minutes par semaine pour un volume total de 600 METs-min/semaine (150 minutes x 4 METs) et 250 minutes par semaine pour un volume total de 1 000 METs-min/semaine (250 minutes x 4 METs).

groupes/groupes/exercice-readaptation-sport/)) :

- exercices en endurance ;
- exercices en résistance ;
- exercices contre résistance.

### Exercices en endurance

L'endurance est la capacité à maintenir un effort d'intensité faible à modéré pendant un temps relativement long (> 20 minutes) (par exemple : marche à allure rapide, course à pied, vélo).

D'un point de vue énergétique, l'endurance met en jeu la filière aérobie. C'est ce type d'activité qui est le plus favorable pour le système cardiovasculaire et respiratoire.

### Exercices en résistance

La résistance traduit l'aptitude à maintenir un exercice d'intensité élevée, égale ou proche de la capacité maximale de l'individu, pendant un temps relativement court (compris entre 20 secondes et 1 minute 30, voire 2 à 3 minutes) (par exemple : un sprint, une course de 400 mètres).

D'un point de vue énergétique, la résistance met en jeu la filière anaérobie lactique qui se caractérise par une production importante d'acide lactique.

### Exercices contre résistance

Les exercices contre résistance peuvent également s'appeler exercices de force ou, dans le langage courant, musculation-renforcement musculaire. L'augmentation de la force musculaire est liée au principe de surcharge. Cela signifie que le muscle ne s'adapte que si la charge qui lui est imposée est supérieure à celle qu'il rencontre habituellement : le sujet doit contracter ses muscles pour soulever une charge qui lui est imposée, d'où le nom d'exercices contre résistance. C'est le type d'activité qui est le plus favorable pour le maintien, voire le gain, de masse musculaire.

- **Exercices contre résistance isométrique** : également appelé travail statique, ils sont caractérisés par une contraction musculaire maintenue constante contre résistance, sans changement de longueur du muscle. Ils sollicitent essentiellement le métabolisme anaérobie (l'exemple typique est celui de l'haltérophilie).

Ils sont contre-indiqués chez les patients porteurs de pathologies cardiaques. En effet, en raison de l'absence de baisse des résistances périphériques, ils entraînent des effets hémodynamiques potentiellement délétères, avec augmentation rapide et importante des deux composantes, systolique et diastolique, de la pression artérielle et de la surcharge de travail cardiaque que cela impose.

- **Exercices contre résistance dynamique : ils regroupent le renforcement musculaire et la musculation segmentaire.** Ils se caractérisent par la succession de mouvements concentriques et excéntriques effectués par un membre ou un segment de membre travaillant contre résistance. Ces exercices sollicitent les filières aérobie et anaérobie en proportions variables selon l'amplitude du mouvement, l'importance de la charge, la durée de l'exercice et la quantité de masse musculaire mise en jeu. Ils permettent d'augmenter la masse et la force musculaires. Il s'agit d'exercices réalisés avec de petits haltères, des bracelets lestés, des bandes élastiques, ou bien en utilisant des bancs de musculation spécifiques.

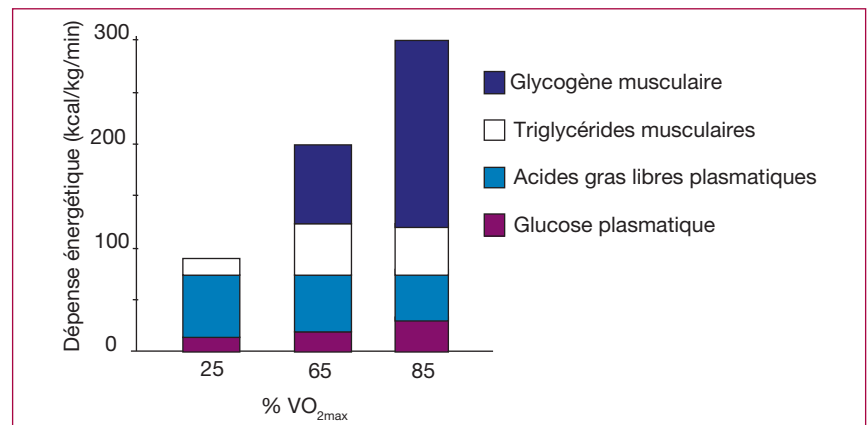
### Quelques éléments de physiologie de l'exercice

#### Apport d'énergie au muscle et voies métaboliques au cours de l'exercice musculaire [7]

- Au niveau des fibres musculaires, la contraction musculaire a pour sup-

port le glissement des myofilaments d'actine entre ceux de myosine, avec transformation d'énergie chimique, fournie par l'hydrolyse de l'ATP, en énergie mécanique. Cependant, le rendement mécanique musculaire est faible (libération importante de chaleur) et dépend du type d'activité. En effet, pour des activités comme la marche ou la course, ce rendement se situe autour de 25 %, ce qui signifie que 25 % de l'énergie consommée apparaît sous forme de travail mécanique et que 75 % apparaissent sous forme de chaleur. Afin d'assurer ce rôle, le muscle a besoin d'un apport adapté de substrats énergétiques et d'oxygène. Ces fonctions sont remplies par les organes de stockage comme le foie et les adipocytes, et par l'ensemble du système cardio-circulatoire qui assure le transport de l'oxygène et des substrats.

- Le niveau d'utilisation et le choix du type de substrat (glucides ou lipides) au cours de l'exercice dépendent des caractéristiques de l'activité musculaire (intensité, durée), de l'état nutritionnel et du niveau d'entraînement. On distingue les activités physiques très courtes et intenses, qui sollicitent principalement le métabolisme anaérobie (en l'absence d'oxygène), et les activités prolongées, qui mettent en jeu principalement le métabolisme aérobie (en présence d'oxygène) (figures 1 et 2) [8, 9].



**Figure 1** : Contribution des quatre substrats majeurs dans la dépense énergétique entre la 20<sup>e</sup> et la 30<sup>e</sup> minute d'un exercice musculaire à 25, 65 et 85 % de la capacité aérobie maximale (VO<sub>2max</sub>) [modifié d'après 8].

### Rôle de l'intensité de l'exercice sur l'utilisation des substrats (figure 1)

La participation relative de l'un ou de l'autre substrat dépend, en grande partie, de l'intensité de l'exercice : la  $\beta$ -oxydation et l'utilisation des lipides sont prépondérantes pour une intensité faible, puis leur part diminue au fur et à mesure que l'intensité de l'exercice augmente. L'inverse se produit pour les glucides. En théorie, le niveau le plus élevé d'oxydation des lipides, en valeur relative, est observé pour des activités d'intensité moyenne correspondant à 50-60 % de la capacité aérobie maximale ( $VO_{2max}$ ). L'utilisation des substrats est alors strictement aérobie. La participation glycolytique est de plus en plus importante au fur et à mesure que l'intensité augmente, jusqu'à devenir exclusive pour des puissances proches de la capacité aérobie maximale [7].

### Rôle de la durée de l'exercice sur l'utilisation des substrats (figure 2)

Au niveau du métabolisme glucidique, le muscle consomme, dans un premier temps, le glycogène musculaire puis, lorsque les réserves de glycogène musculaire commencent à être diminuées, la captation musculaire du glucose augmente (captation et utilisation du glucose

sanguin), en parallèle avec les acides gras libres provenant de la lipolyse du tissu adipeux. Les réserves de triglycérides intramusculaires sont utilisées lors d'exercices de durée prolongée, mais également en phase de récupération de l'exercice. Enfin, la production hépatique de glucose (donc la libération de glucose dans la circulation systémique) est d'abord due à la glycogénolyse hépatique, puis est remplacée par une augmentation de la néoglucogenèse au fur et à mesure que la durée de l'exercice augmente [10-12].

### Effets d'une session d'exercice sur le métabolisme du glucose [revue in 13]

- **Au cours de l'exercice** : l'exercice musculaire augmente la captation musculaire de glucose chez le sujet sain comme chez le sujet DT2. En effet, la contraction musculaire stimule le transport et le métabolisme du glucose dans les muscles sollicités au cours de l'exercice par des voies qui ne dépendent pas de l'insuline. Par exemple, chez les sujets normaux, comme chez les patients DT2, un exercice sur bicyclette ergométrique de 45 à 60 minutes à 60-70 % de la  $VO_{2max}$  augmente le contenu du transporteur de glucose GLUT-4, présent sur la membrane musculaire, de 70 %

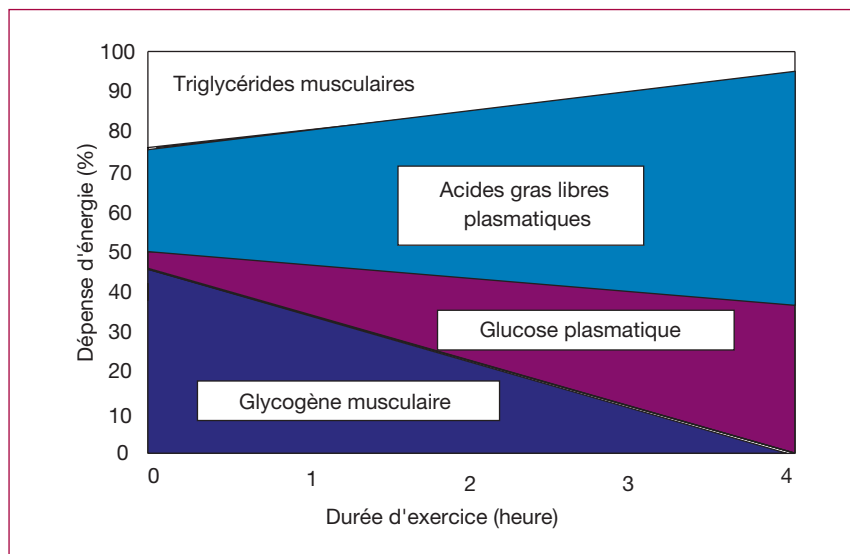
par rapport aux repos, et augmente la captation musculaire de glucose [14]. À cet effet, se surajoute celui de l'insuline, sachant que l'augmentation du débit sanguin augmente la quantité d'insuline et de glucose arrivant aux muscles (et cet effet persiste plusieurs heures après l'arrêt de l'exercice).

- **Période post-exercice** : elle est caractérisée par une augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline. Ainsi, une augmentation de la captation du glucose en réponse à l'insuline est observée pendant plusieurs heures après l'arrêt d'une séance d'exercice (quel que soit le type d'exercice : endurance, exercice contre résistance) chez le sujet sain comme chez le sujet DT2, avec augmentation de la capacité de stockage du glycogène par augmentation de l'activité de la glycogène synthétase. Ce phénomène est localisé aux seuls muscles mobilisés pendant l'exercice, et dépend en partie de l'importance de la déplétion en glycogène [15].

### Effets de l'entraînement sur le métabolisme du glucose [revue in 16, 17]

- Il est bien établi que l'entraînement en endurance augmente la sensibilité à l'insuline chez le sujet sain ou insulino-résistant, normoglycémique, ou DT2. Ces données ont été obtenues aussi bien dans les études transversales (comparant des sujets inactifs à des sujets entraînés en endurance) que dans les études d'intervention (où des sujets peu actifs ont été soumis à un entraînement). Ainsi, la captation du glucose mesurée pendant un clamp euglycémique hyper-insulinique chez les mêmes sujets, avant et après 6 semaines d'entraînement en endurance, est augmentée de 30 à 40 %. Cet effet s'observe 48 à 72 heures après la dernière session d'exercice, ce qui permet d'exclure un effet aigu du dernier exercice réalisé.

