

19

Obésité

L'augmentation généralisée de la prévalence de l'obésité a été qualifiée d'« épidémie » par l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2003 ; Inserm, 2000). Cette situation préoccupante concerne les pays industrialisés et en développement, les adultes et les plus jeunes. Parce qu'elle permet de moduler les dépenses d'énergie, l'activité physique apparaît comme un élément essentiel pour pallier le déséquilibre du bilan d'énergie amenant à la prise de poids et au développement de l'obésité. Dans ce domaine, en particulier chez l'adulte, les données actuelles indiquent que le volume d'activité physique permettant de prévenir la prise de poids, ou de prévenir la reprise de poids après amaigrissement, est plus élevé que celui obtenu par l'application des recommandations d'activité physique pour la population générale. Cependant, l'activité physique a des effets bénéfiques sur la santé indépendamment de ses effets sur le poids corporel lui-même et ceci s'applique aux personnes déjà en surpoids ou obèses.

Activité physique dans le contexte actuel de « l'épidémie » d'obésité

L'augmentation progressive du poids corporel conduisant à l'obésité résulte, de façon schématique mais incontournable, d'un déséquilibre à long terme du bilan d'énergie. Cette situation de bilan énergétique positif reflète une inadéquation des apports énergétiques en regard de la dépense d'énergie. Cette situation est d'abord la conséquence de modifications des médiateurs les plus immédiats du bilan d'énergie que sont les habitudes alimentaires et les profils d'activité physique (OMS, 2000). Il faut souligner que cette simplicité apparente ne réduit en rien la complexité de la physiopathologie et de la prise en charge clinique des obésités. En effet, les très nombreux facteurs en jeu – biologiques, de comportement et d'environnement – peuvent être considérés comme des modulateurs du bilan énergétique déterminant les variations du poids et de la composition corporelle.

Des modifications même mineures, mais prolongées, du niveau habituel d'activité physique ou des apports alimentaires peuvent avoir des conséquences

importantes sur le poids corporel et la prévalence de l'obésité dans la population (Hill et coll., 2003). Par exemple, d'après des calculs de Hill et coll. (2003), une augmentation de l'apport énergétique, ou une diminution de la dépense énergétique par l'activité physique, de l'ordre de seulement 100 kcal par jour pourrait théoriquement être suffisante pour expliquer la prise de poids moyenne au cours des dix dernières années aux États-Unis. De tels changements, minimes, sont cependant difficiles à mesurer avec les méthodes existantes, en particulier les instruments d'enquête disponibles pour l'évaluation des habitudes alimentaires et des habitudes d'activité physique en population (Oppert, 2001).

Tendances sociétales

Parallèlement à l'augmentation généralisée de la prévalence de l'obésité dans les pays industrialisés, et dans de nombreux pays dits en « transition économique », les dernières décades ont vu de profondes transformations des profils alimentaires et d'activité physique. Ce parallélisme suggère mais n'implique pas une relation de causalité. De façon générale, ces transformations rapides et globales comprennent : une désaffection des occupations à dépense énergétique (typiquement travaux agricoles) au profit des activités professionnelles du secteur des services à plus faible dépense énergétique, une diminution généralisée du niveau d'activité physique au sein de chaque type d'activité professionnelle, des modifications des modes de transport et des profils d'activité de loisirs en faveur d'occupations à plus faible dépense énergétique ainsi que la mécanisation de très nombreuses activités domestiques (Popkin, 2005).

Les analyses économiques récentes portant sur le « budget temps » au cours des quatre dernières décennies aux États-Unis indiquent la part croissante de temps quotidien consacrée aux loisirs et aux transports et, parallèlement, la diminution du temps dévolu aux activités de production au travail et au domicile (Sturm, 2004). De façon intéressante, ces données économiques mettent en avant la très forte croissance des industries liées aux loisirs, qu'il s'agisse de loisirs « actifs » (par exemple, articles de sport, équipements type clubs de gyms) ou de loisirs de type « passif » ou « sédentaire » (par exemple, spectacles sportifs, télévision câblée...). Cependant, les industries de loisirs qui avaient la plus forte croissance étaient celles liées à des occupations sédentaires (Sturm, 2004).

Asymétrie du contrôle de la prise alimentaire

L'inactivité physique n'est pas à elle seule la cause de l'obésité. La prise de poids prend place quand l'apport énergétique n'est plus adapté aux faibles besoins énergétiques de notre mode de vie sédentaire moderne. Différentes

données physiologiques soulignent l'importance de l'interaction entre inactivité physique et alimentation dense en énergie dans le développement de la prise de poids. Selon Prentice et Jebb (2004), les sujets actifs physiquement auront le plus souvent des besoins énergétiques supérieurs à l'offre alimentaire « habituelle » et leur homéostasie énergétique reposera en grande partie sur des signaux de faim, signaux qui sont puissants et efficaces. Au contraire, les sujets inactifs physiquement auront plutôt tendance à avoir des besoins énergétiques relativement bas par rapport à la « norme » de consommation alimentaire et leur régulation énergétique reposera sur des signaux de satiété, signaux souvent inefficaces. L'importance de l'activité physique et des comportements sédentaires en matière de contrôle du poids corporel doit donc être replacée dans la perspective de cette asymétrie du contrôle de la prise alimentaire favorisant la surconsommation passive d'aliments denses en énergie (Prentice et Jebb, 2004).

Activité physique et développement de l'obésité : études épidémiologiques

Différentes données d'études longitudinales, chez l'adulte et les plus jeunes, indiquent qu'un niveau faible d'activité physique habituelle mais aussi un niveau de sédentarité élevé est associé à une plus grande prise de poids avec le temps. Certaines données suggèrent également que l'augmentation du poids corporel (chez l'adulte) est associée à une diminution ultérieure de l'activité physique et de la capacité cardio-respiratoire. Il s'agit donc d'une relation complexe.

Études de type écologique

Les données épidémiologiques de type écologique sont peu nombreuses dans ce domaine. Dans une étude très souvent citée (Prentice et Jebb, 1995), l'augmentation de la prévalence de l'obésité au Royaume-Uni des années 1950 jusqu'au milieu des années 1990 était mise en parallèle avec l'augmentation d'indicateurs de comportement sédentaire tels que le nombre de voitures par foyer, un indicateur du coût énergétique de l'activité physique lors des transports, ou tels que le nombre d'heures passées devant la télévision par semaine. Les conclusions qui peuvent être tirées de ce type de données en terme de causalité restent cependant limitées.

Enquêtes européennes

Il y a très peu d'enquêtes au niveau européen ayant porté sur le niveau d'activité, ou d'inactivité physique, en relation avec le poids corporel ou le

statut pondéral. Dans une série d'articles concernant une enquête pan-européenne réalisée à la fin des années 1990 sur des échantillons représentatifs (méthode des quotas) d'environ 1 000 adultes dans chacun des 15 états membres, une faible participation à des activités physiques de loisirs était inversement associée à la prévalence de l'obésité (Martinez-Gonzalez et coll., 1999). D'autre part, le temps passé assis pendant les loisirs était positivement associé à l'indice de masse corporelle ($IMC = \text{poids (kg)} / \text{taille (m)}^2$) indépendamment de l'activité physique de loisir (Martinez-Gonzalez et coll., 1999). On peut remarquer que deux définitions différentes du mode de vie sédentaire ont été utilisées dans ces études. D'une part, le comportement sédentaire était défini par le fait de passer moins de 10 % de son temps de loisirs à des activités de valeur énergétique supérieure à 4 METs. D'autre part, le comportement sédentaire correspondait à l'absence d'activité physique de loisir et à un temps passé assis durant les loisirs au-dessus de la médiane des sujets de l'enquête, soit 6 heures par semaine. Ces deux indicateurs différents de comportement sédentaire étaient chacun associés positivement à l'obésité (Varo et coll., 2003). Dans cette enquête pan-européenne, le nombre d'heures passées en position assise au travail était également retrouvé associé positivement à l'obésité (Martinez et coll., 1999).

Études longitudinales

Dans différentes populations, un grand nombre d'études transversales retrouve une association inverse (et attendue) entre le niveau habituel d'activité physique et différents indicateurs d'obésité (pour revues : Di Pietro, 1999 ; Fogelholm et Vaino, 2002 ; Saris et coll., 2003 ; Wareham et coll., 2005). Les sujets en surpoids ou obèses ont également un niveau de capacité cardio-respiratoire plus faible que les sujets de poids normal (Farrell et coll., 2002). Les études longitudinales sont beaucoup moins nombreuses (Di Pietro 1999 ; Fogelholm et Vaino, 2002 ; Saris et coll., 2003 ; Wareham et coll., 2005). Les résultats de ces études prospectives suggèrent qu'un niveau élevé d'activité physique peut atténuer le gain de poids observé avec le temps chez l'adulte, sans permettre toutefois d'empêcher la prise de poids habituellement observée avec le temps.

En termes quantitatifs, une heure par jour supplémentaire de marche à un bon pas (*brisk walking*) était associée à une diminution d'environ 25 % du risque de devenir obèse ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$) après 6 ans de suivi chez les femmes de l'étude des infirmières américaines (*Nurses' Health Study*) (Hu et coll., 2003). Pour ce qui concerne les activités de la vie quotidienne, Wagner et coll. (2001) ont observé une association inverse entre le fait de marcher ou d'utiliser le vélo pour se rendre au travail et la prise de poids après 5 ans de suivi chez les hommes de l'étude franco-irlandaise Prime. Cette relation était cependant beaucoup plus forte pour la pratique d'activités physiques

d'intensité élevée au cours des loisirs. De façon générale, peu de ces études ont pris en compte simultanément le niveau habituel d'activité physique et les apports alimentaires. La possibilité d'une différence entre hommes et femmes en matière de relation entre faible niveau d'activité physique habituelle et gain de poids reste également mal documentée (Saris et coll., 2003).

Relation complexe

S'il apparaît intuitivement évident que les sujets inactifs physiquement sont plus à risque de prendre du poids au cours du temps que les sujets physiquement actifs, cette notion n'est cependant pas si simple à démontrer. En effet, la relation activité physique-obésité peut être considérée comme circulaire. Dans une étude danoise récente, la prise de poids au cours du temps était ainsi associée à une moins grande activité physique de loisirs à l'issue du suivi (Petersen et coll., 2004). De plus, peu d'études ont utilisé des mesures objectives d'activité physique, telles que par exemple des enregistrements par accélérométrie ou cardiofréquencemétrie. Ce type de mesure de l'activité physique serait nécessaire pour mieux comprendre, dans ce domaine, les relations entre la dose (d'activité physique) et la réponse (gain de poids corporel) (Wareham et coll., 2005).

Interactions entre activité physique et apports alimentaires en graisses

Peu des études disponibles ont pris en compte simultanément l'activité physique habituelle et les apports alimentaires (Jebb et Moore, 1999 ; Wareham et coll., 2005 ; Oppert et coll., 2006). Il faut souligner la grande hétérogénéité de ces études, tant pour le type et la taille des populations étudiées que pour les questionnaires utilisés pour le recueil des données d'activité physique et alimentaires ou pour les techniques d'analyse utilisées. Peu de ces études portaient sur des échantillons réellement représentatifs des populations des pays concernés.

Dans une étude prospective suédoise chez des femmes suivies pendant 6 ans, une interaction (au sens statistique) était mise en évidence entre l'activité physique habituelle et les apports énergétiques (et en graisses) : une prise de poids plus importante était associée avec un apport énergétique (et en graisses) plus élevé seulement dans le groupe des sujets dont l'activité physique initiale était la plus faible (Lissner et coll., 1997). Pour l'activité physique professionnelle, il n'était pas retrouvé de relation de ce type.

Quel que soit le « volume » d'activité physique nécessaire à la prévention du gain de poids, ou de la reprise de poids après amaigrissement, cette « dose » d'activité physique dépendra obligatoirement des apports alimentaires habituels de la population en question. Ceci signifie que le contexte nutritionnel au sens large doit nécessairement être pris en compte dans la discussion sur

l'activité physique nécessaire à la prévention de l'obésité. Dans cette perspective, les recommandations d'activité physique élaborées en Amérique du Nord pourraient ne pas être directement applicables à la situation observée en Europe. Ceci non pas parce que la physiologie de l'exercice serait différente entre ces populations, mais parce que la dépense d'énergie générée par l'activité physique a lieu à des niveaux différents d'apport énergétique.