- Les effets de l'entraînement (quel que soit le type d'entraînement : endurance et/ou résistance) sur le métabolisme du glucose sont multiples :
  - augmentation de la signalisation post-récepteur de l'insuline ;
  - augmentation de GLUT-4 (d'où l'augmentation du transport du glucose) ;



**Figure 2** : Évolution de la contribution relative des différents substrats au cours de l'exercice musculaire à 65-75 % de la  $VO_{2max}$  [modifié d'après 8, 9].

- augmentation de l'activité de la glycogène synthétase et de l'hexokinase (glycolyse), conduisant à une augmentation de la capacité oxydative du muscle ;
- augmentation de la quantité de glucose et d'insuline délivrée au muscle, par augmentation de la densité capillaire et de la vasodilatation NO-dépendante ;
- diminution de la production hépatique de glucose ;
- modification de la composition musculaire (augmentation de la proportion de fibres oxydatives de type I).

Plus spécifiquement, l'entraînement contre résistance augmente la masse musculaire, et donc la capacité totale à utiliser le glucose.

#### Effets de l'entraînement sur le métabolisme des lipides [revue in 16, 17]

L'entraînement en endurance augmente l'utilisation aérobie des acides gras au cours de l'exercice musculaire d'intensité modérée, en augmentant la lipolyse adipocytaire et l'utilisation musculaire des acides gras libres (par augmentation du nombre de mitochondries et des enzymes mitochondriales impliquées dans la  $\beta$ -oxydation). Ces effets contribuent à épargner les stocks de glycogène et retardent ainsi l'épuisement du sujet.

#### Autres effets de l'activité physique régulière [3]

L'entraînement physique améliore considérablement les capacités de travail musculaire. Cette amélioration résulte d'une adaptation cardiovasculaire (augmentation de la capacité de transport d'oxygène de l'air ambiant vers le tissu musculaire), mais également musculaire. L'entraînement réduit la fréquence cardiaque au repos et la fréquence cardiaque, pour un niveau sous-maximal d'effort donné, augmente le débit cardiaque (par augmentation de la fréquence cardiaque et du volume d'éjection systolique), diminue la consommation d'oxygène du muscle cardiaque et, au niveau périphérique, diminue les résistances périphériques (favorisant l'augmentation du retour veineux), et améliore l'extraction d'oxygène au niveau musculaire. L'architecture musculaire est modifiée, avec possibilité d'accroissement important des fibres à contraction lente lors

d'un entraînement spécifique en endurance. L'entraînement engendre des modifications biochimiques au niveau du muscle, en particulier une augmentation de la taille et du nombre des mitochondries et de l'activité des enzymes oxydatives. On note également une augmentation du contenu en myoglobine, qui permet une augmentation des « stocks » d'oxygène, mais avec une variabilité importante selon les sujets.

L'ensemble de ces modifications, associées à l'augmentation de la capillarisation et du débit sanguin musculaire, induit un accroissement important des capacités oxydatives du muscle squelettique chez le sujet sain, comme chez le sujet DT2 [18]. L'activité physique a des effets qui s'étendent au-delà du muscle squelettique (voir paragraphe « *Effet de l'activité physique régulière sur l'équilibre glycémique des diabétiques de type 2* » et le chapitre « *Activité physique en présence de complications chroniques du DT2* ») :

- diminution de la masse grasse viscérale ;
- amélioration du profil lipidique ;
- amélioration du profil tensionnel.

### Effets bénéfiques de l'activité physique régulière

#### Activité physique et prévention du DT2

Les cinq grandes études d'intervention publiées depuis le milieu des années 1990 ont confirmé l'intérêt des modifications du mode de vie (activité physique et/ou alimentation) chez des individus à risque de développer un DT2 (intolérants au glucose). Sur le plan méthodologique, il s'agissait d'études interventionnelles dont la durée était  $\geq 3$  ans, randomisées avec groupe contrôle, ayant inclus un nombre élevé de sujets d'origine ethnique variée (*tableau II*) [19-23]. Elles rapportent des résultats similaires : réduction de 28 à 67 % de l'incidence du DT2 chez des sujets intolérants au glucose après 3 à 6 ans.

Ces études interventionnelles permettent donc de confirmer de façon convaincante (**niveau I de preuve**) que l'activité physique représente un moyen majeur dans

le cadre d'une modification du mode de vie pour prévenir la survenue d'un DT2 chez des sujets à risques métaboliques élevés (intolérants au glucose)<sup>1</sup>.

#### Un effet de l'activité physique indépendant de la diététique

Dans les cinq études citées (*tableau II*), c'est l'effet combiné des conseils alimentaires et de l'activité physique (et souvent d'une perte de poids modérée) qui a été étudié.

Seule l'étude chinoise de Da Qing [19], l'une des plus anciennes, a inclus un groupe exercice seul. Par rapport au groupe témoin, la prévalence du DT2 au bout de 6 ans était réduite de 46 % dans le groupe exercice (*versus* 42 % dans le groupe diététique plus exercice et *versus* 31 % dans le groupe diététique), démontrant un effet significatif de l'activité physique *per se*.

Afin de préciser ces résultats, une analyse *post-hoc* a été réalisée sur la cohorte de l'étude finlandaise *Finnish diabetes prevention study* (FDPS) initiale [23]. L'étude de suivi et de prise en charge a été prolongée d'un an, et les sujets ont été réévalués au bout de 4 ans (au lieu de 3 ans dans l'étude originale) [20]. L'adhésion aux recommandations internationales d'activité physique ( $\geq 2,5$  h/semaine) était de 62 % dans le groupe intervention et de 46 % dans le groupe contrôle. Lorsque l'ensemble des sujets est pris en considération indépendamment du groupe de traitement, les résultats montrent que marcher au moins 2,5 heures par semaine diminue le risque de DT2 de près de 65 % et ce, indépendamment des effets des conseils alimentaires ou de l'indice de masse corporelle (IMC) de départ et de sa variation au cours du suivi. Il ressort également de cette analyse que sont bénéfiques à la fois l'activité physique d'intensité modérée à intense (marche rapide, natation, vélo, jogging, jeux de balle) et l'activité physique de faible intensité (marche ou vélo à allure faible, jardinage) et ceci, toujours indépendamment des apports alimentaires ou de l'IMC [24]. Ces données suggèrent que dans ces

1. Le niveau d'évidence utilisé est celui défini, en France, par l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (Anaes). [www.has-sante.fr](http://www.has-sante.fr)

**Tableau II : Principales caractéristiques des études de prévention du diabète de type 2 par l'activité physique.**

Étude	Nombre de sujets (âge)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Critère d'inclusion	Durée moyenne d'étude	Type d'activité physique	Incidence du diabète à la fin de l'étude (réduction du RR de DT2 dans groupe E versus groupe T)
Pan <i>et al.</i> [19] (Da Qing, Chine)	577 H/F (45 ± 9 ans)	26	IG	6 ans	Endurance	T : 67,7 % E : 46,0 % (RR : -51 %)
Tuomilehto <i>et al.</i> [20] (FDPS, Finlande)	522 H/F (40-64 ans)	31	IG	3,2 ans	Endurance + résistance	T : 23 % E : 11 % (RR : -58 %)
Knowler <i>et al.</i> [21] (DPPS, États-Unis)	3 224 H/F (34 ± 6 ans)	34	IG	2,8 ans	Endurance	T : 19,8 % E : 14,3 % (RR : -58 %)
Kosaka <i>et al.</i> [22] (Japon)	458 H (40-50 ans)	24	IG	4 ans	Endurance	T : 9,3 % E : 3,0 % (RR : -67,4 %)
Ramachandran <i>et al.</i> [23] (IDPP, Inde)	269 H/F (46 ± 6 ans)	26	IG	3 ans	Endurance	T : 55,0 % E : 39,5 % (RR : -28,2 %)

Il faut noter que dans toutes ces études (sauf la *Da Qing study* [19]), les résultats portent sur les effets combinés de l'activité physique et de la diététique (alimentation équilibrée sans perte de poids, le plus souvent).

IMC : indice de masse corporelle ; H : hommes ; F : femmes ; IG : intolérance au glucose ; T : groupe témoin (conseils seuls) ; E : groupe exercice ; RR : risque relatif ; FDPS : *Finnish diabetes prevention study* ; DPPS : *Diabetes prevention program study* ; IDPP : *Indian diabetes prevention program*.

populations à risques métaboliques élevés, inactives et le plus souvent obèses, la durée de l'activité physique et l'énergie totale dépensée comptent davantage que l'intensité à laquelle cette activité physique est réalisée.

### Que se passe-t-il après la période d'accompagnement actif (coaching) ?

Dans les cinq études d'intervention, la durée moyenne de la période d'intervention a été de 3 à 4 ans. Les résultats à 7, 10 et 20 ans de trois de ces études ont été publiés [25-27]. Par rapport au groupe contrôle, les sujets du groupe intervention ont une incidence de DT2 diminuée de 34 à 43 % sur une période cumulée de 7 à 20 ans. Ainsi, une intervention modifiant le mode de vie pendant 3 à 6 ans peut prévenir, ou retarder, la survenue du DT2 jusqu'à au moins 14 ans après la période d'intervention active [26].

### Obésité ou inactivité physique et risque de DT2

Les études d'intervention soulèvent la question de savoir ce qui est le plus prédictif de la survenue d'un DT2 : l'obésité ou l'inactivité physique ?

L'association individuelle entre l'obésité et l'activité physique a été analysée sur la population de l'étude des infirmières américaines (*Nurses' Health Study* : 68 907 femmes sans antécédent de diabète, de pathologie cardiovasculaire ou de cancer), suivie pendant 16 ans [28]. Une analyse multivariée, incluant comme co-variables l'âge, le tabagisme et d'autres facteurs de risque de DT2 (antécédents familiaux de DT2, statut ménopausique, prise de traitement hormonal de la ménopause), montre que le risque de DT2 augmente progressivement avec l'augmentation de l'IMC ( $p < 0,001$ ), l'augmentation du tour de taille ( $p < 0,001$ ) et avec la diminution de l'activité physique habituelle ( $p < 0,001$ ).

Dans une analyse commune des effets de l'IMC et de l'activité physique, si l'on prend comme référence les femmes de poids normal et ayant une activité physique régulière (exercice  $\geq 21,8$  METs-h/semaine), le risque relatif (RR) de DT2 est de :

- 16,75 pour les femmes obèses et n'ayant pas d'activité physique (exercice  $< 2,1$  METs-h/semaine) ;
- 10,74 pour les femmes ayant une activité physique régulière mais obèses ;

- 2,08 pour les femmes minces et sédentaires.

Pour chaque niveau d'IMC, une activité physique plus élevée est associée à un risque moindre de développer un DT2. L'obésité et l'inactivité physique contribuent donc indépendamment au développement du DT2, mais l'importance du risque lié à l'obésité serait plus grande que celle imputable à l'insuffisance d'activité physique. Cependant, ces résultats montrent que les bénéfices de l'activité physique ne sont pas limités aux sujets de poids normal : les sujets obèses bénéficient également d'une diminution du risque de DT2, lorsqu'ils ont une activité physique régulière.

### Dix heures de télévision par semaine et risque de DT2

- Indépendamment du niveau d'activité physique, les comportements sédentaires, tels que regarder la télévision, sont associés à un risque significativement plus élevé de développer un DT2 et une obésité [29].

Dans la cohorte de la *Nurses' Health study*, après ajustement sur l'activité physique habituelle, chaque tranche de 2 heures par jour passée devant la télévision au cours du suivi augmente le

risque d'obésité de 23 % et celui de DT2 de 14 %. À l'inverse, même des activités de faible intensité, comme rester debout ou marcher dans la maison (ce qui reflète, en partie, les tâches ménagères), sont associées à un risque plus faible de DT2 : 12 % de réduction pour chaque tranche de 2 h/semaine. Dans cette cohorte, les auteurs estiment que 30 % des nouveaux cas d'obésité et 43 % de ceux de DT2 pourraient être prévenus avec un mode de vie plus actif : moins de 10 heures par semaine devant la télévision et plus de 30 minutes de marche à bonne allure (ou de dépense énergétique équivalente) par jour [26]. Cette association positive entre le temps passé à regarder la télévision et l'incidence du DT2 a également été mise en évidence, chez les sujets masculins, dans la cohorte de la *Health Professionals Follow-up Study* (HPFS) [30].

- Il existe donc un continuum dans la relation entre le niveau d'activité physique et le risque de DT2 (et obésité) : le temps passé devant la télévision est associé au risque le plus élevé de développer un DT2 et/ou une obésité, et ce risque diminue d'autant plus que le temps passé à des activités peu intenses augmente (par ordre croissant de diminution du risque de DT2 : être debout, puis marcher dans la maison ou au travail).

**En conclusion :** l'activité physique représente une arme majeure de prévention du DT2, avec un **niveau I de preuve**. Cette prévention doit se concevoir dans le cadre d'une approche globale des modifications du mode de vie, telle que les études d'intervention l'ont montré, comprenant une alimentation équilibrée, une limitation des activités sédentaires (temps passé assis) et une activité physique régulière (**recommandations de grade A**).

### Effet de l'activité physique régulière sur l'équilibre glycémique des patients DT2

- Thomas *et al.* [31] ont publié une méta-analyse des effets de l'activité physique régulière sur l'équilibre glycémique des patients DT2. Ils n'ont retenu que les études randomisées où les effets seuls de l'exercice avaient pu être étudiés (groupe exercice *versus* groupe sans exercice). En effet, dans beaucoup d'études, ce sont les effets de l'exer-

cice combiné avec la diététique qui sont suivis, sans pouvoir dissocier les effets de l'exercice seul. Quatorze études randomisées (impliquant 377 sujets au total, d'un âge moyen de 60 ans, avec une période d'intervention s'étendant de 8 semaines à 12 mois) ont été analysées. Par rapport au groupe contrôle, la pratique d'une activité physique régulière améliore significativement l'équilibre glycémique avec une diminution moyenne du taux d'HbA<sub>1c</sub> de -0,6 % (intervalle de confiance à 95 %, IC 95 % -0,9 à -0,3 ;  $p < 0,05$ ) : il s'agit d'un effet *per se* de l'activité physique, puisque c'est le seul facteur ayant varié entre les groupes étudiés. Cet effet est observé sans variation de poids (bien qu'il existe probablement des modifications de la composition corporelle avec une augmentation de la masse maigre, comme cela est rapporté dans une seule étude). La pratique régulière d'une activité physique s'accompagne, en revanche, d'une diminution de la graisse viscérale et du tissu adipeux sous-cutané. Enfin, aucune étude n'a rapporté de complications liées au diabète (et en particulier aucune hypoglycémie n'a été signalée) dans le groupe exercice. Cette méta-analyse permet donc de confirmer, avec un **niveau I de preuve**, que l'activité physique chez le DT2 s'accompagne d'une amélioration significative de l'équilibre glycémique, cette amélioration étant obtenue indépendamment des variations de poids.

- La plus récente méta-analyse publiée [32] permet de faire la distinction entre exercices supervisés et structurés (entraînement en endurance, entraînement contre résistance, ou combinaison des deux types d'entraînement) *versus* conseils d'activité physique : 47 études randomisées contrôlées ont été analysées (8 538 patients).

Les résultats montrent que les programmes d'exercices supervisés et structurés portant sur l'entraînement en endurance, l'entraînement en résistance ou la combinaison des deux types d'entraînement s'associent à une diminution significative du taux d'HbA<sub>1c</sub> de -0,51 à -0,73 % par rapport au groupe contrôle (endurance : -0,73 % [IC 95 % -1,06 à -0,40] ; entraînement contre résistance -0,57 % [IC 95 % -1,1 à -0,01] ; et combinaison des deux types d'entraînement :

-0,51 % [IC 95 % -0,79 à -0,23]). De plus, l'activité physique supervisée et structurée de plus de 150 min/semaine est associée à une plus grande réduction du taux d'HbA<sub>1c</sub> (-0,89 %) par rapport à 150 minutes ou moins par semaine (-0,36 %). Les conseils d'activité physique sont également associés à une diminution significative du taux d'HbA<sub>1c</sub>, mais à la condition que ceux-ci soient associés à des conseils diététiques (-0,43 % [IC 95 % -0,59 à -0,28]).

D'après les grandes études prospectives d'intervention ayant examiné les effets de la variation de l'HbA<sub>1c</sub> sur la morbidité et la mortalité des sujets DT2, la diminution moyenne d'HbA<sub>1c</sub> de -0,6 à -0,8 % en rapport avec une activité physique régulière devrait avoir des effets bénéfiques sur la mortalité et la morbidité des DT2. À notre connaissance, aucune méta-analyse n'a été publiée sur ce sujet chez les DT2. Cependant, ces effets de l'activité physique sur la mortalité et la morbidité sont bien démontrés sur la population générale [3].

- Quelques études réalisées chez les DT2 montrent également un effet significatif de l'activité physique régulière sur la mortalité cardiovasculaire, le profil lipidique, le profil tensionnel, le score de Framingham (**niveau II de preuve**).

C'est le cas de l'étude *Look AHEAD* (*Action for Health in Diabetes*) [33], étude prospective randomisée dont l'objectif est de déterminer le bénéfice métabolique et cardiovasculaire d'une intervention intensive sur le mode de vie (nutrition et activité physique) chez des patients DT2 en surpoids ou obèses. Le suivi est planifié pour 13,5 ans. Dans le groupe intensif, l'objectif est une perte de 7 % du poids initial à 1 an, à maintenir par la suite. Les apports varient entre 1 200 et 1 800 kcal/j, avec moins de 30 % des apports énergétiques provenant des lipides. Un objectif d'au moins 175 minutes par semaine d'activité physique est également fixé. Les patients du groupe intensif sont suivis toutes les semaines pendant 6 mois, puis trois fois par mois les 6 mois suivants, à la fois de façon individuelle et en groupe. Par la suite, les patients sont vus en consultation individuelle au moins une fois par mois, avec un contact téléphonique supplémentaire tous les



mois. La prise en charge « standard » se limite à trois sessions annuelles d'éducation diététique et d'encouragement à l'activité physique en groupe. Au total, 5 145 patients ont été randomisés dans 16 centres des États-Unis :

- 2 575 dans le groupe standard ;
- 2 570 dans le groupe intensifié.

Les caractéristiques à l'inclusion étaient comparables dans les deux groupes, avec :

- un âge moyen de 58,7 ans ;
- 59,8 % de femmes ;
- un IMC moyen de 36 kg/m<sup>2</sup> ;
- une durée de diabète moyenne de 6,8 ans ;
- un taux moyen d'HbA<sub>1c</sub> de 7,3 %.

Les résultats obtenus après 4 ans de suivi, chez 93 % des patients initialement randomisés, montrent que la perte de poids à 4 ans est significativement plus importante dans le groupe intensif par rapport au groupe standard (-4,7 % versus -1,1 %, respectivement ;  $p < 0,001$ ). Le niveau d'activité physique, qui avait augmenté de 20,4 % à 1 an dans le groupe intensif, se maintient à +5,4 % à 4 ans, contre une baisse de 1,1 % dans le groupe standard. L'amélioration des paramètres métaboliques reste significative à 4 ans dans le groupe intensif concernant l'HbA<sub>1c</sub>, le HDL-cholestérol et la pression artérielle systolique. Le niveau de LDL-cholestérol est plus bas dans le groupe standard, avec significativement plus de patients avec un LDL-cholestérol < 1 g/l (64,5 % versus 61,0 % dans le groupe intensif ;  $p = 0,01$ ), mais ceci est dû à une plus large utilisation d'hypolipémiants. Alors que la prescription d'antidiabétiques oraux, d'insuline et d'antihypertenseurs est significativement réduite dans le groupe intensif, une plus forte proportion de ces patients atteint les objectifs d'HbA<sub>1c</sub> < 7 % (57,4 % versus 51,1 % dans le groupe standard ;  $p < 0,001$ ) et de pression artérielle < 130/80 mm Hg (62,9 % versus 60,5 % dans le groupe standard ;  $p = 0,09$ ). Cette étude confirme le bénéfice d'une intervention intensive sur le mode de vie (conseils alimentaires et d'activité physique), à la fois sur la perte de poids et sur le niveau de certains facteurs de risque cardiovasculaire (pression artérielle, HDL-cholestérol, HbA<sub>1c</sub>), laissant espérer une possible protection cardiovasculaire.

## Activité physique en présence de complications chroniques du DT2

### Complications cardiovasculaires : l'activité physique peut-elle avoir un effet cardiovasculaire néfaste ?

La prescription de l'activité physique chez le diabétique se heurte à certaines réticences, par crainte de provoquer un accident cardiaque aigu. Cette crainte peut être justifiée :

- d'une part, car l'on sait que le diabète est associé à un risque cardiovasculaire accru. Les maladies cardiovasculaires représentent, en effet, la cause principale de morbidité et de mortalité chez les sujets DT2 et, parmi elles, les pathologies coronariennes, d'autant plus graves qu'elles peuvent être silencieuses, et les atteintes myocardiques conduisant à la défaillance cardiaque [34, 35] ;
- d'autre part, car l'on sait que l'exercice physique entraîne une augmentation de l'activité sympathique parallèlement à une baisse du tonus vagal, aboutissant à une sécrétion de catécholamines circulantes proportionnelle à l'intensité de l'effort. Les conséquences peuvent être néfastes et expliquent le risque d'arythmies ventriculaires ou d'accident thrombotique lié à l'activation plaquettaire avec, pour conséquences, infarctus du myocarde et mort subite.

Cependant, si ce sur-risque existe pour les exercices de forte intensité (> 6 METs), il peut être largement compensé à moyen et à long termes par un entraînement régulier : c'est le paradoxe du risque-protection de l'exercice.

- Dans l'étude de Mittleman *et al.*, le risque de survenue d'un infarctus du myocarde lors, ou au décours, d'un exercice intense, diminue de façon majeure, proportionnellement à l'activité physique habituelle des sujets : par rapport aux sujets inactifs au repos (catégorie de référence), le RR de survenue d'un infarctus du myocarde, lors, ou au décours, d'un exercice intense augmente à 107 chez ces mêmes sujets inactifs, contre un RR à 19,4 en cas d'un à deux entraînements par semaine et un RR à 2,4 pour trois à quatre entraînements [36].
- Dans le domaine de la réadaptation cardiaque, le registre multicentrique élaboré

par le Groupe Exercice Réadaptation Sport (GERS) de la Société française de cardiologie (SFC) a recherché, sur plus de 25 000 patients réadaptés en centre dans les conditions de sécurité requises, la survenue d'événements cliniques graves (décès, infarctus, arrêt cardio-circulatoire, ou tout événement nécessitant une réanimation) au cours ou dans l'heure suivant l'exercice. Ce risque est exceptionnel, évalué à 0,74 par million d'heures d'exercice, sans aucun décès [37].