Comportements sédentaires et gain de poids

Le temps passé à des occupations sédentaires, indépendamment du niveau habituel d'activité physique, est associé au gain de poids avec le temps, comme l'indiquent les résultats de différentes études prospectives. Ainsi, dans l'étude des infirmières américaines, il a été montré que 2 heures supplémentaires passées devant la télévision étaient associées à une augmentation de 25 % du risque de devenir obèse après 6 ans de suivi (Hu et coll., 2003). De façon importante, non seulement cette association était indépendante du niveau habituel d'activité physique mais également des apports alimentaires. Il est cependant probable que l'influence des comportements sédentaires sur le gain de poids soit médiée, au moins en partie, par les associations entre comportements sédentaires et d'autres comportements de santé tels que tabagisme, prise d'alcool... dont on sait qu'ils ont tendance à se regrouper (cluster) (OMS, 2000).

Études chez l'enfant

La relation entre la sédentarité et l'obésité des jeunes a fait l'objet d'une revue de la littérature récente de Must et Tybor (2005), qui conclut à partir d'études prospectives, que l'augmentation de l'activité physique et la réduction des comportements sédentaires sont protecteurs vis-à-vis de la prise de poids chez l'enfant et l'adolescent. Bien que le risque relatif de développer une obésité, représenté par l'*odds ratio*, ne soit pas toujours significatif, l'étude de Gortmaker et coll. (1996) montre que le risque de présenter une surcharge pondérale est 4,6 fois plus élevé pour les enfants regardant la télévision plus de 5 heures par jour comparativement aux enfants passant moins de 2 heures par jour devant l'écran. Dans le même ordre d'idée, chez les jeunes enfants australiens (6 ans) le risque de développer une surcharge pondérale à l'âge de 8 ans est augmenté de 40 % pour chaque heure supplémentaire passée devant la télévision (Burke et coll., 2005). Cette relation reste significative après ajustement au poids de naissance, à l'indice de masse corporelle maternel, au statut de fumeur de la mère et au niveau d'activité physique. Le lien entre le déclin de l'activité physique et l'augmentation de la corpulence a été souvent observé (Kimm et coll., 2005). De plus, plusieurs études transversales et longitudinales étayaient le lien entre sédentarité et masse grasse, confirmant la relation entre la sédentarité et l'obésité chez les jeunes et la relation inverse

avec les pratiques physiques ; bien que faibles, les relations statistiques sont la plupart du temps significatives (Marshall et coll., 2004 ; Must et Tybor, 2005 ; Wareham et coll., 2005). Abbott et Davies (2004) observent une relation statistique inverse entre le niveau d'activité physique et la surcharge pondérale (IMC : $r=-0,45$, $p<0,001$ et masse grasse : $r=-0,43$, $p<0,002$) chez des enfants âgés de 5 à 10 ans. De plus, cette association inverse entre l'activité physique et l'obésité est plus fortement démontrée avec l'intensité de l'activité physique qu'avec la quantité totale d'activité (Ness et coll., 2007). L'étude longitudinale « Framingham » fait état, après 1 an et 8 ans de suivi d'enfants âgés de 3 à 5 ans au début de l'étude, d'une corpulence et d'une adiposité inférieures chez les enfants les plus actifs comparativement aux enfants les plus sédentaires (IMC : 18,6 *versus* 20,3 et somme des plis cutanés : 74,1 *versus* 95,1 respectivement) (Moore et coll., 1995 et 2003). Ainsi, il est avéré que les enfants obèses sont moins actifs que leurs homologues normopondéraux quel que soit le sexe (Page et coll., 2005). Cependant, les études utilisées dans les méta-analyses (Marshall et coll., 2004) ou dans les revues de synthèse (Must et Tybor, 2005 ; Wareham et coll., 2005) ne permettent pas de déterminer si une activité physique réduite est la cause ou la conséquence de la surcharge pondérale chez les enfants et les adolescents. Des études complémentaires sont nécessaires pour établir les réelles relations entre activité physique, sédentarité et obésité de l'enfant et de l'adolescent.

Récemment, Taveras et coll. (2007) ont étudié les relations pouvant exister entre des indicateurs de sédentarité tels que les heures passées à regarder la télévision et l'activité physique chez des pré-adolescents âgés de 10 à 15 ans. Les résultats ne font pas état de relation significative entre les modifications de comportements sédentaires (diminution des heures passées devant la télévision) et l'activité physique. Ainsi, une heure de moins par semaine passée devant la télévision n'entraîne qu'une faible augmentation (2 minutes) de la pratique d'activité physique d'intensité modérée à intense.

Ces éléments accentuent l'idée que l'activité physique et la sédentarité sont bien des concepts différents et qu'une stratégie efficace nécessite une intervention tant sur la diminution des comportements sédentaires que sur l'augmentation de l'activité physique (Ekelund et coll., 2006).

Conséquences de l'activité physique de l'enfant sur le risque ultérieur d'obésité

Un niveau élevé de capacité cardio-respiratoire pendant l'enfance ou l'adolescence est associé à un plus faible pourcentage de graisse corporelle et à un profil de risque cardiovasculaire plus faible (Brage et coll., 2004). D'après une revue de synthèse récente (Must et Tybor, 2005), les données des études prospectives chez les jeunes suggèrent que l'augmentation de l'activité physique et la diminution des comportements sédentaires sont protectrices vis-à-vis du gain de poids durant l'enfance et l'adolescence. Ces effets

étaient cependant considérés comme d'amplitude modeste. De façon intéressante, certaines données suggèrent que le niveau habituel d'activité physique pendant l'enfance ou l'adolescence serait associé à la composition corporelle à l'âge adulte (Wareham et coll., 2005). Certaines études longitudinales suggèrent qu'un niveau faible de capacité cardio-respiratoire pendant l'enfance et l'adolescence est associé ultérieurement à différents facteurs de risque cardiovasculaire tels que l'hypertension, les dyslipidémies et l'obésité. Ces données dans leur ensemble plaident pour que les mesures préventives puissent être mises en place précocement.

Activité physique, prévention de l'obésité et de ses comorbidités

Si on manque encore de données solides démontrant, avec la méthode des interventions par essais randomisés, le rôle de l'activité physique dans la prévention de l'obésité, les bénéfices en termes de santé d'une activité physique d'intensité modérée sur une base régulière, par exemple la diminution du risque de mortalité cardiovasculaire, s'appliquent à tous les sujets indépendamment de leur statut pondéral.

Prévention du gain de poids et de la reprise de poids

Il n'y a pas de consensus ni de valeur reconnue concernant le volume d'activité physique nécessaire à la prévention du gain de poids au niveau de la population. L'allure de la courbe dose-réponse n'est pas non plus définie de façon claire. Ce champ apparaît d'une grande complexité, en particulier si l'on prend en compte le fait qu'il devient de plus en plus difficile d'équilibrer les apports et les dépenses énergétiques dans un environnement d'abondance alimentaire et d'activité physique réduite (Blair et coll., 2004).

Un point essentiel à reconnaître est que les recommandations d'activité physique pour la population générale développées dans le rapport du *Surgeon General* des États-Unis (*US Department of Health and Human Services*, 1996) ou dans la publication CDC/ACSM (Pate et coll., 1995) – à savoir 30 minutes par jour d'activité d'intensité modérée la plupart des jours de la semaine – étaient d'abord centrées sur la dose d'activité physique nécessaire à la prévention des pathologies chroniques en général, sans s'adresser spécifiquement à la question de la prise en charge du surpoids et de l'obésité, ni à celle du contrôle du poids corporel (Blair et coll., 2004) (voir le chapitre sur les recommandations d'activité physique en population générale).

Dans un document de consensus publié en 2003 par l'Association internationale d'étude de l'obésité (*International Association for the Study of Obesity*, IASO) (Saris et coll., 2003), la contribution importante de ces 30 minutes

d'activité d'intensité modérée au maintien de la santé en général est reconnue, même chez les sujets en surpoids et obèses. Cependant, et c'est là le point critique, ce volume d'activité pourrait être insuffisant chez un certain nombre de sujets pour permettre de maintenir leur poids sur le long terme. Chez ces sujets, une augmentation de l'activité physique habituelle (augmentation de la durée, par exemple 45 à 60 minutes d'activité modérée par jour et/ou de l'intensité), ou une diminution des apports énergétiques, est donc recommandée pour la prévention du gain de poids chez l'adulte (Fogelholm et Kukkonen-Harjula, 2000 ; Saris et coll., 2003).

Concernant la reprise de poids après amaigrissement, il n'y a pas encore non plus de consensus sur le volume d'activité physique permettant la prévention de la reprise de poids après amaigrissement. Cependant, différentes données suggèrent qu'il serait nécessaire de pratiquer au moins 60-90 minutes d'activité d'intensité modérée, ou des volumes moins importants d'activité d'intensité élevée, chez l'adulte, dans le but de maintenir le poids après perte initiale (Saris et coll., 2003).

Prévention des comorbidités de l'obésité

Le diabète de type 2 est une complication majeure de l'obésité (OMS, 2000). Dans ce domaine, il a été montré par plusieurs essais contrôlés randomisés dont les résultats sont concordants, que des modifications du mode de vie, incluant une augmentation de l'activité physique habituelle, pouvaient prévenir, ou retarder, le développement d'un diabète de type 2 chez des sujets à risque (intolérants au glucose) indépendamment du statut pondéral (Tuomilehto et coll., 2001 ; Knowler et coll., 2002). De plus, dans une analyse récente de l'un de ces essais d'intervention (étude finlandaise *Diabetes Prevention Study*), il a été montré que la seule pratique d'une activité physique d'intensité modérée était déjà associée à une réduction importante du risque de diabète de type 2 (Laaksonen et coll., 2005). Toutes ces données sont parmi les plus importantes publiées au cours des dernières années dans le champ du mode de vie et de ses conséquences sur la santé. Ceci démontre en effet avec le niveau de preuve d'une intervention randomisée contrôlée qu'une augmentation de l'activité physique dans la vie habituelle peut avoir un impact majeur sur l'état de santé des individus et des populations.

Il a été montré plus récemment qu'un faible niveau de capacité cardio-respiratoire était un puissant prédicteur de l'incidence du syndrome métabolique, chez l'homme comme chez la femme (LaMonte et coll., 2005). Ceci pourrait représenter un des mécanismes à l'origine de l'augmentation du risque cardiovasculaire chez les sujets avec faible niveau de capacité cardio-respiratoire (condition physique). De plus, la capacité cardio-respiratoire apparaît associée à un moindre risque de mortalité (totale) indépendamment du statut pondéral ou de la présence d'un syndrome métabolique, pour le sexe masculin (Katzmarzyk et coll., 2005).

Les bénéfices en termes de santé cardiovasculaire d'une activité physique au moins modérée paraissent s'appliquer à tous les sujets indépendamment du statut pondéral. Les données de plusieurs études indiquent en effet que les sujets en surpoids ou obèses avec des niveaux de capacité cardio-respiratoire modérés à élevés, ou qui sont actifs physiquement, ont un risque de mortalité (toutes causes et cardiovasculaire) plus faible que les sujets de corpulence normale qui sont inactifs physiquement ou avec de faibles niveaux de capacité cardio-respiratoire (Wei et coll., 1999 ; Blair et coll., 2004). Une activité physique, au moins modérée et régulière, pourrait ainsi accroître la longévité chez les sujets obèses indépendamment de leur statut pondéral et d'une perte de poids.

Importance de la réduction de la sédentarité chez les enfants

Dans une étude contrôlée randomisée réalisée par Robinson (1999), l'effet d'une réduction du temps de télévision, vidéo ou jeux vidéo sur la corpulence a été évalué chez 106 élèves d'une école primaire de l'état de Californie. Cent vingt et un élèves d'une école voisine ont servi de témoins. L'âge moyen de ces enfants était de 9 ans. L'intervention consistait en 18 cours sur une durée de 6 mois, inclus dans l'emploi du temps habituel et destinés à limiter le temps de télévision et vidéo à 7 heures hebdomadaires. Par comparaison avec le groupe témoin, il était observé dans le groupe intervention une diminution significative de l'IMC, du pli cutané tricipital, de la circonférence de la taille et du rapport taille/hanches (différences entre groupes après ajustement sur le sexe, l'âge et l'IMC initiaux, respectivement de $-0,45 \text{ kg/m}^2$, $-1,47 \text{ mm}$, $-2,3 \text{ cm}$, $-0,02$). Le nombre de repas pris devant la télévision était également significativement diminué chez les enfants du groupe intervention.