- Les bénéfices cardiovasculaires de l'activité physique sont, en fait, très nombreux, sous-tendus par des mécanismes physiologiques multiples (anti-ischémiques, anti-arythmiques, anti-thrombotiques, effets sur les facteurs de risque et effets psychologiques).
- Le bénéfice de l'activité physique dans la prévention de la maladie coronarienne est indépendant, avec une relation inverse et dose-dépendante. L'étude épidémiologique INTERHEART [38], réalisée dans 52 pays et portant sur 29 000 personnes, retrouve une corrélation puissante entre neuf facteurs étudiés et le risque d'infarctus du myocarde. Six de ces facteurs (diabète, hypertension artérielle, tabagisme en cours, élévation du rapport ApoB/ApoA1, obésité abdominale et stress psycho-social) augmentent le risque, et trois d'entre eux sont des facteurs protecteurs, dont la consommation régulière de fruits et légumes, ainsi que la pratique d'une activité physique régulière (à la dose de 3 à 4 heures d'activité physique modérée par semaine), qui diminue significativement de 28 % le risque d'infarctus du myocarde. Ces facteurs sont indépendants.
- L'influence de l'adhérence aux changements de comportement (diététique, activité physique et arrêt du tabac) sur la mortalité et la survenue d'événements cardiovasculaires à 6 mois d'un syndrome coronaire aigu a été étudiée chez 18 809 patients, issus de 41 pays, inclus dans l'étude *Organization to Assess Strategies in Acute Ischemic Syndromes* (OASIS). La pratique d'une activité physique diminue de façon significative et indépendante, de 31 %, le risque de survenue du critère combiné : décès, infarctus du myocarde et accidents vasculaires cérébraux [39].

**En conclusion** : de nombreux arguments plaident pour un effet cardiovasculaire bénéfique de l'activité physique, chez le sujet en bonne santé comme chez le patient DT2, en prévention primaire et en prévention tertiaire.

De plus, la capacité physique est reconnue aujourd'hui comme un facteur prédictif puissant et indépendant de mortalité. La consommation maximale d'oxygène, excellent témoin individuel de la capacité d'effort, peut être augmentée par l'activité physique. Tout gain de capacité fonctionnelle de 1 MET (3,5 ml/kg/min) s'accompagne d'une réduction de 12 % de la mortalité chez les sujets en bonne santé comme chez les sujets DT2, que les sujets soient indemnes de toute pathologie cardiovasculaire ou ayant une pathologie cardiovasculaire [40].

### L'activité physique peut-elle avoir un effet néfaste sur la rétinopathie ?

L'on considère souvent qu'une activité physique pourrait entraîner l'aggravation d'une rétinopathie par deux mécanismes, la survenue d'hémorragies intra-vitréennes ou d'un décollement rétinien. Ainsi, l'*American diabetes association* (ADA) déconseille, en cas de rétinopathie, même modérée, la pratique d'activités sportives risquant d'entraîner une élévation de la pression artérielle, ou s'apparentant à une manœuvre de Valsalva. En effet, la manœuvre de Valsalva peut entraîner une forme spéciale de rétinopathie (dite « rétinopathie de Valsalva »), se présentant sous la forme d'hémorragies intra-rétiniennes ou intra-vitréennes, souvent prémaculaires. La pratique de la trompette, par exemple, est déconseillée en cas de rétinopathie proliférante sévère. Sinon, même en cas de rétinopathie proliférante, une activité physique telle que la marche, la natation, l'utilisation de vélo d'appartement est autorisée.

Face à ces données, il faut insister sur l'innocuité de l'activité physique et du sport, même intensif, vis-à-vis de la rétinopathie. Par exemple, une étude américaine montre l'absence d'association entre aggravation de la rétinopathie et pratique de sport, même intense, comme l'haltérophilie, et ce, même en cas de rétinopathie diabétique sévère [41]. Au

contraire, la pratique d'activité physique de haut niveau est associée à une diminution du risque d'avoir une rétinopathie diabétique proliférante chez la femme diabétique [42].

**En résumé** : si le bon sens veut qu'une rétinopathie sévère soit dépistée et traitée avant de se lancer dans des activités sportives intensives, ou de ne pas recommander la pratique de la boxe à un patient ayant une rétinopathie proliférante qui risque de saigner, l'existence d'une rétinopathie traitée ne doit pas décourager la pratique d'activités physiques et sportives.

### L'activité physique peut-elle avoir un effet néfaste sur la néphropathie et la microalbuminurie ?

- Une session d'exercice peut élever transitoirement la microalbuminurie (du fait de l'augmentation de la pression artérielle pendant l'exercice). Cependant, cette augmentation est transitoire, et la microalbuminurie induite par l'exercice n'est pas un marqueur prédictif de la microalbuminurie permanente dans le DT2 [43]. Des études épidémiologiques suggèrent, au contraire, une association entre l'activité physique régulière et une meilleure fonction rénale chez des patients diabétiques. De plus, les études chez l'animal montrent que l'entraînement en endurance retarde la progression de la néphropathie diabétique [44].

- En cas d'insuffisance rénale, l'activité physique de type de renforcement musculaire permet de lutter contre la sarcopénie. Chez le patient dialysé, l'exercice physique régulier améliore [45] :
  - la capacité oxydative musculaire ;
  - la qualité de vie ;
  - le contrôle tensionnel ;
  - le profil lipidique ;
  - la rigidité artérielle ;
  - l'insulinosensibilité ;
  - les marqueurs de l'inflammation ;
  - l'anémie.

**Au total** : il faut retenir que la présence d'une néphropathie n'est pas une contre-indication à la pratique d'une activité physique. Celle-ci sera éventuellement plus facile après traitement d'une anémie par érythropoïétine. Et il est important de demander à un patient chez qui l'on

découvre une microalbuminurie anormale si, la veille du prélèvement, il a eu une activité physique intense.

### L'activité physique peut-elle avoir un effet néfaste sur la neuropathie ?

- L'activité physique a un effet bénéfique démontré dans la prévention de la neuropathie diabétique. Par exemple, dans une étude randomisée chez 78 patients atteints de diabète de type 1 ou de type 2, il a été observé que 4 heures par semaine de marche d'un pas vif sur un tapis, pendant 4 ans, diminuent l'apparition d'une neuropathie sensitivomotrice [46].

- L'on a pu également mettre en évidence l'effet de la variabilité de l'activité physique sur l'apparition d'un mal perforant plantaire, chez 100 patients ayant une neuropathie ou une déformation des pieds, dont l'activité physique a été monitorée par un podomètre pendant, en moyenne, 37 semaines [47]. Globalement, l'activité était plus faible chez les patients qui ont présenté, au cours du suivi, un mal perforant plantaire. Surtout, la variabilité de leur activité était plus importante, particulièrement chez les patients ayant eu cette complication au cours des 15 jours qui ont précédé l'activité physique.

- Chez les sujets ayant une neuropathie diabétique, un article récent rapporte une étude chez 33 sujets ayant une neuropathie diabétique, divisés en quatre groupes [48] :

- neuropathie non compliquée ;
- présence d'un mal perforant plantaire ;
- antécédent d'amputation de l'avant-pied ;
- antécédent d'amputation de jambe.

Elle a, en particulier, montré que la pression maximale observée au niveau du pied controlatéral augmente en cas de mal perforant plantaire, conduisant à la conclusion qu'il faut protéger non seulement le pied lésé, mais également le pied controlatéral.

**En conclusion** : la présence de complications dégénératives du diabète n'est pas une contre-indication à la pratique d'une activité physique régulière. Les effets aggravants potentiels de l'activité physique sur des complications existantes sont largement contrebalancés par les effets bénéfiques.

## Recommandations d'activité physique

### En population générale

Les connaissances sur la relation entre la quantité d'activité physique (la « dose ») et ses conséquences sur la santé (la « réponse ») sont à la base des recommandations d'activité physique pour la population générale [49]. De nombreuses données montrent actuellement que des niveaux, au moins modérés, d'activité physique habituelle apportent déjà un bénéfice substantiel pour la santé : en particulier, le gain le plus important est obtenu chez les sujets inactifs qui deviennent au moins modérément actifs ; le bénéfice supplémentaire, obtenu lorsque le niveau de pratique augmente chez les sujets déjà au moins modérément actifs, est démontré, mais serait de moindre amplitude. Pour les niveaux très élevés d'activité physique, le bénéfice potentiel doit également être pondéré par les risques éventuels d'une pratique intensive.

- La recommandation de santé publique en matière d'activité physique correspond actuellement, chez les adultes (jusqu'à 65 ans), à la pratique d'une activité physique de type endurance (aérobie) au moins d'intensité modérée (comme la marche active), de 150 à 300 minutes par semaine, ou à la pratique d'une activité physique de type endurance (aérobie) d'intensité plus élevée, de 75 à 150 minutes par semaine. Une combinaison d'activités d'endurance d'intensité modérée et élevée peut également être utilisée pour atteindre le niveau (ou volume) recommandé. En utilisant la notion de MET (voir le chapitre « Définitions »), le niveau à obtenir en combinant activité d'intensité modérée et activité d'intensité élevée est de l'ordre de 500 à 1 000 METs-min/semaine. Pour un adulte, atteindre l'objectif de 500 METs-min/semaine correspond à marcher à bonne allure (4,8 km/h) pendant 150 minutes par semaine, ou à courir (10,5 km/h) pendant 50 minutes par semaine. Dans une perspective intégrative, la pratique d'activités d'intensité élevée est complémentaire, ou représente une étape ultérieure dans une progression des individus pour atteindre, ou dépasser, le niveau minimum recom-

mandé. La pratique de deux séances hebdomadaires, non consécutives, d'activité contre résistance (de type musculation) est également recommandée, sous forme de 8 à 10 exercices utilisant les principaux groupes musculaires (avec 8 à 12 répétitions de chaque exercice) [50].

- Pour la situation de l'obésité, la mise à jour récente des recommandations d'activité physique par les autorités de santé américaines [49] précise qu'une pratique de 45 à 60 minutes par jour est nécessaire pour la prévention du gain de poids, et que 60 à 90 minutes par jour seraient indiquées pour un objectif de maintien du poids après amaigrissement (chez l'adulte). Ces niveaux sont nettement plus élevés que ceux recommandés pour le maintien de la santé en population générale.

Les activités recommandées sont à la fois des activités du quotidien (sous réserve d'une intensité et d'une durée suffisante : par exemple, la marche, « rapide » ou à bonne allure, et d'au moins 10 minutes d'affilée) et des exercices plus structurés (par exemple, la gymnastique en salle), y compris, bien évidemment, les activités sportives. Parallèlement à l'augmentation de l'activité physique habituelle, la réduction du temps passé à des occupations sédentaires est souvent soulignée, et tout d'abord la réduction du temps passé devant un écran (télévision/vidéo, ordinateur) ou, de façon plus générale, du temps passé assis. Il n'existe pas, actuellement, de consensus sur la durée maximum recommandée pour le temps passé à ces occupations sédentaires.

### Chez les patients DT2

Voir également ci-dessous, le paragraphe « Prescription et surveillance d'une activité physique chez un patient DT2 : en pratique ».

Trois éléments sont à privilégier et à associer :

- lutter contre la sédentarité ;
- augmenter l'activité physique dans la vie quotidienne ;
- pratiquer des activités physiques et/ou sportives structurées.

### Lutter contre la sédentarité

L'objectif est que le temps passé à des activités sédentaires soit diminué de 1 à

2 heures par jour afin d'arriver progressivement à un temps total sédentaire (entre le lever et le coucher) inférieur à 7 heures/jour.

La qualité de ce temps sédentaire doit également être modifiée en « rompant » les temps de sédentarité (par exemple, les temps passés assis au bureau ou derrière l'ordinateur) par des pauses (*breaks*), d'au moins une minute, pendant lesquelles les sujets passent de la position assise ou couchée à la position debout, avec une activité physique considérée comme faible au niveau intensité [51].

### Augmenter l'activité physique dans la vie quotidienne

Les patients DT2 sont encouragés à augmenter leur activité physique au quotidien (activités dites non structurées) en privilégiant les déplacements à pied, les escaliers par rapport aux ascenseurs ou escalators... Puis, la difficulté peut être accentuée en augmentant l'intensité (marche rapide pour les déplacements), ou en ajoutant des charges (revenir à pied avec ses courses), ou en choisissant des zones avec un dénivelé (monter un pont), ou en réalisant des flexions pour ranger ou nettoyer.

### Pratiquer des activités physiques et/ou sportives structurées

Les recommandations actuelles concernant les patients DT2 sont centrées sur l'amélioration de l'équilibre glycémique, le maintien du poids et la réduction du risque cardiovasculaire [52]. Elles associent les éléments suivants.

#### • Exercices d'endurance :

- fréquence : au moins 3 jours/semaine avec pas plus de 2 jours consécutifs sans activité physique ;
- intensité : au moins modérée, correspondant à 40-60 %  $VO_{2max}$  ;
- durée : au minimum 150 min/semaine d'activité d'intensité modérée, pratiquée par sessions d'au moins 10 minutes, et réparties dans la semaine.

#### • Exercices contre résistance (renforcement musculaire) :

- fréquence : au moins 2 fois par semaine, sur des jours non consécutifs ;
- intensité modérée : 50 % d'une répétition maximum (1-RM) à élevée (75-80 % de 1-RM) ;

– durée : chaque session devrait, au minimum, inclure 5 à 10 exercices impliquant les principaux groupes musculaires avec réalisation de 10-15 répétitions jusqu'à apparition de la fatigue, avec une progression au cours du temps vers des charges plus élevées, soulevées 8 à 10 fois (= une série) ;

– séries : trois séries de 8 à 10 répétitions par exercice.

Dans tous les cas, une approche très progressive est recommandée afin d'éviter le risque d'accident et pour augmenter l'observance. L'importance d'une période initiale d'exercice sous supervision, qui peut bénéficier des compétences d'un éducateur (mé dico)-sportif ou d'un entraîneur, est soulignée. Par ailleurs, des exercices de souplesse peuvent être ajoutés.

### Aide à la prescription d'activité physique

Plusieurs outils sont à la disposition du praticien pour l'aider à prescrire une activité physique adaptée [53].

### Évaluation du niveau habituel d'activité physique

Les différentes méthodes de mesure de l'activité physique habituelle comprennent :

– calorimétrie indirecte ;

– carnets et questionnaires d'activité physique ;

– compteurs de mouvements (par exemple, podomètres et accéléromètres) ;

– marqueurs physiologiques (par exemple, fréquence cardiaque). Les paramètres recueillis diffèrent en fonction de la méthode utilisée, et donc, l'emploi de l'une ou l'autre de ces méthodes ne permet, en général, l'approche que d'un aspect en rapport avec l'activité physique habituelle.

• **La mesure de la dépense énergétique** par calorimétrie indirecte et la technique de l'eau doublement marquée (souvent prise comme référence) ne permet qu'une quantification en termes énergétiques, et non en termes d'activité physique habituelle.

• **La méthode du carnet (ou journal) d'activité physique**, analogue à celle du carnet alimentaire, correspond au report par le sujet lui-même de ses activités sur un carnet, à intervalles réguliers. L'emploi de ce type de carnet est utile en pratique et permet une auto-évaluation par le patient au cours du suivi.

• **Les questionnaires** représentent la méthode d'évaluation de l'activité physique la plus répandue. Pour traduire l'activité physique en dépense énergétique, il existe des tables de valeurs en METs (voir le paragraphe « Définitions »), indiquant le coût énergétique approxi-

matif de nombreuses activités du quotidien et sportives.

En clinique, des questions simples, dérivées des principaux questionnaires disponibles, permettent d'évaluer de façon systématique, en quelques minutes, l'activité physique habituelle des patients en fonction du contexte (professionnel, loisirs, sports, trajets), ainsi que les occupations sédentaires (tableau III).

Par ailleurs, il serait illusoire de tenter de modifier les habitudes d'activité physique sans disposer de quelques renseignements sur les conditions de vie du patient :

– quartier de résidence, zone urbaine, suburbaine ou rurale, conditions climatiques ;

– type d'habitat (maison, immeuble) ;

– offre en services à proximité, équipements, espaces verts, infrastructures de transport.

• **Le podomètre**, le plus simple et le plus utile des compteurs de mouvements, permet de mesurer le nombre de pas effectués en marchant ou en courant. Après avoir mesuré la longueur du pas habituel du sujet, le résultat peut être converti en distance parcourue. Le podomètre ne permet pas d'évaluer l'intensité du mouvement, ni la dépense énergétique liée à l'activité. La précision dans l'estimation du nombre de pas effectués et de la distance parcourue est variable en fonction des modèles

**Tableau III : Questions permettant d'évaluer le niveau habituel d'activité physique en clinique.**

Type d'activité	Noter
<b>Professionnelle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La profession principale, le temps de travail hebdomadaire.</li> <li>• L'intensité approximative de l'activité physique professionnelle (faible, modérée, élevée), ainsi que la durée et la fréquence.</li> </ul>
<b>Domestique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le temps passé assis, debout, ou à porter des charges (légères, moyennes, lourdes), les activités réalisées à domicile (par exemple : travail d'entretien de la maison...).</li> <li>• L'intensité approximative de l'activité physique domestique (faible, modérée, élevée), ainsi que la durée et la fréquence.</li> </ul>
<b>Loisirs et sports</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les activités actuelles et antérieures, en identifiant l'activité de marche au cours des loisirs.</li> <li>• Pour chaque activité : <ul style="list-style-type: none"> <li>– l'ancienneté de pratique ;</li> <li>– l'intensité approximative (faible, modérée, élevée) ;</li> <li>– la durée de chaque session d'activité ;</li> </ul> </li> <li>• La fréquence de pratique (par exemple : sur l'année précédente).</li> </ul>
<b>Transports, trajets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le temps de trajet habituel (heures/jour).</li> <li>• Le mode de trajet « actif » (marche, vélo...).</li> </ul>
<b>Occupations sédentaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le temps passé devant un écran (télévision/vidéo/ordinateur) (heures/jour) : <ul style="list-style-type: none"> <li>– au travail ;</li> <li>– en dehors du travail.</li> </ul> </li> <li>• Le temps passé en position assise (heures/jour).</li> </ul>

disponibles. Le podomètre permet une auto-évaluation par les sujets eux-mêmes de leur activité ambulatoire, pouvant aider à fixer des objectifs réalistes et à évaluer s'ils ont été atteints. Une méta-analyse récente a montré une différence de plus de 2 000 pas par jour en moyenne, en comparant dans des études d'intervention les groupes ayant porté un podomètre par rapport aux groupes sans instrument [54].

- **L'accéléromètre** est un compteur de mouvements plus sophistiqué, utilisé actuellement surtout dans le cadre de la recherche. La mesure du signal d'accélération-décélération permet d'obtenir une estimation du mouvement et de son intensité dans la vie courante. Des profils individuels d'activité physique, et de sédentarité, peuvent être définis.

- **La cardiofréquencemétrie** est basée sur l'existence d'une relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène chez un individu soumis à un exercice de puissance progressivement croissante. Les moniteurs de fréquence cardiaque miniaturisés (*sports testers*) sont constitués d'électrodes précordiales maintenues par une sangle thoracique (émetteur) et d'une montre-bracelet comprenant un microprocesseur enregistrant la fréquence cardiaque en continu. La méthode est particulièrement utile dans le cadre de programmes d'entraînement avec des objectifs de suivi précis en terme de fréquence cardiaque cible (cas des coronariens avec angor chronique stable). Chez les sujets les moins actifs, la fréquence cardiaque peut être augmentée sans relation avec l'activité physique dans certaines circonstances (stress, température externe élevée...). Les développements technologiques récents permettent l'élaboration d'instruments combinant plusieurs méthodes, telles que l'accélérométrie, la cardiofréquencemétrie, voire le *Global positioning system* (GPS). En raison de leur coût élevé, ces outils restent actuellement réservés à la recherche.

### Apports de l'épreuve d'effort cardio-respiratoire

En plus de son rôle dans l'évaluation du risque d'ischémie myocardique (voir les Recommandations conjointes de la

Société française de cardiologie [SFC] et de la Société francophone du diabète [SFD-Alfediame] [55, 56]), l'épreuve d'effort cardio-respiratoire [57] permet une appréciation très précise des différentes étapes de l'adaptation à l'effort (respiratoire, cardiovasculaire et musculaire) et la détermination de la capacité physique maximale et sous-maximale. Outre les précieuses informations diagnostiques et pronostiques qu'elle donne, l'épreuve d'effort cardio-respiratoire permet une prescription adéquate de l'activité physique et sportive, un suivi et un réajustement des conseils, ainsi qu'une adaptation du traitement (antihypertenseur en particulier). Le plus souvent réalisée sur bicyclette ergométrique, dans certains cas elle peut l'être sur tapis roulant, ou encore sur manivelle lorsque le test aux membres inférieurs est impossible (problème orthopédique, vasculaire, trophique...). Différents protocoles sont disponibles, permettant de s'adapter à diverses populations. Elle peut être démaquillée (arrêt préalable du traitement), ou réalisée sous traitement médical. En dehors des symptômes cliniques (dyspnée, douleur thoracique, fatigue musculaire), l'on précise :

- la durée du test et la capacité physique maximale atteinte (Watts, METs,  $VO_2$ ) ;
- le profil de fréquence cardiaque et de pression artérielle à l'effort et en récupération ;
- l'existence d'anomalies électriques (ischémie, arythmie) dont on détermine le seuil.

En couplant l'épreuve d'effort à la mesure des échanges gazeux respiratoires, on peut déterminer de nombreux autres paramètres : la  $VO_{2max}$  ou le pic de  $VO_2$ , les seuils d'adaptation ventilatoire, les équivalents respiratoires...

- Dans l'aide à la prescription d'une activité physique adaptée, l'épreuve d'effort permet de déterminer trois « repères », simples à expliquer aux patients, et utiles en pratique :
  - le seuil de dyspnée, selon une échelle analogique de 0 à 10 : on recommande d'être en « aisance respiratoire » ;
  - l'intensité perçue de l'effort, selon l'échelle de Borg : musculairement l'effort doit être ressenti comme étant « un peu difficile » (niveau 12 à 14) ;

- la fréquence cardiaque d'entraînement (FCE), qui, en pratique, est le plus souvent déterminée par la formule suivante :  $FCE = FC \text{ repos} + K (FC \text{ max} - FC \text{ repos})$  dans laquelle K est de 0,6.

Pour les patients sous traitement  $\beta$ -bloquant, afin de ne pas sous-estimer la FCE, le coefficient doit être de 0,8 [58]. S'il existe un seuil ischémique ou rythmique, l'on conseille une FCE inférieure de 10 battements à cette fréquence « seuil »<sup>2</sup>.

- On peut également s'aider des tests de marche. La distance de marche mesurée en 6 minutes est un bon reflet des capacités sous-maximales d'endurance, donnant une idée de la tolérance aux activités de la vie quotidienne et qui permet d'objectiver l'amélioration des capacités fonctionnelles des patients. Cette mesure a une valeur pronostique indépendante dans l'insuffisance cardiaque, et est bien corrélée à la sévérité de celle-ci.