Il y a peu d'études publiées ayant démontré une efficacité dans la prévention de l'obésité chez les jeunes mais de nombreux travaux sont en cours (Katzmarzyk et coll., sous presse). Ainsi, par exemple, en France, l'étude ICAPS⁵⁸ (Simon et coll., 2004 et 2006) portant sur l'augmentation de l'activité physique dans le cadre scolaire mais en dehors des heures d'éducation physique et sportive, et sur la diminution de la sédentarité a permis une diminution significative de l'incidence de l'obésité après 4 ans de suivi chez des collégiens du Bas-Rhin qui étaient de poids normal à l'entrée dans l'étude (Katzmarzyk et coll., sous presse).

58. ICAPS : Intervention auprès des Collégiens centrée sur l'Activité Physique et le Comportement Sédentaire

Activité physique dans la prise en charge de l'adulte obèse

Dans le cadre de la prise en charge globale des patients obèses, l'activité physique participe au maintien du poids au décours d'une perte de poids initiale, par des mécanismes à la fois physiologiques et psychologiques. De plus, l'activité physique permet de réduire le risque cardiovasculaire, en partie indépendamment des variations de poids, et est associée à une augmentation de la qualité de vie (Oppert et Dalarun, 2004).

La perte de poids obtenue en associant régime et programme d'activité physique est supérieure à celle résultant du régime seul, la différence entre les deux types de prises en charge n'étant cependant que de l'ordre de quelques kg (Wing, 1999). Cet effet de l'activité physique sur la perte de poids reste donc modeste. Une explication en est que la dépense énergétique supplémentaire induite par l'activité physique reste quantitativement limitée par rapport à la dépense énergétique de base des 24 heures. Pour obtenir une perte de poids importante, il faudrait pratiquer plusieurs heures d'entraînement intensif par jour, ce qui est bien entendu impossible pour une majorité de patients obèses. En termes de bilan des substrats énergétiques, il faut noter que l'exercice physique est le seul moyen d'augmenter l'oxydation des substrats lipidiques. L'oxydation lipidique est la plus élevée, en valeur relative, pour des efforts d'intensité modérée mais prolongés (Saris, 1998).

La perte de masse maigre sous régime seul est de l'ordre de 25 % du poids perdu alors qu'elle est de 12 % seulement quand le régime est associé à un programme d'activité physique de type endurance (Ballor et Poehlmann, 1994). Cet effet sur la composition corporelle est important car une diminution de masse maigre est associée, non seulement à une réduction de la dépense énergétique pouvant favoriser la reprise de poids ultérieure, mais également à une altération potentielle des capacités fonctionnelles du patient. Par ailleurs, l'effet de l'activité physique en termes de réduction de la masse grasse viscérale abdominale, indépendamment de la perte de masse grasse totale, reste discuté (Ross et Janssen, 2001).

Le maintien du poids ou la moindre reprise de poids après une perte de poids initiale représente un des intérêts majeurs de l'activité physique dans la prise en charge des patients obèses (Fogelholm et Kukkonen-Harjula, 2000 ; Hill et Wyatt, 2005). Le niveau de dépense énergétique due à l'activité physique correspondant au seuil de maintien du poids (ou une moindre reprise de poids) est encore mal défini.

Différentes anomalies liées au syndrome d'insulino-résistance ou syndrome métabolique (tolérance au glucose, profil lipidique, pression artérielle) sont améliorées par la pratique régulière d'une activité physique d'intensité modérée. Le point important dans ce domaine est que, chez les patients obèses non diabétiques, des modifications favorables de la sensibilité à

l'insuline, de la tolérance au glucose et du profil lipidique sous l'effet d'un entraînement régulier peuvent être observées indépendamment des modifications du poids ou de la masse grasse et en l'absence de modifications majeures de la capacité cardio-respiratoire (VO_2 max) (Després et Lamarche, 1993).

De façon générale, l'activité physique peut avoir des effets positifs sur le plan psychologique en améliorant l'humeur, la sensation de bien-être et l'estime de soi (*US Department of Health and Human Services*, 1996). Il n'est pas nécessaire de pratiquer une activité physique d'intensité élevée pour obtenir ce type de bénéfices psychologiques qui pourraient être associés à une meilleure adhérence aux conseils diététiques. Dans le cas spécifique des patients obèses, ces effets demandent toutefois à être mieux précisés (Oppert et Dalarun, 2004).

Sur le plan pratique, la difficulté dans tous les cas est d'inciter des sujets « inactifs et sédentaires » à reprendre goût au mouvement et à devenir au moins modérément actifs, de façon régulière dans leur vie quotidienne, à long terme. Il s'agit d'intégrer l'activité physique dans le registre du bien-être autant que dans celui de l'amélioration de l'état de santé (Oppert et Dalarun, 2004). Les conseils visent à remobiliser, à limiter la sédentarité et à promouvoir une activité physique d'intensité modérée sur une base régulière. L'aide du kinésithérapeute ou du psychomotricien peut être précieuse en particulier dans les situations d'obésité massive et/ou quand le patient est peu motivé. Pour améliorer la compliance, les conseils sont à individualiser et à réévaluer en fonction de chaque patient, après une évaluation initiale détaillée de l'activité physique habituelle, des capacités fonctionnelles, des obstacles et de la motivation. Les conseils d'activité physique doivent être considérés dans une perspective de progression individuelle visant la réorganisation du mouvement dans ses aspects moteurs et sensoriels.

Activité physique dans la prise en charge de l'enfant et de l'adolescent obèses

L'intérêt de l'activité physique dans le traitement de l'obésité infantile n'est plus à démontrer. Les effets de la pratique d'activité physique sont multiples et portent sur la composition corporelle, les profils métaboliques et les facteurs psychologiques. La meilleure stratégie de prise en charge repose sur la réduction des comportements sédentaires, sur l'intensification de l'activité physique associée à l'amélioration de l'alimentation.

Dans la prise en charge de l'obésité infantile, l'association de l'intensification de l'activité physique et/ou la réduction des comportements sédentaires à une restriction alimentaire représente la meilleure stratégie. Dans ce

contexte les relations qui unissent l'activité physique, la sédentarité et l'alimentation (en particulier la régulation de l'appétit) restent à élucider. Des études récentes permettent d'affiner les prescriptions d'activité physique en précisant les modalités d'application. La prise en compte de certains déterminants, tels que l'accès aux lieux de pratique physique, le soutien du milieu familial, comme facteurs de réussite est fondamentale, mais reste un important champ d'investigation. En effet, la réussite de la prise en charge de l'enfant et de l'adolescent obèse repose sur la stabilisation de la masse corporelle par la pérennisation d'une pratique physique et d'une alimentation adaptée à long terme. Toute la difficulté réside dans la modification des comportements (sédentarité, activité physique et alimentation) et dans l'individualisation des activités physiques pour que les enfants continuent de pratiquer après le traitement.

Lutte contre la sédentarité

La prescription de l'activité physique pour le traitement de l'obésité infantile repose en partie sur la promotion d'une activité physique spontanée fondée sur une modification des habitudes de sédentarité (Epstein et coll., 1998).

Ces éléments suggèrent deux types d'actions : diminuer le temps passé à des comportements sédentaires et/ou augmenter l'activité physique.

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'intérêt des interventions visant à réduire les activités sédentaires chez les enfants, en particulier le temps passé à regarder la télévision et à jouer aux jeux vidéo, pour la diminution de la prévalence de l'obésité infantile (Robinson, 1999 ; Epstein et coll., 2000). Il ne fait aucun doute à l'heure actuelle que cette stratégie est à promouvoir.

Cependant, il reste à savoir si l'augmentation de l'activité physique engendre une réduction proportionnelle des comportements sédentaires. L'étude récente de Epstein et coll. (2005) a montré que la relation entre sédentarité et activité physique est asymétrique. Ainsi, l'augmentation de la sédentarité entraîne une importante diminution de l'activité physique. À l'opposé, une augmentation de l'activité physique n'engendre qu'une faible diminution des comportements sédentaires. Autrement dit, la diminution de l'activité physique entraînée par l'augmentation de la sédentarité est plus importante que la diminution des comportements sédentaires engendrée par une augmentation de l'activité physique.

Epstein et coll. (1995) ont étudié les effets de la diminution des comportements sédentaires et de l'augmentation de l'activité physique sur la masse grasse, chez des enfants obèses de 8 à 12 ans. Mesurée par impédancemétrie, la masse grasse était significativement plus faible chez les sujets qui ont réduit leurs comportements sédentaires (-4,8 %) que chez les sujets qui ont augmenté leur activité physique (-1,2 %).

Effets de l'activité physique au niveau énergétique

Le rôle de l'activité physique dans la prévention et la prise en charge de l'obésité de l'enfant et de l'adolescent est majeur. L'objectif assigné à l'activité physique est double : une action directe d'ordre quantitatif en augmentant la dépense énergétique totale et d'ordre qualitatif en améliorant l'utilisation des lipides et une action indirecte sur les paramètres régulateurs de la prise de poids tels que la prise alimentaire.

Dépense énergétique

Dans la prise en charge de l'obésité infantile, l'activité physique a plusieurs fonctions : d'une part l'augmentation de la dépense énergétique en accentuant la participation des lipides dans la fourniture d'énergie, et d'autre part la stimulation de la masse musculaire. Les dépenses énergétiques liées aux activités physiques résultent des petits mouvements d'activités spontanées (*fidgiting*) et des activités physiques volontaires. Ces dernières représentent la composante la plus variable de la dépense énergétique journalière, de 15 à 30 % selon les individus, et dépendent principalement des niveaux habituels d'activité physique (sédentaire, modérément actif ou actif) et du sexe (Ravussin et coll., 1992).

Diverses études ayant comparé la durée des activités physiques pratiquées par des enfants ou des adolescents non-obèses ou obèses et les dépenses énergétiques correspondantes fournissent des informations intéressantes mais apparemment contradictoires. Selon différents auteurs (Maffeis et coll., 1997 ; Dietz et Gortmaker, 2001), le pourcentage de masse grasse est directement proportionnel au temps consacré aux activités sédentaires, tandis que pour d'autres la quantité totale des activités physiques (Davies et coll., 1995) et le temps consacré aux activités physiques modérées représentent les facteurs les plus importants (Dionne et coll., 2000 ; McMurray et coll., 2000).

Cependant, une plus grande sédentarité des sujets obèses ne correspond pas forcément à une moindre dépense énergétique journalière. En effet, plusieurs études ne montrent pas de différence significative de dépense énergétique journalière, de dépense énergétique liée aux activités physiques et de niveau d'activité physique entre des enfants normo-pondéraux et des enfants obèses (Bandini et coll., 1990 ; DeLany et coll., 1995 ; Maffeis et coll., 1996 ; Treuth et coll., 1998a). Le déplacement du corps représente un travail plus important et donc une dépense énergétique plus élevée par unité d'exercice et de temps, pour un sujet obèse comparativement à un sujet normo-pondéral (Maffeis et coll., 1993). Pour ces raisons, la réduction du temps consacré aux activités physiques plus que la variation de dépense énergétique journalière, semble expliquer la prise de masse corporelle des enfants (Ekelund et coll., 2002).

La relation existant entre l'activité physique spontanée et l'activité physique encadrée pose également question. L'étude de Wilkin et coll. (2006) montre

que la quantité hebdomadaire d'activité physique mesurée par accélérométrie n'est significativement pas différente entre des groupes d'enfants pré-pubères (≈ 6 ans) qui pratiquent 9 h, 2,2 h ou 1,8 h d'activité physique à l'école. Ce constat va dans le sens d'un rééquilibrage involontaire entre l'activité physique encadrée et l'activité physique spontanée. Cette hypothèse semble confirmée par l'étude de Donnelly et coll. (1996) chez des enfants plus âgés (8-10 ans), qui montre que les enfants ayant participé à un programme d'activité physique avaient par ailleurs diminué leur activité physique en dehors de l'école.