### Évaluation des facteurs favorisants, des freins, de la motivation, à la pratique de l'activité physique

La prise en compte des freins et des facteurs favorisants constitue le socle du diagnostic éducatif concernant l'accompagnement à l'activité physique [revue *in* 53].

- **Parmi les freins**, le soignant doit permettre au patient de les exprimer par l'intermédiaire de l'entretien motivationnel [59]. Il recherche des facteurs internes :
  - ressentir une fatigue permanente ;
  - craindre de ne pas obtenir de bénéfices concrets ;

2. Remarque : en pratique, de nombreux patients DT2 ne peuvent réaliser une épreuve d'effort contributive, c'est-à-dire « maximale » (fréquence maximale atteinte égale au moins à 85 % de la fréquence maximale théorique [FMT]) en raison de leur déconditionnement. Il est conseillé, dans ce cas, d'encourager le patient à bouger plus, reprendre la marche peu à peu, et d'attendre qu'il retrouve une condition physique « minimum » pour l'évaluer à nouveau. L'on insiste sur l'importance d'apprendre au patient à bien respirer au cours de l'effort, ce qui constitue une étape indispensable, améliorant parfois considérablement la tolérance à l'effort et contribuant ainsi à rompre le cercle vicieux du déconditionnement physique.

- ne pas avoir envie de montrer son corps ;
- avoir peur de se faire mal ;
- avoir peur du regard des autres ;
- ne pas aimer l'activité physique en général ;
- n'avoir jamais fait de sport de sa vie ;
- ne pas se sentir capable ;
- manquer de confiance en soi ;
- avoir peur des hypoglycémies ;
- ne pas se sentir au niveau des autres...

Il recherche également :

- l'absence de soutien dans l'entourage ;
- des freins par rapport à l'état de santé (autres co-morbidités, telles que arthrose, insuffisance respiratoire) ;

– des facteurs structurels ou institutionnels (moyens de transport, moyens financiers, manque de temps libre).

• **Parmi les facteurs favorisants**, citons :

- les facteurs internes (découvrir de nouvelles activités physiques, découvrir des sensations agréables lors de la pratique de certaines activités, effets de l'activité physique sur la glycémie, obtenir des bénéfices pour sa santé) ;
- les facteurs institutionnels (piscine ou parcours de marche à proximité du domicile, temps libre à tel moment de la journée...) ;
- les facteurs renforçants (associations de patients diabétiques qui font de l'activité physique, entourage motivé pour accompagner à faire de l'activité physique, attitudes et comportements du personnel de santé et autres).

• **Le médecin** reste la principale source d'information des patients sur les modifications du mode de vie (nutrition et activité physique). Les barrières perçues par le médecin à la pratique de l'activité physique chez leurs patients, ainsi que le niveau d'activité physique des médecins, sont corrélés au niveau d'activité physique de leurs patients diabétiques [60].

• **La motivation du patient diabétique** est la composante ou le processus qui règle son engagement dans une expérience d'activité physique à long terme [61]. Elle est déterminée par la recherche d'expériences positives (volonté de réussir, sensation de plaisir, sentiment d'auto-efficacité) et par l'évitement d'expériences négatives. La motivation est le produit entre le besoin interne (intérêt, plaisir, sens, confiance et estime en soi, perception favorable) et

les multiples éléments de son environnement propres à stimuler cet état intérieur.

• **L'entretien motivationnel** est une méthode de communication directive centrée sur le patient, visant l'augmentation de la motivation intrinsèque par l'exploration et la résolution de l'ambivalence par rapport à un changement de comportement, une forme de style guidant centrée sur la personne, qui a pour but d'aider les patients à explorer et à résoudre leur ambivalence [62].

Afin de développer la motivation du patient diabétique à pratiquer de l'activité physique, le soignant devra :

- faire alliance avec son patient en pratiquant l'écoute active ;
- faire preuve d'empathie ;
- être présent et être témoin ;
- donner du *feedback* ;
- créer un espace d'action ;
- laisser la personne décider.

Il devra explorer les dimensions affective, perceptive, cognitive, métacognitive (le regard que le diabétique porte sur) et psychologique (psychodynamique), et mettre en œuvre des dynamiques sur l'émergence de la personne, les ressentis et les mouvements du corps, projet, production et mobilisation au quotidien [63].

### Lieux où peut se pratiquer l'activité physique et compétences pour pratiquer l'activité physique

#### Réseaux diabète, fédérations sportives et associations

L'activité physique n'est pas facile à mettre en œuvre pour bon nombre de personnes diabétiques. Il convient donc de travailler sur l'estime de soi et l'auto-efficacité perçue, de telle sorte que la personne diabétique reprenne le contrôle de sa santé.

• Ceci nécessite des compétences particulières que les kinésithérapeutes et les éducateurs (médico)-sportifs (EMS) ont acquises. Les EMS ont une licence ou une maîtrise STAPS-APA (activité physique adaptée) enrichie d'une formation à l'éducation thérapeutique du patient et d'une formation à la pathologie. Ils exercent principalement dans les 78 réseaux diabète ([www.ancred.fr/les-reseaux.html](http://www.ancred.fr/les-reseaux.html)) ou autres réseaux (Union

nationale des réseaux de santé, UNRS, [www.unrsante.fr/membres-adherents.html](http://www.unrsante.fr/membres-adherents.html)) et dans les hôpitaux. Cet accompagnement sera transitoire, le temps de passer des stades de précontemplation et contemplation au stade d'action (stades de Prochaska).

Secondairement, ils accompagneront les diabétiques à découvrir des ressources externes (par exemple, associations ou groupes qui leur permettront de pratiquer sur le long terme). L'Association française des diabétiques (AFD, [www.afd.asso.fr/AFDquisommesnous/AssociationsFédérées/tabid/108/Default.aspx](http://www.afd.asso.fr/AFDquisommesnous/AssociationsFédérées/tabid/108/Default.aspx)) propose, dans ses associations locales, la pratique de différentes activités. C'est également le cas de l'Union sports & diabète ([www.usd.asso.fr](http://www.usd.asso.fr)) et du Collectif interassociatif sur la santé (CISS, [www.leciss.org/](http://www.leciss.org/)).

• Certaines fédérations sportives pour adultes proposent maintenant des activités physiques adaptées aux maladies chroniques : « *Coach-Athlé* » pour la Fédération française d'athlétisme, Fédération française de randonnée pédestre, Fédération française de natation...

• C'est également le cas des fédérations multisports, telles que Entraînement physique dans le monde moderne (EPMM)-Sport pour tous ([www.sportpourtous.org/index.php](http://www.sportpourtous.org/index.php)) et la Fédération française d'éducation physique et gymnastique volontaire (FFEPGV, [www.sport-sante.fr/accueil/](http://www.sport-sante.fr/accueil/)), ou d'associations telles que Siel Bleu...

#### Possibilité de faire appel ponctuellement aux structures de réadaptation cardiovasculaire

La réadaptation cardiaque a fait aujourd'hui les preuves de son efficacité et de sa très bonne tolérance chez tous les patients coronariens en prévention tertiaire [64, 65]. Celle-ci est basée sur le fait que la prescription de l'activité physique est pleinement intégrée à une prise en charge globale des facteurs de risque. Après une évaluation à l'effort du patient (épreuve d'effort cardio-respiratoire, test de marche), de nombreuses actions collectives (en groupe et individuelles) sont organisées, associant :

- activité physique variée et adaptée (prescription, surveillance cardiologique, progression, conseils pour la poursuite

dans la durée d'une activité physique régulière) ;

- adaptation des traitements médicamenteux (à visée cardiologique et pour le contrôle des facteurs de risque) ;
- interventions diététiques ;
- aide au sevrage tabagique ;
- prise en charge psychologique ;
- aide à la réinsertion professionnelle et/ou sociale et familiale.

Le patient est impliqué activement dans ce parcours grâce à une démarche d'éducation thérapeutique et de renforcement de motivation, l'objectif étant qu'il acquiert les compétences nécessaires à la poursuite d'une activité physique régulière à la sortie du centre pour une amélioration de son état de santé.

La réadaptation s'adresse aux patients diabétiques porteurs d'une pathologie cardiovasculaire (prévention cardiovasculaire secondaire), dans le respect des indications, mais également, au titre de la prévention cardiovasculaire primaire, en tant que patients à haut risque cardiovasculaire, en particulier lorsque les modifications comportementales (alimentaires, sevrage tabagique et pratique d'activités physiques régulières) sont de réalisation difficile sans accompagnement. La prise en charge ambulatoire est la règle dans cette indication de **classe I, grade A** [66].

**En conclusion :** des stratégies associant une prise en charge supervisée de l'activité physique en groupe et un support (social, familial, associations de patients, réseaux diabète...), avec acquisition des compétences nécessaires à l'amélioration de l'état de santé et à la gestion du diabète en particulier (importance de l'éducation thérapeutique), apparaissent comme les meilleurs garants d'une adoption et d'un maintien d'une activité physique régulière (**niveau d'évidence de grade B**).

## Prescription et surveillance d'une activité physique chez un patient DT2

### Dans quels cas faut-il faire un bilan avant activité physique chez le DT2 ?

Pour les sujets désirant participer à des activités physiques de faible intensité comme la marche, la décision revient

au clinicien de savoir s'il y a nécessité de rajouter d'autres investigations que celles déjà réalisées dans le cadre du bilan du diabète. En règle générale, la prescription d'une activité physique régulière ne modifie pas le rythme de la surveillance du bilan du diabète (vérification de l'équilibre métabolique, recherche de complications dégénératives).

En revanche, si le patient souhaite démarrer une activité physique d'intensité élevée, il peut y avoir indication à réaliser une épreuve d'effort. Celle-ci est également indiquée chez les patients potentiellement à très haut risque ischémique comme ceux ayant une longue durée d'exposition au diabète et qui présentent de multiples facteurs de risque associés mal contrôlés (voir les Recommandations conjointes de la SFC et de l'Alfediam (SFD) [55, 56]). Ces recommandations SFC/Alfediam prévoient le dépistage de l'ischémie silencieuse dans les catégories de patients suivantes :

- les DT2 à partir de 60 ans ou dont le diabète est diagnostiqué depuis plus de 10 ans et présentant au moins deux facteurs de risque cardiovasculaire traditionnels ;
- les DT2 âgés de plus de 45 ans et qui veulent reprendre une activité physique ;
- les DT2 quels que soient l'âge et les facteurs de risque, dès lors qu'existent une artériopathie des membres inférieurs, et/ou un athérome carotidien, et/ou un antécédent d'accident vasculaire cérébral ;
- les DT2 quels que soient l'âge et les facteurs de risque, dès lors qu'existe une protéinurie ou une insuffisance rénale ;
- les DT2 quels que soient l'âge et les facteurs de risque, dès lors qu'existent au moins deux facteurs de risque et une microalbuminurie.

### Interactions médicaments et activité physique

• **Les sulfamides hypoglycémiantes (SH)** sont capables d'induire une hypoglycémie lors de l'exercice lorsque les patients sont bien équilibrés et que l'exercice est de durée prolongée (> 60 minutes). Dans ces cas particuliers (patients bien équilibrés pratiquant de façon régulière l'activité physique), un ajustement des doses peut parfois être nécessaire, avec une diminution de la posologie (voire un arrêt) du SH précédant l'exercice. Il faut surtout surveiller la glycémie de début et de fin

d'exercice (et rajouter une collation de 20 grammes de glucides si la glycémie au cours, ou en fin d'exercice, est < 0,80 g/l).

• Le risque hypoglycémique lié à l'utilisation **des glinides** semblerait plus faible que celui associé aux SH, car ces molécules ont un effet plus rapide, plus bref et un pouvoir hypoglycémiant plus faible que les SH. Néanmoins, en l'absence de données objectives, la prudence s'impose et il est donc conseillé de réduire la posologie avant un exercice (bien qu'à notre connaissance, dans la seule étude qui ait recherché si les glinides pouvaient induire une hypoglycémie chez des patients DT2 lors d'un exercice musculaire de 60 minutes d'intensité modérée, les glinides n'ont entraîné l'apparition d'aucune hypoglycémie à la fin de la séance ou en soirée [67]).

• La diminution de la posologie **des biguanides, des inhibiteurs de l' $\alpha$ -glucosidase** (acarbose, miglitol) et **des médicaments dits « incrélines »** (agonistes du *glucagon-like peptide-1* [GLP-1] et inhibiteurs de la dipeptidyl peptidase IV [DPP-4]) n'est pas nécessaire, car il s'agit de molécules n'induisant aucun risque hypoglycémique.

Il est, par ailleurs, possible qu'une diminution des antidiabétiques oraux soit nécessaire après un certain temps, lorsque l'entraînement est efficace sur le contrôle métabolique [33].

• Enfin, lorsque le patient DT2 est **insulino-traité**, les conseils de diminution des doses d'insuline donnés aux patients diabétiques insulino-dépendants sont applicables. Le choix et la posologie de  $\beta$ -bloquants (dont l'indication incontournable est celle d'un angor chronique stable sous  $\beta$ -bloquants) doivent être adaptés afin de ne pas entraîner de limitation importante à l'exercice. En ce qui concerne le risque de masquer les signes d'hypoglycémie au cours des exercices prolongés, il faut surtout intensifier la surveillance glycémique chez ces sujets.

### En pratique

Les conseils d'activité physique sont déclinés sous forme de trois grands objectifs complémentaires [68] :

- lutter contre la sédentarité ;
- augmenter l'activité physique dans la vie quotidienne ;
- pratiquer des activités physiques et/ou sportives structurées.

### Lutter contre la sédentarité

L'objectif proposé est que le temps passé à des activités sédentaires soit diminué de 1 à 2 heures par jour pour arriver progressivement à un temps total sédentaire (entre le lever et le coucher) inférieur à 7 heures par jour (entre le lever et le coucher).

De plus, il est fortement conseillé de « rompre » les temps de sédentarité (par exemple les temps passés assis au bureau ou derrière l'ordinateur) par des pauses (*breaks*) d'au moins une minute pendant lesquels les sujets passent de la position assise ou couchée à la position debout avec une activité physique considérée comme faible au niveau intensité (par exemple, se lever pour ranger un livre).

### Augmenter l'activité physique dans la vie quotidienne

Les patients DT2 sont encouragés à augmenter leur activité physique au quotidien (activités dites non structurées) en privilégiant les déplacements à pied, ou prendre le vélo plutôt que la voiture, les escaliers à la place de l'ascenseur, etc. Une population peu active bénéficiera, sur le plan de nombreux paramètres de santé, d'une augmentation de la dépense énergétique des 24 heures, en utilisant toutes les opportunités d'augmenter sa dépense énergétique (quelle que soit l'intensité de l'exercice) indépendamment des effets sur le poids en particulier.

### Pratiquer des activités physiques et/ou sportives structurées

Ce qui signifie, en pratique, que cette activité physique structurée devrait être supervisée par un professionnel de l'activité physique adaptée au moins pour la première partie de démarrage de l'activité physique supervisée (6 semaines à 3 mois, en moyenne) (voir le paragraphe « *Les relais* »).

#### • La prescription d'activité physique devra se faire selon les règles suivantes.

– Il faut rappeler que les patients DT2 sont, le plus souvent, obèses et physiquement inactifs. **Il faut donc démarrer l'activité physique progressivement et de façon personnalisée.**

– **Le type d'activité** : la prescription la plus adaptée va associer les exercices d'endurance (marche à pied, vélo, nata-

tion) aux exercices contre résistance (renforcement musculaire)<sup>3</sup>.

– Pour le renforcement musculaire, les haltères ne sont pas indispensables : une bouteille d'eau (250 ml = 250 grammes, 500 ml = 500 grammes, etc.) ou un sac de riz peuvent être utilisés dans la vie de tous les jours.

– **L'intensité** : pour les exercices d'endurance, il faut privilégier les exercices d'intensité modérée (40 à 60 % de la  $VO_{2max}$ , ou 3-6 METs) et de durée prolongée ( $\geq 30$  minutes). Les exercices intenses ( $> 60$  % de la  $VO_{2max}$ , ou  $> 6$  METs, ce qui correspond pour le patient à un exercice qui fait transpirer et qui induit un essoufflement ; par exemple, certaines phases des jeux de balle) peuvent se concevoir de façon isolée ou en association à une activité d'endurance d'intensité modérée. Ils permettent de diminuer la durée d'activités physiques (3 fois 20 minutes à intensité élevée *versus* 5 fois 30 minutes d'intensité modérée par semaine).

– **La durée de l'exercice** : l'objectif est d'atteindre une durée d'au moins 150 minutes par semaine (en 3 à 7 fois) pour une activité physique d'intensité modérée ou 90 minutes par semaine (en 3 fois) pour une activité physique d'intensité plus importante. Chaque session, en particulier pour les activités physiques d'intensité modérée, peut être répartie en fractions de 10 minutes chacune.

– **La fréquence minimale recommandée** est de trois séances d'exercice par semaine, avec pas plus de deux jours consécutifs sans activité physique<sup>4</sup>.

– **La diversité** des activités physiques, l'absence de monotonie, l'aspect ludique favorisent l'observance à long terme.

3. Les activités portées (natation et autres activités aquatiques, vélo) sont celles qui paraissent les plus adaptées selon l'importance du surpoids. Le plus de l'activité aquatique est qu'elle permet d'associer l'endurance et la contre-résistance, l'eau permettant le travail en contre-résistance avec douceur.

4. Rappelons que l'efficacité de l'entraînement en endurance sur le contrôle glycémique serait propre à chaque séance d'exercice, ce qui souligne la nécessité de répéter les séances de façon rapprochée. En effet, les effets favorables métaboliques de l'exercice musculaire (augmentation de l'insulinosensibilité) sont de durée limitée dans le temps (maximum 30 heures), soulignant une fois de plus l'importance de la régularité de l'activité physique dans ce contexte.

#### • La surveillance.

– **Surveillance métabolique** : elle est indiquée au début de la pratique, à titre éducatif, pour que le patient puisse prendre conscience de l'effet de l'activité physique sur ses glycémies. L'autosurveillance glycémique (ASG), avant et après l'exercice, est également recommandée pour les patients DT2 à risque d'hypoglycémies (traitement par SH, glinides et/ou insuline) lorsqu'ils s'engagent dans une activité physique, surtout au moment de la période d'initiation ou lors de la réalisation d'un effort inhabituel et/ou de durée prolongée. Par la suite, lorsque le patient diabétique connaîtra ses réponses glycémiques à un type d'exercice donné, l'ASG pourra être allégée quand il réalisera ce type d'exercice.

– **L'utilisation d'un carnet de suivi** est conseillée pour noter la durée de séances et surtout les résultats de l'ASG avant et après l'exercice. L'intérêt de noter ces résultats est majeur : il permet au patient d'adapter ses doses d'hypoglycémifiants avec l'aide du diabétologue et, surtout, cette ASG démontre au patient les effets bénéfiques de l'activité musculaire sur ses glycémies.

À noter que le meilleur moment pour utiliser l'effet potentiellement hypoglycémiant des exercices d'endurance se situe en période post-prandiale<sup>5</sup>.

#### – Autres éléments de surveillance :

– examen soigneux des pieds avant et après l'exercice (neuropathie périphérique) ;

– équipement adéquat (en particulier, port de chaussures adaptées au sport pratiqué).

#### • Les relais

Le partenariat avec des relais (clubs, fédérations, associations) dont le programme et les activités sont adaptés aux problématiques des patients DT2 est

5. Le travail de Poirier *et al.* [69, 70] identifie clairement le rôle du statut nutritionnel sur l'effet potentiellement hypoglycémiant des exercices d'endurance. Ainsi, 1 heure d'exercice à 60 % de la  $VO_{2max}$  ne diminue pas la glycémie lorsque l'exercice est réalisé à jeun (médicaments non pris : SH, biguanides, ou les deux classes) chez des sujets DT2 traités par diététique et/ou agents hypoglycémifiants. En revanche, une baisse de 20-40 % est observée lorsque l'exercice est réalisé en post-prandial (entre 1 à 8 heures après la fin du repas).



## Conclusion

- L'activité physique joue un rôle majeur dans la prévention du diabète de type 2 chez les sujets à risque, ainsi que dans la prise en charge des patients diabétiques de type 2.
- Les effets de l'activité physique dépassent le cadre des effets sur l'insulino-résistance et l'aide à l'obtention d'un meilleur équilibre glycémique, car ils participent également au contrôle lipidique, du profil tensionnel et des co-morbidités associées au DT2, du risque cardiovasculaire et de la mortalité, tout en améliorant la qualité de vie.
- Nombre des effets favorables de l'activité physique sur l'état de santé peuvent être obtenus en l'absence de modification du poids.

Cependant, les effets favorables de l'exercice sont de durée limitée dans le temps, soulignant l'importance de la régularité de l'activité physique dans ce contexte et de son maintien à long terme. La pérennisation d'un mode de vie actif chez le patient DT2 nécessite, non seulement une coopération entre différents professionnels de santé, mais également la mise en place de partenariats avec les acteurs de l'activité physique et sportive dans la cité.

indispensable pour la pérennisation des changements de comportement d'activité physique et les inclure à long terme dans le quotidien des patients. L'instauration de contacts réguliers entre les professionnels de santé et les animateurs de ces relais est essentielle ; elle vise à sensibiliser et former les animateurs et à discuter des objectifs de la prise en charge. Ces relais sont idéalement des tremplins pour reprendre une activité, redonner confiance et amorcer le changement. L'EMS est l'un des partenaires-clés de la remise à l'activité physique de ces patients, du fait de ses compétences spécifiques en matière d'activité physique adaptée (APA).

### Déclaration d'intérêt

Les auteurs ont déclaré n'avoir aucun conflit d'intérêt en lien avec cet article.

### Comité de lecture

- **Professeur Olivier Ziegler**, Service de diabétologie-maladies métaboliques et maladies de la nutrition, Hôpital Brabois Adultes, CHU de Nancy, Vandœuvre-lès-Nancy.
- **Thierry Fauchard**, Conseiller technique national, EPMM (Entraînement physique dans le monde moderne)-Sports pour tous.