Substrats énergétiques

Plusieurs travaux ont montré que les interventions portant sur l'activité physique n'entraînaient pas ou peu d'augmentation de la dépense énergétique journalière (Blaak et coll., 1992; Treuth et coll., 1998a). L'activité physique ne peut être efficace pour traiter l'obésité que si elle a un effet sur la masse grasse (Inserm, 2000). Il est donc fondamental de s'intéresser à la contribution respective des lipides et des glucides à la production d'énergie. Cette participation dépend de l'intensité de l'exercice réalisé qui va en conditionner la durée (Brooks et Mercier, 1994). Au repos, les lipides sont les sources énergétiques principales des muscles non actifs à hauteur de 60 % (Brooks, 1997) et chez la personne non obèse l'intensité relative pour laquelle l'oxydation des lipides est maximale se situe approximativement à 50 % des capacités maximales chez l'enfant et à 45 % chez l'adulte (Perez-Martin et coll., 2001 ; Ridell et coll., 2004). L'activité physique à faible intensité favorise la mobilisation et l'utilisation des lipides au cours de l'exercice, tant chez la personne obèse (Brandou et coll., 2003) que chez le sujet normo-pondéral (Klein et coll., 1994 ; Jeukendrup et coll., 1998). L'augmentation de l'intensité de l'exercice entraîne une utilisation de plus en plus prépondérante des glucides au détriment des lipides (Brooks, 1997). De plus, la capacité à mobiliser et à utiliser plus ou moins les lipides en fonction de l'intensité et de la durée de l'exercice est dépendante des stades de maturation des enfants et adolescents (Stephens et coll., 2006).

Régulation de l'appétit

La relation entre la dépense énergétique liée à l'activité physique et l'apport alimentaire d'énergie est un thème classique des recherches s'intéressant à la balance énergétique. L'activité physique a le potentiel de réguler le contrôle de l'appétit par l'augmentation de la sensibilité des signaux physiologiques de la satiété, en ajustant la préférence des macronutriments ou le choix des aliments, et en altérant la réponse hédoniste à l'alimentation (Blundell et coll., 2003).

La nature de la relation entre l'activité physique et l'appétit reste à élucider. Les données discordantes peuvent être expliquées par des durées d'intervention différentes et par la diversité des variables (quantité d'énergie totale,

nature des aliments...) et des marqueurs biologiques (leptine, adiponectine, ghréline...) étudiés.

Les personnes dont l'activité physique pratiquée a un coût énergétique élevé bien qu'inférieur à 4 MJ par jour pendant 14 jours ne montrent aucune modification dans les apports alimentaires (Blundell et coll., 2003). En revanche, la pratique d'une activité physique intense s'accompagne d'une réduction de l'appétit à court terme (Blundell et King, 1999). Cependant, plus globalement les résultats analysant la relation entre activité physique et apports alimentaires restent très divergents avec seulement 19 % des études d'intervention rapportant une augmentation des apports nutritionnels après exercice, 65 % ne montrant pas de modification et 16 % faisant état d'une diminution de l'alimentation (Blundell et King, 1999).

À l'heure actuelle où la prévalence de l'obésité augmente, où l'activité physique diminue et où la consommation alimentaire est élevée, la relation entre l'activité physique et le contrôle de l'appétit a besoin de plus de recherches. Ainsi, les mécanismes à partir desquels l'activité physique et l'alimentation interagiraient pour favoriser la prise de poids et l'apparition de complications métaboliques et vasculaires associées à l'obésité reste un champ à explorer.

De nombreuses études ont porté sur la régulation de l'appétit par des hormones telles que la ghréline, mais surtout la leptine. La leptine est un marqueur des variations des stocks énergétiques et son rôle apparaît important tant au niveau de la prise alimentaire (action inhibitrice) que de la dépense énergétique (action stimulatrice) par l'intermédiaire de son interaction avec ses récepteurs spécifiques de l'hypothalamus. Elle active les voies anorexigènes et inhibe les voies orexigènes. Les études récentes ont mis en évidence une protéine agissant au niveau musculaire en accélérant le métabolisme des graisses tout en limitant l'appétit, appelée le facteur neurotrophique ciliaire. Cette protéine active l'AMP kinase, une enzyme qui augmente la capacité à métaboliser les lipides (Watt et coll., 2006).

Le contrôle central de l'appétit « appestat » est un concept reconnu. L'existence d'un mécanisme correspondant pour l'activité physique « activitystat » (Metcalf et coll., 2004 ; Wilkin et coll., 2006) qui contrôlerait la dépense d'énergie semble intuitivement probable, mais n'a jamais été démontré. Cette question ouvre un vaste champ d'investigation tant sur l'étude des mécanismes régulateurs de la dépense énergétique que sur les mécanismes qui contrôlent la relation entre activité physique et appétit.

Bénéfices de l'activité physique au niveau physique, physiologique et psychologique

La restriction alimentaire représente le moyen le plus développé de prise en charge de l'obésité de l'enfance à l'âge adulte. Les effets délétères des

restrictions énergétiques chez l'enfant sont nombreux et non négligeables : réduction de la masse maigre, du métabolisme de base, des troubles du comportement alimentaire, ralentissement de la croissance... L'objectif du traitement de l'obésité chez l'enfant et l'adolescent n'est pas tant d'obtenir une perte de masse corporelle que de limiter cette dernière. L'activité physique représente donc un intérêt particulier puisqu'elle fait appel aux réserves énergétiques (tissus adipeux entre autres) et qu'elle pourrait contrecarrer les effets délétères de la restriction alimentaire en stimulant la masse musculaire (Ballor et Poehlman, 1994).

Activité physique sans restriction alimentaire

Aujourd'hui, de nombreuses études montrent que l'activité physique pratiquée régulièrement est bénéfique pour la santé globale des jeunes et des moins jeunes, obèses ou non obèses (Blair et coll., 1989 ; Lee et Paffenbarger, 2000 ; Twisk, 2001 ; Andersen et coll., 2006).

L'activité physique seule a peu ou pas d'effet sur la variation de masse corporelle des jeunes obèses (Epstein, 1995). La majorité des études s'intéressant à l'obésité infantile utilise les exercices musculaires de type endurance c'est-à-dire aérobie, pour leur qualité à augmenter la dépense énergétique. La récente revue de Watts et coll. (2005) fait état de peu d'études contrôlées et souligne la pauvreté des références ayant étudié spécifiquement l'effet de l'activité physique. Sur les 11 études référencées avec un groupe témoin, 9 montrent une diminution significative de la masse grasse totale entre 1,6 à 4,1 % (% masse grasse par DEXA ou somme des plis cutanés) pouvant atteindre une diminution de 16,1 % du tissu adipeux abdominal (Owens et coll., 1999) suite à un programme d'activité physique basé sur des exercices aérobies. Dans le même ordre d'idée, la masse maigre est augmentée sur la même période pour les études qui ont pu l'évaluer.

Les études contrôlées ayant mis en place un programme d'activité physique de renforcement musculaire ou combinant aérobie et résistance sont rares. Treuth et coll. (1998b) ont étudié l'effet d'un entraînement de renforcement musculaire d'une durée de 5 mois chez des jeunes filles obèses pré-pubères (7-10 ans). Leurs résultats ne font pas état de modification de composition corporelle chez les filles entraînées comparativement aux filles non entraînées (masse maigre, masse grasse, tissu adipeux sous-cutané, graisse abdominale inchangés). Une étude originale de Watts et coll. (2004a) associe dans le programme d'activité physique, des exercices aérobies et des exercices de résistance. Après 8 semaines d'entraînement, la graisse abdominale a significativement diminué chez les adolescents obèses (12-16 ans), alors que la masse corporelle et l'IMC n'ont pas été modifiés. La méta-analyse de Atlantis et coll. (2006) portant sur l'effet spécifique de l'activité physique dans le traitement de l'obésité chez les jeunes (environ 12 ans) confirme ces résultats.

Bien que les performances physiques soient inférieures chez les enfants obèses comparativement à des enfants non-obèses (Graf et coll., 2004), les aptitudes musculaires de force et de puissance sont supérieures chez l'enfant obèse lorsque les variables sont exprimées en valeurs absolues, inférieures lorsqu'elles sont normalisées à la masse corporelle et identiques lorsqu'elles sont relativisées à la masse maigre (Blimkie et coll., 1989 ; Duché et coll., 2002). Concernant les aptitudes cardio-respiratoires sous-maximales ou maximales, les performances des enfants obèses sont significativement plus faibles que celles des enfants normo-pondéraux (Maffei et coll., 1997 ; Goran et coll., 2000). Le coût métabolique plus élevé pour une activité donnée chez le sujet obèse explique une fréquence cardiaque plus élevée (Norman et coll., 2005), une fréquence cardiaque maximale plus faible, une fréquence cardiaque de réserve plus basse (Goran et coll., 2000) et une efficacité myocardique plus faible (Peterson et coll., 2004). L'aptitude cardio-respiratoire est directement corrélée avec le pourcentage de masse grasse (Nassis et coll., 2005). Autrement dit, la difficulté à réaliser un exercice physique aérobique serait principalement due à une demande métabolique très élevée pour « supporter » la surcharge pondérale plutôt qu'à une véritable diminution de l'aptitude cardio-respiratoire (Goran et coll., 2000).

Très peu d'études se sont intéressées à l'effet isolé de l'activité physique en absence de restriction alimentaire sur les aptitudes physiques des jeunes obèses. Leurs résultats montrent une amélioration des aptitudes aérobies et anaérobies (Treuth et coll., 1998b ; Kain et coll., 2004). Cependant, il est important de noter que ces améliorations sont dépendantes de la perte de masse corporelle. Les programmes d'activité physique entraînent une diminution de la fréquence cardiaque sous-maximale, témoin de l'amélioration de la condition physique (Malina et Katzmarzyk, 2006). Autrement dit, les performances physiques sont améliorées chez l'enfant et chez l'adolescent obèses lorsqu'elles sont évaluées par des paramètres sous-maximaux, les paramètres maximaux n'étant pas ou très peu modifiés.

Peu d'études se sont intéressées à l'effet de l'activité physique seule chez le jeune obèse sur les variables hémodynamiques, telles que le débit cardiaque, les pressions artérielles et les résistances périphériques. Les résultats disponibles vont dans le sens d'une non modification de ces paramètres à l'issue de 4 mois de programme d'activité physique (Humphries et coll., 2002 ; Watts et coll., 2004b).

L'effet de l'activité physique sur le profil lipidique des jeunes obèses n'est pas encore très clairement établi. Les données de la littérature sont divergentes, en raison de la diversité de durée des programmes. Après 8 semaines de pratique d'activité physique, le profil lipidique représenté par les niveaux de HDL, LDL-cholestérol et les triglycérides plasmatiques n'est que légèrement amélioré. En revanche, plusieurs travaux suggèrent que l'activité physique est associée à une amélioration du métabolisme glucidique, estimée par une diminution du taux plasmatique d'insuline et le niveau

d'hémoglobine glyquée (voir la revue de synthèse de Watts et coll., 2005). Un programme d'activité physique aérobie de 4 mois à raison de 5 jours par semaine entraîne une diminution de concentration de leptine alors que 4 mois d'inactivité engendrent une augmentation de leptine (Gutin et coll., 1999).

Activité physique avec restriction alimentaire

La majorité des études qui ont analysé l'effet de l'exercice sur l'obésité infantile ont comparé l'association activité physique et restriction énergétique à une restriction seule (Watts et coll. 2005). Plusieurs travaux ont montré que l'activité physique renforce les effets bénéfiques de l'intervention nutritionnelle (Ebbeling et Rodriguez, 1999 ; Epstein et Goldfield, 1999). En revanche, l'effet isolé de l'exercice physique n'a pas été vraiment étudié.

Lorsque l'activité physique est associée à une diète, l'essentiel de la perte de poids semble être associé à la restriction énergétique et non à l'activité physique (Bar-Or et coll., 1998). La perte de masse corporelle suite à un programme d'activité physique associé à une restriction alimentaire est toujours supérieure à celle obtenue avec l'activité physique seule, que les exercices musculaires soient de type endurant ou résistant (Epstein et coll., 1985 ; Sothorn et coll., 2000). En revanche, les auteurs s'accordent à dire que les bénéfices de la prise en charge (activité physique et restriction énergétique) perdurent plusieurs mois, mais ont totalement disparu un an à un an et demi après (Lazzer et coll., 2005).