## Références

- [1] Gautier JF, Berne C, Grimm JJ, et al. Activité physique et diabète. *Recommandations de l'ALFEDIAM*. *Diabetes Metab* 1998;24:281-90.
- [2] Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, et al. Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2006;29:1433-8.
- [3] Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Expertise collective. *Activité physique – Contextes et effets sur la santé*. Collection
- [4] Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9 Suppl):S498-504.
- [5] Oppert JM. Sédentarité, inactivité physique et obésité. Chapitre 16. In: Basdevant A, Bouillot JL, Clément K, Oppert JM, Tounian P, éditeurs. *Traité de médecine et chirurgie de l'obésité*. Paris : Lavoisier Médecine Sciences, 2011.
- [6] Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exerc Sport Sci Rev* 2008;36:173-8.
- [7] McArdle W, Katch FI, Katch VL. *Physiologie de l'activité physique*. Énergie, nutrition et performance. Traduit par Nadeau M. Paris : Maloine/Edisem, 2001.
- [8] Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol* 1993;265:E380-91.
- [9] Coyle EF, Coggan AR, Hemmer MK, Ivy JL. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol* 1986;61:165-72.
- [10] Kang J, Robertson RJ, Hagberg JM, et al. Effect of exercise intensity on glucose and insulin metabolism in obese individuals and obese NIDDM patients. *Diabetes Care* 1996;19:341-9.
- [11] Kang J, Kelley DE, Robertson RJ, et al. Substrate utilization and glucose turnover during exercise of varying intensities in individuals with NIDDM. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:82-9.
- [12] Bergman BC, Butterfield GE, Wolfel EE, et al. Evaluation of exercise and training on muscle lipid metabolism. *Am J Physiol* 1999;276:E106-17.
- [13] Gulve EA. Exercise and glycemic control in diabetes: benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy. *Phys Ther* 2008;88:1297-321.
- [14] Kennedy JW, Hirshman MF, Gervino EV, et al. Acute exercise induces GLUT4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes* 1999;48:1192-7.
- [15] Perseghin G, Price TB, Petersen KF, et al. Increased glucose transport-phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects. *N Engl J Med* 1996;335:1357-62.
- [16] Pérez-Martin A, Raynaud E, Mercier J. Insulin resistance and associated metabolic abnormalities in muscle: effects of exercise. *Obes Rev* 2001;2:47-59.
- [17] Praet SF, van Loon LJ. Optimizing the therapeutic benefits of exercise in Type 2 diabetes. *J Appl Physiol* 2007;103:1113-20.
- [18] Wilmore JH, Costill DL. *Physiologie du sport et de l'exercice*. Traduit par Delamarche A, Delamarche P. Collection Sciences et Pratique du Sport. Bruxelles : De Boeck Université, 2002.
- [19] Pan XR, Li GW, Hu YH, et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study 2. *Diabetes Care* 1997;20:537-44.
- [20] Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG, et al.; Finnish Diabetes Prevention Study. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001;344:1343-50.
- [21] Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, et al.; Diabetes Prevention Program Research Group. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002;346:393-403.
- [22] Kosaka K, Noda M, Kuzuya T. Prevention of type 2 diabetes by lifestyle intervention: a Japanese trial in IGT males. *Diabetes Res Clin Pract* 2005;67:152-62.
- [23] Ramachandran A, Snehalatha C, Mary S, et al. The Indian Diabetes Prevention Programme shows that lifestyle modification and metformin prevent type 2 diabetes in Asian Indian subjects with impaired glucose tolerance (IDPP-1). *Diabetologia* 2006;49:289-97.
- [24] Laaksonen DE, Lindström J, Lakka TA, et al.; Finnish Diabetes Prevention Study. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes* 2005;54:158-65.
- [25] Lindström J, Ilanne-Parikka P, Peltonen M, et al.; Finnish Diabetes Prevention Study Group. Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention: follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *Lancet* 2006;368:1673-9.
- [26] Li G, Zhang P, Wang J, et al. The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: a 20-year follow-up study. *Lancet* 2008;371:1783-9.
- [27] Diabetes Prevention Program Research Group, Knowler WC, Fowler SE, Hamman RF, et al. 10-year follow-up of diabetes incidence and weight loss in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. *Lancet* 2009;374:1677-86.
- [28] Rana JS, Li TY, Manson JE, Hu FB. Adiposity compared with physical inactivity and risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care* 2007;30:53-8.
- [29] Hu FB, Li TY, Colditz GA, et al. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA* 2003;289:1785-91.
- [30] Hu FB. Sedentary lifestyle and risk of obesity and type 2 diabetes. *Lipids* 2003;38:103-8.
- [31] Thomas DE, Elliott EJ, Naughton GA. Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2006;(3):CD002968.

- [32] Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2011;305:1790-9.
- [33] Look AHEAD Research Group, Wing RR. Long-term effects of a lifestyle intervention on weight and cardiovascular risk factors in individuals with type 2 diabetes mellitus: four-year results of the Look AHEAD trial. *Arch Intern Med* 2010;170:1566-75.
- [34] Haffner SM, Lehto S, Rönnemaa T, et al. Mortality from coronary heart disease in subjects with type 2 diabetes and in nondiabetic subjects with and without prior myocardial infarction. *N Engl J Med* 1998;339:229-34.
- [35] Vergès B, Zeller M, Dentan G, et al. Impact of fasting glycemia on short-term prognosis after acute myocardial infarction. *J Clin Endocrinol Metab* 2007;92:2136-40.
- [36] Mittleman MA, Maclure M, Tofler GH, et al. Triggering of acute myocardial infarction by heavy physical exertion. Protection against triggering by regular exertion. Determinants of Myocardial Infarction Onset Study Investigators. *N Engl J Med* 1993;329:1677-83.
- [37] Pavy B, Iliou MC, Meurin P, et al.; Functional Evaluation and Cardiac Rehabilitation Working Group of the French Society of Cardiology. Safety of exercise training for cardiac patients: results of the French registry of complications during cardiac rehabilitation. *Arch Intern Med* 2006;166:2329-34.
- [38] Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, et al.; INTERHEART Study Investigators. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet* 2004;364:937-52.
- [39] Chow CK, Jolly S, Rao-Melacini P, et al. Association of diet, exercise, and smoking modification with risk of early cardiovascular events after acute coronary syndromes. *Circulation* 2010;121:750-8.
- [40] Myers J, Prakash M, Froelicher V, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002;346:793-801.
- [41] Cruickshanks KJ, Moss SE, Klein R, Klein BE. Physical activity and the risk of progression of retinopathy or the development of proliferative retinopathy. *Ophthalmology* 1995;102:1177-82.
- [42] Cruickshanks KJ, Moss SE, Klein R, Klein BE. Physical activity and proliferative retinopathy in people diagnosed with diabetes before age 30 yr. *Diabetes Care* 1992;15:1267-72.
- [43] Lazarevic G, Antic S, Vlahovic P, et al. Effects of aerobic exercise on microalbuminuria and enzymuria in type 2 diabetic patients. *Ren Fail* 2007;29:199-205.
- [44] Tufescu A, Kanazawa M, Ishida A, et al. Combination of exercise and losartan enhances renoprotective and peripheral effects in spontaneously type 2 diabetes mellitus rats with nephropathy. *J Hypertens* 2008;26:312-21.
- [45] Johansen KL. Exercise and dialysis. *Hemodial Int* 2008;12:290-300.
- [46] Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, et al. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications* 2006;20:216-23.
- [47] Armstrong DG, Lavery LA, Holtz-Neiderer K, et al. Variability in activity may precede diabetic foot ulceration. *Diabetes Care* 2004;27:1980-4.
- [48] Kanade RV, van Deursen RW, Harding K, Price P. Walking performance in people with diabetic neuropathy: benefits and threats. *Diabetologia* 2006;49:1747-54.
- [49] 2008 Physical Activity Guidelines for Americans. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. 2008 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services. www.health.gov/paguidelines/
- [50] Haskell WL, Lee IM, Pate RR, et al.; American College of Sports Medicine; American Heart Association. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:1423-34.
- [51] Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW, et al. Sedentary time and cardio-biomarkers in US adults: NHANES 2003-06. *Eur Heart J* 2011;32:590-7.
- [52] Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, et al.; American College of Sports Medicine; American Diabetes Association. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care* 2010;33:e147-e167.
- [53] Ciangura C, Oppert JM. Éducation thérapeutique dans la prise en charge des maladies métaboliques : le rôle de l'activité physique. In: Simon D, Traynard PY, Bourdillon F, Gagnayre R, Grimaldi A, éditeurs. *Éducation thérapeutiques : prévention et maladies chroniques*. 2<sup>e</sup> édition. Paris : Masson, 2009:127-37.
- [54] Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, et al. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *JAMA* 2007;298:2296-304.
- [55] Charbonnel B, Bouhanick B, Le Feuvre C; groupe de travail SFC/ALFEDIAM. Recommandations SFC/ALFEDIAM sur la prise en charge du patient diabétique vu par le cardiologue. *Diabetes Metab* 2004;30(Suppl.):2S2-2S24.
- [56] Puel J, Valensi P, Vanzetto G, et al.; ALFEDIAM; SFC. Recommandations conjointes SFC/ALFEDIAM. Identification de l'ischémie myocardique chez le diabétique. *Diabetes Metab* 2004;30(Suppl.):3S3-3S18.
- [57] Arena R, Myers J, Williams MA, et al.; American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation* 2007;116:329-43.
- [58] Tabet JY, Meurin P, Ben Driss A, et al. Determination of exercise training heart rate in patients on beta-blockers after myocardial infarction. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006;13:538-43.
- [59] DiClemente CC, Prochaska JO. Toward a comprehensive, transtheoretical model of change: stages of change and addictive behaviors. In: Miller WR, Heather N, editors. *Treating addictive behaviors*. 2<sup>nd</sup> edition. New York, NY: Plenum, 1998:3-24.
- [60] Duclos M, Coudeyre E, Ouchchane L. General practitioners' barriers to physical activity negatively influence type 2 diabetes patients' involvement in regular physical activity. *Diabetes Care* 2011;34:e122.
- [61] Sommer J, Gache P, Golay A. La communication professionnelle en santé. Chapitre 26. In: *L'enseignement thérapeutique et la communication du patient*. Québec : ERPI, 2005:656-91.
- [62] Miller WR, Rollnick S. *Motivational interviewing – Preparing people for change addictive behavior*. 2<sup>nd</sup> edition. New York, NY: Guilford Press, 2002.
- [63] Golay A, Lagger G, Giordan A. *Comment motiver le patient à changer*. Paris : Maloine, 2010.
- [64] Monpère C, Sellier P, Meurin P, et al. Recommandations de la société Française de Cardiologie concernant la pratique de la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte. Version 2. *Arch Mal Cœur Vaiss* 2002;95:963-97.
- [65] Balady GJ, Williams MA, Ades PA, et al.; American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention; American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation* 2007;115:2675-82.
- [66] Graham I, Atar D, Borch-Johnsen K, et al.; European Society of Cardiology (ESC); European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation (EACPR); Council on Cardiovascular Nursing; European Association for the Study of Diabetes (EASD); International Diabetes Federation Europe (IDF-Europe); European Stroke Initiative (EUSI); Society of Behavioural Medicine (ISBM); European Society of Hypertension (ESH); European Society of General Practice/Family Medicine (ESGP/FM/WONCA); European Heart Network (EHN). European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: executive summary. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Eur J Cardiovasc Prev Rehab* 2007;14(Suppl.2):E1-40.
- [67] Duclos M, Ouenoughi J, Penando C. Effet hypoglycémiant des gliptides au cours de l'exercice musculaire chez les DT2. *Diabetes Metab* 2010;36(Special issue 1):A76 [Abstract P160].
- [68] Oppert JM, Simon C, Riviere D, Guezennec CY. *Activité physique et santé. Arguments scientifiques, pistes pratiques. Les synthèses du Programme National Nutrition Santé. Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, France*. 2006. www.sante.gouv.fr/html/pointsur/nutrition/actions42\_activite.pdf.
- [69] Poirier P, Tremblay A, Catellier C, et al. Impact of time interval from the last meal on glucose response to exercise in subjects with type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab* 2000;85:2860-4.
- [70] Poirier P, Mawhinney S, Grondin L, et al. Prior meal enhances the plasma glucose lowering effect of exercise in type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1259-64.