La majorité des études montrent que l'activité physique associée à une restriction énergétique entraîne une diminution significative de la masse grasse (Hills et Parker, 1988 ; Dao et coll., 2004a ; Lazzer et coll., 2005). Les effets délétères de la restriction sur la masse maigre semblent persister si l'activité physique est associée au régime alimentaire. Toutefois, certaines études montrent que l'activité physique permet de ralentir la perte de masse maigre (van Dale et Saris, 1989). Ballor et Poehlman (1994) ont observé qu'un programme en endurance associé à une restriction alimentaire permettait de limiter significativement la part de masse maigre perdue en comparaison à une restriction seule (11 % *versus* 28 %).

L'intensité des exercices musculaires utilisés est une variable importante. En effet, plus l'intensité est élevée et plus la masse maigre pourra être maintenue (Schwingshandl et coll., 1999 ; Gutin et coll., 2002). Cependant, il est actuellement très difficile, au travers des études référencées, de différencier la part respective de l'activité physique, de la restriction énergétique et de la croissance dans les effets de l'intervention sur la masse maigre.

Chez les adolescents obèses, les performances physiques anaérobies et aérobie augmentent significativement après une prise en charge associant l'activité physique et une restriction énergétique (Dao et coll., 2004b ; Lazzar et coll., 2005). Comme pour l'activité physique seule, les performances physiques sont améliorées lorsqu'elles sont évaluées par des paramètres sous-maximaux. Les améliorations observées sont dépendantes de la perte de masse corporelle.

Les études qui se sont intéressées aux variables hémodynamiques notent que chez les jeunes obèses suivant un programme associant restriction énergétique et exercice, les pressions artérielles diastoliques et systoliques diminuent. Ce résultat n'est pas retrouvé chez les sujets ne suivant qu'une diète (Becque et coll., 1988 ; Rocchini et coll., 1988).

L'étude de Becque et coll. (1988) fait état d'une amélioration significative des paramètres de risque cardiovasculaire. En effet, après 20 semaines de programme multidisciplinaire (entraînement aérobie et diète), le niveau de HDL-cholesterol est fortement diminué, comparativement à la diète seule. La restriction énergétique semble être un facteur aussi important que la pratique d'activité physique dans la diminution des facteurs de risque de maladies cardiovasculaires (voir la revue de synthèse de Watt et coll., 2005).

En résumé, les travaux menés chez l'enfant et chez l'adolescent montrent un effet significatif de la pratique d'activité physique régulière sur la composition corporelle et sur les aptitudes physiques. L'effet de l'activité physique sur la perte de masse corporelle est controversé mais l'activité physique permet de réduire la masse grasse totale, la masse grasse abdominale et de contrecarrer la perte de masse musculaire lors d'une restriction énergétique. La stratégie de prise en charge associant l'activité physique et une restriction énergétique apporte des résultats plus satisfaisants, que la pratique d'activité physique seule. Cependant, il faut noter que la majorité des études donnent des résultats à court terme (10 à 12 mois). L'activité physique permet aussi de prévenir la prise de poids et de maintenir la masse corporelle après la perte de poids (Pedersen et Saltin, 2006).

Il est difficile de dissocier totalement les bénéfices physique et physiologique, des bénéfices psychologiques résultant de la prise en charge. Même s'il existe relativement peu d'études sur ce sujet, il apparaît qu'une perte de masse corporelle entraîne une amélioration de la qualité de vie (Sarlio-Lahteenkorva et coll., 1995). De plus, indépendamment de la perte de poids, l'activité physique a aussi des bénéfices sur la santé psychosociale en améliorant l'estime de soi et en diminuant l'anxiété et la dépression, en particulier chez l'adolescent (Calfas et Taylor, 1994 ; Rejeski et coll., 1996). Les jeunes pratiquant une activité sportive plusieurs fois par semaine s'estiment en meilleure santé que les adolescents sédentaires. L'activité physique contribue également à diminuer le stress, à améliorer l'humeur et aurait un effet antidépresseur (Shephard, 1984).

L'étude de Deforche et coll. (2005) met en évidence que les enfants obèses ont peu confiance en leurs capacités à surmonter les obstacles empêchant la pratique d'une activité physique. Après 6 mois d'intervention, bien qu'il y ait un retour aux comportements initiaux (faible activité physique et alimentation riche en graisse), 60 % des enfants ont un niveau d'activité physique plus élevé qu'avant l'intervention.

Durée du traitement

D'une façon générale, 50 % des effets bénéfiques sont obtenus dès les premières semaines de la prise en charge (Epstein et coll., 1995). Le suivi après intervention est généralement de courte durée, en moyenne 16 semaines \pm 7 semaines (Atlantis et coll., 2006), bien que deux études rapportent un suivi de 52 semaines (Epstein et coll., 1985 ; Woo et coll., 2004).

Quelques études font état d'une prise en charge multidisciplinaire en centre médicalisé d'adolescents obèses, d'une durée allant de 6 à 12 mois (Dao et coll., 2004a et 2004b ; Deforche et coll., 2005 ; Lazzar et coll., 2005). Ces études montrent de très bons résultats à l'issue de la prise en charge. Quelques mois après, les bénéfices sont toujours présents. Cependant, les tendances s'inversent et les effets ont disparu un an et demi après (Deforche et coll., 2005) (tableau 19.I).

Tableau 19.I : Évolution du statut pondéral d'adolescents (13-14 ans, n=47) au début, à la fin et 1,5 an après 10 mois de traitement (Deforche et coll., 2005)

	Début	Fin	1,5 an après
% sujets obèses	100	8	60
% sujets en surpoids	-	30	36
% sujets normo-pondéraux	-	62	4

Les perspectives de recherche sur l'effet à long terme de la prise en charge de l'enfant obèse par l'activité physique renvoient aux limites des données de la littérature :

- la durée des études est trop courte, de quelques semaines à quelques mois ;
- la plupart des études ont inclus un trop petit nombre de sujets ;
- les résultats ne sont pas analysés en fonction de l'âge et encore moins du sexe ;
- aucune étude ne met en avant la période optimale de mise en place d'une intervention et/ou d'une prise en charge (prévention secondaire ou tertiaire) ;

- le nombre important de perdus de vue dans les études non retenues dans les méta-analyses qui peut atteindre 52 % (Anaes, 2003). Les causes de ce manque d'adhésion à des programmes de longue durée, déjà observé chez l'adulte, restent à élucider chez les jeunes.

Maziekas et coll. (2003) ont réalisé une méta-analyse d'études portant sur l'effet immédiat d'une prise en charge et son suivi un an après sur le pourcentage de masse grasse. Seules 8 études répondant aux critères ont pu être analysées. À partir de cette analyse, Maziekas et ses collaborateurs (2003) ont déterminé les variables les plus prédictives du maintien un an après de la perte de masse grasse obtenue dès l'arrêt de la prise en charge. Les variables les plus prédictives sont le pourcentage de masse grasse perdu immédiatement à la fin du traitement, la durée des sessions, le mode d'activité physique et la durée du programme d'activité physique. Outre les limites méthodologiques de ce type d'analyse, les résultats confirment la pauvreté d'études portant sur le suivi à long terme des effets d'une prise en charge.

Caractéristiques de l'activité physique

Les méta-analyses de Summerbell et coll. (2003 et 2005) publiées par la *Cochrane Database* ne permettent pas de conclure quant aux caractéristiques et aux modalités de la prise en charge idéale, quel que soit l'âge des enfants, quelle que soit la durée de la prise en charge et quelles que soient les caractéristiques de l'activité physique. Cependant, les recherches se sont appliquées à déterminer la modalité d'utilisation optimale d'au moins un des paramètres de l'activité physique : intensité, durée, fréquence et nature.

Intensité

Dans le cadre de la prise en charge de l'obésité de l'enfant et de l'adolescent, nous ne pouvons pas nous intéresser au programme d'activité physique sans nous poser la question de l'intensité de l'activité physique nécessaire pour obtenir une utilisation maximale des lipides (lipomax). Les connaissances en physiologie de l'exercice musculaire nous permettent de mieux comprendre le lien existant entre la durée et l'intensité de l'exercice. Le rapport intensité/durée détermine l'intensité optimale à appliquer dans les programmes d'activité physique (Brooks et Mercier, 1994). Le « lipomax » a été déterminé par calorimétrie indirecte pour différentes populations (tableau 19.II).

Tableau 19.II : Intensités de « lipomax »

Références	Population		Lipomax
Perez-Martin et coll., 2001	Adulte	Obèse	31 % Pmax th.
		Non obèse	45 % Pmax th.
Brandou et coll., 2006	Enfant	Obèse pré-pubère	50 % Pmax th.
		Obèse post-pubère	47 % Pmax th.
Riddell et coll., 2004	Enfant	Non obèse	50 % VO ₂ max

Pmax th : Puissance maximale aérobie théorique ; VO₂ max : Consommation maximale en oxygène

Une étude récente a mis en évidence le lien entre l'oxydation préférentielle des lipides en réponse à l'exercice et le stade de maturation de l'enfant (Stephens et coll., 2006). Les résultats ne font pas apparaître de différence significative entre les enfants pré-pubères et pubères, ainsi qu'entre post-pubères et adultes quant à l'intensité de l'exercice requise pour modifier l'oxydation des hydrates de carbone, des lipides et les concentrations de lactates. En revanche, il existe une différence significative entre pré-pubères/pubères et post-pubères/adultes avec une intensité « lipomax » plus élevée avant et pendant la puberté. Chez l'enfant et l'adolescent obèses, Brandou et coll. (2006) observent des résultats similaires. Cette étude met surtout en évidence que l'aptitude à utiliser les lipides, induite par l'exercice, est proportionnelle à la masse maigre.

Pour stimuler la lipolyse, 2 types d'exercices musculaires sont possibles :

- une activité physique continue à intensité faible proche du « lipomax » (Perez-Martin et coll., 2001 ; Achten et coll., 2002). Plusieurs travaux réalisés chez l'enfant comme chez l'adulte ont montré que l'entraînement axé sur des exercices de type endurant à faible intensité améliore l'utilisation des graisses (Jeukendrup et coll., 1998 ; Brandou et coll., 2003) ;
- des exercices intermittents à intensité élevée (intensité : activité physique > 9 METs ou exercice à 75 % de la puissance maximale aérobie) permettant une stimulation de la lipolyse au cours de la récupération (Tremblay et coll., 1990 ; Imbeault et coll., 1997). Ce type d'exercice à haute intensité peut être inadapté pour des sujets à haut risque cardiovasculaire.

Toutes les études portant sur ce sujet soulignent l'importance de l'individualisation des programmes d'activité physique (Schwingshandl et coll., 1999). Pour ce faire, il est nécessaire que les enfants et adolescents réalisent un bilan médical incluant les tests d'effort permettant de vérifier et de « calibrer » les réponses physiologiques à l'exercice.

Durée

L'oxydation des lipides augmente avec la durée de l'exercice. Après 40 minutes d'exercice, l'utilisation des acides gras libres devient prépondérante au détriment des glucides.

Ainsi, si on souhaite mobiliser et utiliser les acides gras au cours de l'exercice, l'activité physique devrait comporter des exercices de longue durée et de faible intensité. Cependant, les personnes obèses présentent un coût métabolique des activités physiques important (Maffei et coll., 1996). Ce surcoût énergétique entraîne une moindre adhésion et une moindre participation au programme d'activité physique, en raison de l'apparition précoce de la fatigue et de la douleur.

La difficulté de trouver un compromis idéal entre l'intensité, la durée et les possibilités des enfants et des adolescents rejait sur les prescriptions et les recommandations d'activité physique pour la population générale et obèse.

Pour les enfants et adolescents, les recommandations prescrites antérieurement étaient les mêmes que celles de l'adulte à savoir au moins 30 minutes par jour d'activité physique à intensité modérée (Pate et coll., 1995) ou au moins 150 minutes d'activité physique réparties sur 3 séances hebdomadaires (Jakicic et coll., 2001). Ce niveau de recommandation a été validé par plusieurs comités d'experts de santé américains. Cependant, pour empêcher la reprise de masse corporelle, cette quantité d'activité physique est insuffisante (Jakicic et coll., 2001 ; Saris et coll., 2003 ; Blair et coll., 2004). D'après Saris et coll. (2003), Strong et coll. (2005) et Andersen et coll. (2006), les recommandations pour l'enfant, afin d'éviter le passage du surpoids à l'obésité et pour lutter contre le développement des facteurs de risques cardiovasculaires associés, sont maintenant de 60 minutes d'activité physique par jour à intensité modérée à élevée.

Pour les enfants et adolescents obèses, la méta-analyse d'Atlantis et coll. (2006) révèle qu'une activité physique de 155 à 180 minutes par semaine à intensité modérée est efficace pour diminuer la masse grasse mais ne modifie pas la masse corporelle et la masse grasse abdominale.

Fréquence

Aucune preuve scientifique ne permet d'affirmer que 2 séances par semaine sont moins efficaces que 5, 6 ou plus de séances. Le facteur important est la dose globale d'activité physique hebdomadaire. Les connaissances scientifiques dans ce domaine concernant la fréquence hebdomadaire optimale font cruellement défaut. Dans la majorité des études, la fréquence la plus utilisée est de 3 séances par semaine bien que 5 seraient plus performantes (Atlantis et coll., 2006). Pour pérenniser la pratique, il est aussi nécessaire de prendre en compte la possibilité d'inclure un nombre important de séances d'activité physique dans la vie quotidienne des enfants.

Nature de l'activité physique

Pour les enfants et les adolescents obèses ou non, il faut privilégier les activités physiques apportant du plaisir. Pour les personnes obèses, les activités physiques où le poids du corps n'est pas porté, comme les activités aquatiques

et la bicyclette sont préconisées. Pour diminuer les traumatismes articulaires, des activités telles que la marche sont aussi très intéressantes.

Dans ce domaine, il est important de tenir compte de l'âge des enfants. Pour les très jeunes, il n'existe pas d'évidence scientifique pour recommander spécifiquement un programme d'exercices. Les activités physiques de cette population consistent à un développement psychomoteur fondé sur le jeu qu'il est nécessaire de valoriser. Jusqu'à l'âge de 12 ans, l'éducation à l'activité physique est fondamentale pour pérenniser l'activité physique dans la pratique quotidienne des enfants. L'activité doit être axée sur le jeu, élément moteur du plaisir à cet âge. L'âge de maturation des enfants est à prendre en compte. Après 12 ans, l'activité physique doit apporter un cadre de fonctionnement avec les amis. C'est moins le plaisir personnel que le fait de se trouver entre amis qui est le moteur de la pratique. Le renforcement musculaire doit être associé aux autres activités.

En résumé, toutes les activités physiques peuvent être utilisées à condition de vérifier que les enfants peuvent les réaliser, tant physiquement que socialement. De plus, il est important de mettre en place une progressivité dans la pratique : passer d'activités peu traumatisantes au début du programme à des activités qui les mettent en confiance, les rassurent pour aller vers des activités physiques plus énergétiques.

Facteurs de réussite

Les travaux mettent en évidence la nécessité de mettre en œuvre tous les moyens possibles pour amener l'enfant à pratiquer une activité physique dès le plus jeune âge et tout au long de sa vie. Pour une réussite maximale des différentes interventions, il est nécessaire de prendre en compte les déterminants individuels, socio-culturels et environnementaux conditionnant la pratique physique.

Rôle de la famille

De nombreuses études ont montré que la prise en charge a plus de chance de réussir quand les parents sont associés à l'intervention (Sallis et coll., 1988 ; Moore et coll., 1991 ; Aarnio et coll., 1997).

La pratique de l'activité physique représente un mode de vie et un comportement que la plupart des enfants apprennent de leurs parents. En effet, les enfants des mères actives sont deux fois plus actifs que les enfants des mères inactives, jusqu'à trois fois si les pères sont actifs et jusqu'à six fois si les deux parents sont actifs (Sallis et coll., 1988 ; Moore et coll., 1991 ; Aarnio et coll., 1997). De plus, le niveau d'éducation de la mère est relié positivement à l'activité des enfants (Gordon-Larsen et coll., 2000). La perception de l'activité physique de la part de la mère influence également la pratique de l'activité physique des enfants (Trost et coll., 1997). Des interventions

orientées vers les familles et/ou les parents mettent en évidence une augmentation de l'activité physique même des enfants. Si le comportement des enfants est principalement influencé par les parents et leur statut socioéconomique, celui des adolescents est probablement influencé aussi par celui des camarades de même âge et par la mode (Vilhjalmsson et Thorlindsson, 1998).

Facilité d'accès aux pratiques

La possibilité d'accéder facilement aux activités physiques et en particulier aux infrastructures de proximité est un facteur de réussite important (Booth et coll., 2001). Sallis et coll. (2000) mettent en évidence l'importance de la facilité d'accès aux structures de pratique ainsi que le temps passé aux activités physiques extérieures comme facteur déterminant pour la pratique physique de l'enfant. Chez l'adolescent, ce paramètre s'exprime par les opportunités de pratique. Plus récemment, la revue de littérature de Ferreira et coll. (2006) qui vise à actualiser celle de Sallis, fait apparaître de nouvelles variables environnementales explicatives de la pratique physique des jeunes enfants et adolescents. Ainsi, chez l'enfant la pratique physique du père et l'activité physique scolaire sont des facteurs favorisant l'activité physique. Chez l'adolescent, le niveau d'éducation de la mère, les revenus de la famille, le soutien de l'entourage, les écoles non professionnelles sont des déterminants environnementaux favorisant la pratique physique. L'étude française ICAPS de Simon et coll. (2004 et 2006) met bien en évidence l'importance de favoriser l'accès aux activités physiques pour permettre aux enfants et aux adolescents de maintenir un niveau d'activité physique satisfaisant. L'objectif de l'étude ICAPS est de prévenir la prise excessive de masse corporelle par la promotion de l'activité physique. Des activités physiques libres, non compétitives sont proposées gratuitement à des collégiens âgés en moyenne de 11 ans. Après 6 mois d'intervention, la proportion d'adolescents « inactifs » parmi ceux à qui les activités physiques ont été proposées a diminué de moitié (36 % *versus* 17 %). À l'opposé, chez les adolescents du groupe contrôle, la proportion de non pratiquants était de 42 % et n'a pas changé significativement après 6 mois. L'aspect non scolaire du programme et l'absence de notes ou de compétitions ont contribué à la forte participation de ceux qui n'étaient initialement pas engagés. Ceci s'accompagne d'une augmentation de la confiance en soi et d'un comportement en faveur de l'activité physique mettant en évidence la nécessité d'activités attrayantes. Il reste cependant à déterminer l'impact à long terme de ce genre d'intervention.

Âge

Très peu d'études concernant les jeunes enfants (âge inférieur à 6 ans) ont été publiées probablement en raison d'un diagnostic retardé (voire revue de Bluford et coll., 2007). La question qui se pose ici est de savoir si la pratique d'activité physique dès le plus jeune âge a un effet protecteur contre le

développement excessif de la masse grasse. Moore et coll. (2003) observent que chez 103 enfants de 4 ans suivis pendant 8 ans, les enfants les plus actifs ont les valeurs et les augmentations d'IMC et de plis cutanés les plus faibles. Ce travail suggère qu'un niveau d'activité physique satisfaisant pendant l'enfance entraîne une faible acquisition de masse grasse jusqu'au début de l'adolescence.

Dans le même ordre d'idée, très peu d'études différencient l'enfant de l'adolescent alors qu'à l'adolescence, la prise d'indépendance et l'affirmation de soi sont génératrices de changements de comportements en relation avec différents contextes:

- l'influence des pairs, les phénomènes de mode, les difficultés psychologiques, l'émergence de troubles du comportement alimentaire ;
- l'évolution des comportements spontanés : chez la fille l'activité physique diminue de façon importante alors qu'elle se stabilise chez le garçon ;
- la maturation sexuelle et les modifications hormonales majeures influençant la composition corporelle : chez la fille, la masse grasse augmente de 13 % en moyenne et diminue de 4 % chez le garçon.

Sexe

Chez le jeune enfant, il n'existe que très peu de raisons a priori de distinguer les filles des garçons quant à la prise en charge, bien que plusieurs études aient montré que les filles sont moins actives que les garçons obèses ou non, dès le plus jeune âge (Page et coll., 2005 ; Wilkin et coll., 2006).

Lors du démarrage pubertaire, l'augmentation de la masse musculaire chez le garçon accroît les dépenses d'énergie de repos et d'exercice. De plus, suite à une prise en charge, certaines études ont observé que les garçons présentent une perte de poids supérieure à celle observée chez les filles (62 % *versus* 48 % du surpoids) (Deforche et coll., 2005). Ce résultat n'est pas toujours observé en particulier lors d'étude d'intervention en milieu scolaire (Lazaar et coll., 2007). Il apparaît donc nécessaire de différencier les modalités de prise en charge pour les filles et pour les garçons au moins à partir de la puberté. Ce champ d'étude nécessite de nouveaux travaux pour déterminer les caractéristiques de l'activité physique à mettre en œuvre dans la prise en charge en fonction du sexe.

Prise en charge

Aucune évidence scientifique ne permet de définir la période optimale pour la mise en œuvre de la prise en charge. L'âge de 6 ans, âge du rebond d'adiposité, pourrait être considéré comme une période favorable pour cette intervention. Quoi qu'il en soit, plus la prise en charge est précoce et plus elle a de chances de réussir (Dietz et Robinson, 2005 ; Nemet et coll., 2005).

L'augmentation de l'obésité sévère chez les adolescents voire chez les enfants pose de façon légitime la question de l'intérêt de l'activité physique dans la

prise en charge en fonction du degré d'obésité considéré. Chez l'adulte, l'activité physique est incluse dans les programmes post-opératoires pour les obèses morbides. Chez le jeune, il n'existe pas de données pouvant répondre à cette question pour établir la meilleure stratégie de prise en charge par degré d'obésité.

En conclusion, des modifications mineures au cours du temps des profils alimentaires et d'activité physique peuvent avoir des effets importants sur le poids corporel et la prévalence de l'obésité dans la population, mais ces modifications de comportement (d'activité physique, alimentaire) sont difficiles à apprécier/évaluer avec les instruments de surveillance disponibles actuellement. Le volume d'activité nécessaire pour prévenir le gain de poids chez l'adulte, comme chez l'enfant, paraît supérieur à celui correspondant aux recommandations actuelles de santé publique. Il est important de mieux comprendre et décrire les caractéristiques de la relation dose-réponse entre le niveau et le profil d'activité physique et la santé en général, et l'obésité en particulier. Il est également important de mieux comprendre et décrire, au niveau de la population, les interactions entre activité physique et apports alimentaires en fonction de l'état de santé en général et du contrôle du poids corporel en particulier. Bien que les déterminants de l'activité physique conditionnant la diminution de masse corporelle commencent à être bien identifiés, de futures recherches sont nécessaires pour expliquer les mécanismes de l'interaction existant entre l'activité physique et l'appétit, et, pour déterminer précisément les caractéristiques de l'activité physique à prescrire en fonction, de l'âge, du sexe et du degré d'obésité du sujet.

BIBLIOGRAPHIE

AARNIO M, WINTER T, KUJALA UM, KAPRIO J. Familial aggregation of leisure-time physical activity-a three generation study. *Int J Sports Med* 1997, **18** : 549-556

ABBOTT RA, DAVIES PS. Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-y-old children. *Eur J Clin Nutr* 2004, **58** : 285-291

ACHTEN J, GLEESON M, JEUKENDRUP AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 92-97

ANAES (AGENCE NATIONALE D'ACCREDITATION ET D'ÉVALUATION EN SANTÉ). Prise en charge de l'obésité chez l'enfant et l'adolescent. Recommandations pour la pratique clinique. Anaes 2003

ANDERSEN LB, HARRO M, SARDINHA LB, FROBERG K, EKELUND U, et coll. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet* 2006, **368** : 299-304

ATLANTIS E, BARNES EH, SINGH MA. Efficacy of exercise for treating overweight in children and adolescents: a systematic review. *Int J Obes (Lond)* 2006, **30** : 1027-1040

BALLOR DL, POEHLMAN ET. Exercise-training enhances fat-free mass preservation during diet-induced weight loss: a meta-analytical finding. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1994, **18** : 35-40

BANDINI LG, SCHOELLER DA, DIETZ WH. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res* 1990, **27** : 198-203

BAR-OR O, FOREYT J, BOUCHARD C, BROWNELL KD, DIETZ WH, et coll. Physical activity, genetic, and nutritional considerations in childhood weight management. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 2-10

BECQUE MD, KATCH VL, ROCCHINI AP, MARKS CR, MOOREHEAD C. Coronary risk incidence of obese adolescents: reduction by exercise plus diet intervention. *Pediatrics* 1988, **81** : 605-612

BERNSTEIN MS, MORABIA A, SLOUTSKIS D. Definition and prevalence of sedentarism in an urban population. *Am J Public Health* 1999, **89** : 862-867

BERTRAIS S, BEYEME-ONDOUA JP, CZERNICHOW S, GALAN P, HERCBERG S, OPPERT JM. Sedentary behaviors, physical activity, and metabolic syndrome in middle-aged French subjects. *Obes Res* 2005, **13** : 936-944

BLAAK EE, WESTERTERP KR, BAR-OR O, WOUTERS LJ, SARIS WH. Total energy expenditure and spontaneous activity in relation to training in obese boys. *Am J Clin Nutr* 1992, **55** : 777-782

BLAIR SN, KOHL HW, III, PAFFENBARGER RS, JR., CLARK DG, COOPER KH, et coll. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* 1989, **262** : 2395-2401

BLAIR SN, LAMONTE MJ, NICHAMAN MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr* 2004, **79** (suppl) : S913-S920

BLIMKIE CJ, EBBESEN B, MACDOUGALL D, BAR-OR O, SALE D. Voluntary and electrically evoked strength characteristics of obese and nonobese preadolescent boys. *Hum Biol* 1989, **61** : 515-532

BLUFORD DA, SHERRY B, SCANLON KS. Interventions to prevent or treat obesity in preschool children: A review of evaluated programs. *Obesity (Silver Spring)* 2007, **15** : 1356-1372

BLUNDELL JE, KING NA. Physical activity and regulation of food intake: current evidence. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : S573-S583

BLUNDELL JE, STUBBS RJ, HUGHES DA, WHYBROW S, KING NA. Cross talk between physical activity and appetite control: does physical activity stimulate appetite? *Proc Nutr Soc* 2003, **62** : 651-661

BOOTH SL, SALLIS JF, RITENBAUGH C, HILL JO, BIRCH LL, et coll. Environmental and societal factors affect food choice and physical activity: rationale, influences, and leverage points. *Nutr Rev* 2001, **59** : S21-S39

BRAGE S, WEDDERKOPP N, EKELUND U, FRANKS PW, WAREHAM NJ, et coll. European Youth Study (EYHS): Features of the metabolic syndrome are associated with objectively measured physical activity and fitness in Danish children: The European Youth Heart Study (EYHS). *Diabetes Care* 2004, **27** : 2141-2148

BRANDOU F, DUMORTIER M, GARANDEAU P, MERCIER J, BRUN JF. Effects of a two-month rehabilitation program on substrate utilization during exercise in obese adolescents. *Diabetes Metab* 2003, **29** : 20-27

BRANDOU F, SAVY-PACAUX AM, MARIE J, BRUN JF, MERCIER J. Comparison of the type of substrate oxidation during exercise between pre and post pubertal markedly obese boys. *Int J Sports Med* 2006, **27** : 407-414

BROOKS GA. Importance of the 'crossover' concept in exercise metabolism. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1997, **24** : 889-895

BROOKS GA, MERCIER J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *J Appl Physiol* 1994, **76** : 2253-2261

BURKE V, BEILIN LJ, SIMMER K, ODDY WH, BLAKE K, et coll. Predictors of body mass index and associations with cardiovascular risk factors in Australian children: a prospective cohort study. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 15-23

CALFAS K, TAYLOR W. Effects of physical activity on psychological variables in adolescents. *Ped Exerc Sci* 1994, **6** : 406-423

DAO HH, FRELUT ML, OBERLIN F, PERES G, BOURGEOIS P, et coll. Effects of a multidisciplinary weight loss intervention on body composition in obese adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004a, **28** : 290-299

DAO HH, FRELUT ML, PERES G, BOURGEOIS P, NAVARRO J. Effects of a multidisciplinary weight loss intervention on anaerobic and aerobic aptitudes in severely obese adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004b, **28** : 870-878

DAVIES PS, GREGORY J, WHITE A. Physical activity and body fatness in pre-school children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : 6-10

DEFORCHE B, DE BOURDEAUDHUIJ I, TANGHE A, DEBODE P, HILLS AP, et coll. Role of physical activity and eating behaviour in weight control after treatment in severely obese children and adolescents. *Acta Paediatr* 2005, **94** : 464-470

DELANY JP, HARSHA DW, KIME JC, KUMLER J, MELANCON L, et coll. Energy expenditure in lean and obese prepubertal children. *Obes Res* 1995, **3** : 67-72

DESPRÉS JP, LAMARCHE B. Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease. *Nutr Res Rev* 1993, **6** : 137-159

DI PIETRO L. Physical activity in the prevention of obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** (suppl 11) : S542-S546

DIETZ WH. The role of lifestyle in health: the epidemiology and consequences of inactivity. *Proc Nutr Soc* 1996, **55** : 829-840

DIETZ WH, GORTMAKER SL. Preventing obesity in children and adolescents. *Annu Rev Public Health* 2001, **22** : 337-353

DIETZ WH, ROBINSON TN. Clinical practice. Overweight children and adolescents. *N Engl J Med* 2005, **352** : 2100-2109

DIONNE I, ALMERAS N, BOUCHARD C, TREMBLAY A. The association between vigorous physical activities and fat deposition in male adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 392-395

DONNELLY JE, JACOBSEN DJ, WHATLEY JE, HILL JO, SWIFT LL, et coll. Nutrition and physical activity program to attenuate obesity and promote physical and metabolic fitness in elementary school children. *Obes Res* 1996, **4** : 229-243

DUCHE P, DUCHER G, LAZZER S, DORE E, TAILHARDAT M, et coll. Peak power in obese and nonobese adolescents: effects of gender and braking force. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 2072-2078

EBBELING CB, RODRIGUEZ NR. Effects of exercise combined with diet therapy on protein utilization in obese children. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 378-385

EKELUND U, AMAN J, YNGVE A, RENMAN C, WESTERTERP K, et coll. Physical activity but not energy expenditure is reduced in obese adolescents: a case-control study. *Am J Clin Nutr* 2002, **76** : 935-941

EKELUND U, BRAGE S, FROBERG K, HARRO M, ANDERSSON SA, et coll. TV viewing and physical activity are independently associated with metabolic risk in children: the European Youth Heart Study. *PLoS Med* 2006, **3** : e488

EPSTEIN LH. Exercise in the treatment of childhood obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : S117-S121

EPSTEIN LH, GOLDFIELD GS. Physical activity in the treatment of childhood overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : S553-S559

EPSTEIN LH, WING RR, PENNER BC, KRESS MJ. Effect of diet and controlled exercise on weight loss in obese children. *J Pediatr* 1985, **107** : 358-361

EPSTEIN LH, VALOSKI AM, VARA LS, MCCURLEY J, WISNIEWSKI L, et coll. Effects of decreasing sedentary behavior and increasing activity on weight change in obese children. *Health Psychol* 1995, **14** : 109-115

EPSTEIN LH, MYERS MD, RAYNOR HA, SAELENS BE. Treatment of pediatric obesity. *Pediatrics* 1998, **101** : 554-570

EPSTEIN LH, PALUCH RA, GORDY CC, DORN J. Decreasing sedentary behaviors in treating pediatric obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000, **154** : 220-226

EPSTEIN LH, ROEMMICH JN, PALUCH RA, RAYNOR HA. Influence of changes in sedentary behavior on energy and macronutrient intake in youth. *Am J Clin Nutr* 2005, **81** : 361-366

FARRELL SW, BRAUN L, BARLOW CE, CHENG YJ, BLAIR SN. The relation of body mass index, cardiorespiratory fitness, and all-cause mortality in women. *Obes Res* 2002, **10** : 417-423

FERREIRA I, VAN DER HK, WENDEL-VOS W, KREMERS S, VAN LENTHE FJ, et coll. Environmental correlates of physical activity in youth - a review and update. *Obes Rev* 2006, **8** : 129-154

FOGELHOLM M, KUKKONEN-HARJULA K. Does physical activity prevent weight gain - a systematic review. *Obes Rev* 2000, **1** : 95-111

FOGELHOLM M, VAINIO H. Weight control, physical activity and cancer-strong links. *Obes Rev* 2002, **3** : 1-3

GORAN M, FIELDS DA, HUNTER GR, HERD SL, WEINSIER RL. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000, **24** : 841-848

GORDON-LARSEN P, MCMURRAY RG, POPKIN BM. Determinants of adolescent physical activity and inactivity patterns. *Pediatrics* 2000, **105** : E83

GORTMAKER SL, MUST A, SOBOL AM, PETERSON K, COLDITZ GA, et coll. Television viewing as a cause of increasing obesity among children in the United States, 1986-1990. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1996, **150** : 356-362

GRAF C, KOCH B, KRETSCHMANN-KANDEL E, FALKOWSKI G, CHRIST H, et coll. Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-project). *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : 22-26

GUTIN B, RAMSEY L, BARBEAU P, CANNADY W, FERGUSON M, et coll. Plasma leptin concentrations in obese children: changes during 4-mo periods with and without physical training. *Am J Clin Nutr* 1999, **69** : 388-394

GUTIN B, BARBEAU P, OWENS S, LEMMON CR, BAUMAN M, et coll. Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents. *Am J Clin Nutr* 2002, **75** : 818-826

HILL JO, WYATT HR. Role of physical activity in preventing and treating obesity. *J Appl Physiol* 2005, **99** : 765-770

HILL JO, WYATT HR, REED GW, PETERS JC. Obesity and the environment: where do we go from here? *Science* 2003, **299** : 853-855

HILLS AP, PARKER AW. Obesity management via diet and exercise intervention. *Child Care Health Dev* 1988, **14** : 409-416

HU FB, LI TY, COLDITZ GA, WILLETT WC, MANSON JE. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA* 2003, **289** : 1785-1791

HUMPHRIES MC, GUTIN B, BARBEAU P, VEMULAPALLI S, ALLISON J, et coll. Relations of adiposity and effects of training on the left ventricle in obese youths. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 1428-1435

IEFS. A Pan EU Survey on consumer attitudes to physical activity, body weight and health. Published by the European Commission (1999). Directorate V/F.3

IMBEAULT P, SAINT-PIERRE S, ALMERAS N, TREMBLAY A. Acute effects of exercise on energy intake and feeding behaviour. *Br J Nutr* 1997, **77** : 511-521

INSERM (INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE). Obésité : dépistage et prévention chez l'enfant. Collection Expertise collective, Éditions Inserm, 2000 : 343p

JAKICIC JM, CLARK K, COLEMAN E, DONNELLY JE, FOREYT J, et coll. American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for

weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 2145-2156

JEFF SA, MOORE MS. Contribution of a sedentary lifestyle and inactivity to the etiology of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** (suppl) : S534-S541

JEUKENDRUP AE, SARIS WH, WAGENMAKERS AJ. Fat metabolism during exercise: a review-part III: effects of nutritional interventions. *Int J Sports Med* 1998, **19** : 371-379

KAIN J, UAUY R, ALBALA, VIO F, CERDA R, et coll. School-based obesity prevention in Chilean primary school children: methodology and evaluation of a controlled study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : 483-493

KATZMARZYK PT, CHURCH TS, JANSSEN I, ROSS R, BLAIR SN. Metabolic syndrome, obesity, and mortality: impact of cardiorespiratory fitness. *Diabetes Care* 2005, **28** : 391-397

KATZMARZYK PT, BAUR LA, BLAIR SN, LAMBERT EV, OPPERT JM, et coll. International conference on physical activity and obesity in children : summary statement and recommendations. *International Journal of Pediatric Obesity*, sous presse

KIMM SY, GLYNN NW, OBARZANEK E, KRISKA AM, DANIELS SR, et coll. Relation between the changes in physical activity and body-mass index during adolescence: a multicentre longitudinal study. *Lancet* 2005, **366** : 301-307

KLEIN S, COYLE EF, WOLFE RR. Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. *Am J Physiol* 1994, **267** : E934-E940

KNOWLER WC, BARRETT-CONNOR E, FOWLER SE, HAMMAN RF, LACHIN JM, et coll. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002, **346** : 393-403

LAAKSONEN DE, LINDSTROM J, LAKKA TA, ERIKSSON JG, NISKANEN L, et coll. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes* 2005, **54** : 158-165

LAMONTE MJ, BARLOW CE, JURCA R, KAMPERT JB, CHURCH TS, BLAIR SN. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. *Circulation* 2005, **112** : 505-512

LAZAAR N, AUCOUTURIER J, RATEL S, RANCE M, MEYER M, et coll. Effect of physical activity intervention on body composition in young children: influence of body mass index status and gender. *Acta Paediatr* 2007, sous presse

LAZZER S, BOIRIE Y, POISSONNIER C, PETIT I, DUCHE P, et coll. Longitudinal changes in activity patterns, physical capacities, energy expenditure, and body composition in severely obese adolescents during a multidisciplinary weight-reduction program. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 37-46

LEE IM, PAFFENBARGER RS, JR. Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. The Harvard Alumni Health Study. *Am J Epidemiol* 2000, **151** : 293-299

LISSNER L, HEITMANN BL, BENGTSSON C. Low-fat diets may prevent weight gain in sedentary women: prospective observations from the population study of women in Gothenburg, Sweden. *Obes Res* 1997, **5** : 43-48

MAFFEIS C, SCHUTZ Y, SCHENA F, ZAFFANELLO M, PINELLI L. Energy expenditure during walking and running in obese and nonobese prepubertal children. *J Pediatr* 1993, **123** : 193-199

MAFFEIS C, ZAFFANELLO M, PINELLI L, SCHUTZ Y. Total energy expenditure and patterns of activity in 8-10-year-old obese and nonobese children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1996, **23** : 256-261

MAFFEIS C, ZAFFANELLO M, SCHUTZ Y. Relationship between physical inactivity and adiposity in prepubertal boys. *J Pediatr* 1997, **131** : 288-292

MALINA RM, KATZMARZYK PT. Physical activity and fitness in an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr Bull* 2006, **27** : S295-S313

MARSHALL SJ, BIDDLE SJ, GORELY T, CAMERON N, MURDEY I. Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : 1238-1246

MARTINEZ JA, KEARNEY JM, KAFATOS A, PAQUET S, MARTINEZ-GONZALEZ MA. Variables independently associated with self-reported obesity in the European Union. *Public Health Nutr* 1999, **2(1a)** : 125-133

MARTINEZ-GONZALEZ MA, MARTINEZ JA, HU FB, GIBNEY MJ, KEARNEY J. Physical inactivity, sedentary lifestyle and obesity in the European Union. *Int J Obes* 1999, **23** : 1192-1201

MAZIEKAS MT, LEMURA LM, STODDARD NM, KAERCHER S, MARTUCCI T. Follow up exercise studies in paediatric obesity: implications for long term effectiveness. *Br J Sports Med* 2003, **37** : 425-429

MCMURRAY RG, HARRELL JS, DENG S, BRADLEY CB, COX LM, et coll. The influence of physical activity, socioeconomic status, and ethnicity on the weight status of adolescents. *Obes Res* 2000, **8** : 130-139

METCALF BS, MALLAM K, VOSS L, JEFFREY A, SNAITH R, et coll. The Regulation of Physical Activity in Young Children. *Education and Health* 2004, **22** : 61-64

MOORE LL, LOMBARDI DA, WHITE MJ, CAMPBELL JL, OLIVERIA SA, et coll. Influence of parents' physical activity levels on activity levels of young children. *J Pediatr* 1991, **118** : 215-219

MOORE LL, NGUYEN US, ROTHMAN KJ, CUPPLES LA, ELLISON RC. Preschool physical activity level and change in body fatness in young children. The Framingham Children's Study. *Am J Epidemiol* 1995, **142** : 982-988

MOORE LL, GAO D, BRADLEE ML, CUPPLES LA, SUNDARAJAN-RAMAMURTI A, et coll. Does early physical activity predict body fat change throughout childhood? *Prev Med* 2003, **37** : 10-17

MUST A, TYBOR DJ. Physical activity and sedentary behavior: a review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : S84-S96

NASSIS GP, PAPANTAKOU K, SKENDERI K, TRIANDAFILLOPOULOU M, KAVOURAS SA, et coll. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. *Metabolism* 2005, **54** : 1472-1479

NEMET D, BARKAN S, EPSTEIN Y, FRIEDLAND O, KOWEN G, et coll. Short- and long-term beneficial effects of a combined dietary-behavioral-physical activity intervention for the treatment of childhood obesity. *Pediatrics* 2005, **115** : e443-e449

NESS AR, LEARY SD, MATTOCKS C, BLAIR SN, REILLY JJ, et coll. Objectively measured physical activity and fat mass in a large cohort of children. *PLoS Med* 2007, **4** : e97

NORMAN AC, DRINKARD B, MCDUFFIE JR, GHORBANI S, YANOFF LB, et coll. Influence of excess adiposity on exercise fitness and performance in overweight children and adolescents. *Pediatrics* 2005, **115** : e690-e696

OMS (ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation on Obesity. Geneva: WHO Technical Report Series n° 894, 2000

OMS (ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ). Physical activity and health in Europe: evidence for action. Report of the Regional Office for Europe of the WHO 2006

OPPERT JM. Mesure des dépenses énergétiques et de l'activité physique. In : *Traité de Nutrition Clinique*. BASDEVANT A, LAVILLE M, LEREBOURS E (eds). Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 2001 : 337-343

OPPERT JM. Sédentarité, inactivité physique et obésité. In : *Médecine de l'obésité*. BASDEVANT A, GUY-GRAND B (eds). Flammarion-Médecine-Sciences, Paris, 2004 : 46-51

OPPERT JM, P DALARUN P. Activité physique et traitement de l'obésité. In : *Médecine de l'obésité*. BASDEVANT A, GUY-GRAND B (eds). Flammarion-Médecine-Sciences, Paris, 2004 : 222-227

OPPERT JM, THOMAS F, CHARLES MA, BENETOS A, BASDEVANT A, SIMON C. Leisure-time and occupational physical activity in relation to cardiovascular risk factors and eating habits in French adults. *Public Health Nutr* 2006, **9** : 746-754

OWENS S, GUTIN B, ALLISON J, RIGGS S, FERGUSON M, et coll. Effect of physical training on total and visceral fat in obese children. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 143-148

PAGE A, COOPER AR, STAMATAKIS E, FOSTER LJ, CROWNE EC, et coll. Physical activity patterns in nonobese and obese children assessed using minute-by-minute accelerometry. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 1070-1076

PATE RR, PRATT M, BLAIR SN, HASKELL WL, MACERA CA, et coll. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995, **273** : 402-407

PEDERSEN BK, SALTIN B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 3-63

PEREZ-MARTIN A, DUMORTIER M, RAYNAUD E, BRUN JF, FEDOU C, et coll. Balance of substrate oxidation during submaximal exercise in lean and obese people. *Diabetes Metab* 2001, **27** : 466-474

PETERSEN L, SCHNOHR P, SORENSEN TIA. Longitudinal study of the long-term relation between physical activity and obesity in adults. *Int J Obes* 2004, **28** : 105-112

PETERSON LR, HERRERO P, SCHECHTMAN KB, RACETTE SB, WAGGONER AD, et coll. Effect of obesity and insulin resistance on myocardial substrate metabolism and efficiency in young women. *Circulation* 2004, **109** : 2191-2196

POPKIN BM. Using research on the obesity pandemic as a guide to a unified vision of nutrition. *Public Health Nutr* 2005, **8(6A)** : 724-729

PRENTICE AM, JEBB SA. Obesity in Britain: gluttony or sloth? *Br Med J* 1995, **311** : 437-439

PRENTICE AM, JEBB SA. Energy intake/physical activity interactions in the homeostasis of body weight regulation. *Nutr Rev* 2004, **62** : S98-S104

RAVUSSIN E, SWINBURN BA. Pathophysiology of obesity. *Lancet* 1992, **340** : 404-408

REJESKI WJ, BRAWLEY LR, SHUMAKER SA. Physical activity and health-related quality of life. *Exerc Sport Sci Rev* 1996, **24** : 71-108

RIDDELL MC, JAMNICK VK, GLEDHILL N. Fat oxydation rate curves and exercise intensity in prepubertal males. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : S217

ROBINSON TN. Reducing children's television viewing to prevent obesity: a randomized controlled trial. *JAMA* 1999, **282** : 1561-1567

ROCCHINI AP, KATCH V, ANDERSON J, HINDERLITER J, BECQUE D, et coll. Blood pressure in obese adolescents: effect of weight loss. *Pediatrics* 1988, **82** : 16-23

ROSS R, JANSSEN I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** (6 suppl) : S521-S527

SALLIS JF, PATTERSON TL, MCKENZIE TL, NADER PR. Family variables and physical activity in preschool children. *J Dev Behav Pediatr* 1988, **9** : 57-61

SALLIS JF, PROCHASKA JJ, TAYLOR WC. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 963-975

SARIS WH. Fit, fat and fat free: the metabolic aspects of weight control. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998, **22** (suppl 2) : S15-S21

SARIS WH, BLAIR SN, VAN BAAK MA, EATON SB, DAVIES PS, et coll. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev* 2003, **4** : 101-114

SARLIO-LAHTENKORVA S, STUNKARD A, RISSANEN A. Psychosocial factors and quality of life in obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : S1-S5

SCHWINGSHANDL J, SUDI K, EIBL B, WALLNER S, BORKENSTEIN M. Effect of an individualised training programme during weight reduction on body composition: a randomised trial. *Arch Dis Child* 1999, **81** : 426-428

SHEPHARD RJ. Physical activity and child health. *Sports Med* 1984, **1** : 205-233

SIMON C, WAGNER A, DIVITA C, RAUSCHER E, KLEIN-PLATAT C, et coll. Intervention centred on adolescents' physical activity and sedentary behaviour (ICAPS): concept and 6-month results. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : S96-S103

SIMON C, WAGNER A, PLATAT C, ARVEILER D, SCHWEITZER B, et coll. ICAPS: a multilevel program to improve physical activity in adolescents. *Diabetes Metab* 2006, **32** : 41-49

SOTHERN MS, LOFTIN JM, UDALL JN, SUSKIND RM, EWING TL, et coll. Safety, feasibility, and efficacy of a resistance training program in preadolescent obese children. *Am J Med Sci* 2000, **319** : 370-375

STEPHENS BR, COLE AS, MAHON AD. The influence of biological maturation on fat and carbohydrate metabolism during exercise in males. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006, **16** : 166-179

STRONG WB, MALINA RM, BLIMKIE CJ, DANIELS SR, DISHMAN RK, et coll. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005, **146** : 732-737

STURM R. The economics of physical activity: societal trends and rationales for interventions. *Am J Prev Med* 2004, **27** (3 suppl) : 126-135

SUMMERBELL CD, ASHTON V, CAMPBELL KJ, EDMUNDS L, KELLY S, et coll. Interventions for treating obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2003, CD001872

SUMMERBELL CD, CHINNOCK P, O'MALLEY C, VAN BINSBERGEN JJ. The Cochrane Library: more systematic reviews on nutrition needed. *Eur J Clin Nutr* 2005, **59** : S172-S178

TAVERAS EM, FIELD AE, BERKEY CS, RIFAS-SHIMAN SL, FRAZIER AL, et coll. Longitudinal relationship between television viewing and leisure-time physical activity during adolescence. *Pediatrics* 2007, **119** : e314-e319

TREMBLAY A, DESPRES JP, LEBLANC C, CRAIG CL, FERRIS B, et coll. Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution. *Am J Clin Nutr* 1990, **51** : 153-157

TREUTH MS, FIGUEROA-COLON R, HUNTER GR, WEINSIER RL, BUTTE NF, et coll. Energy expenditure and physical fitness in overweight vs non-overweight prepubertal girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998a, **22** : 440-447

TREUTH MS, HUNTER GR, FIGUEROA-COLON R, GORAN MI. Effects of strength training on intra-abdominal adipose tissue in obese prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc* 1998b, **30** : 1738-1743

TROST SG, PATE RR, SAUNDERS R, WARD DS, DOWDA M, et coll. A prospective study of the determinants of physical activity in rural fifth-grade children. *Prev Med* 1997, **26** : 257-263

TUOMILEHTO J, LINDSTROM J, ERIKSSON JG, VALLE TT, HAMALAINEN H, et coll. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001, **344** : 1343-1350

TWISK JW. Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review. *Sports Med* 2001, **31** : 617-627

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (USDHHS). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA : US. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996

VAN DALE D, SARIS WH. Repetitive weight loss and weight regain: effects on weight reduction, resting metabolic rate, and lipolytic activity before and after exercise and/or diet treatment. *Am J Clin Nutr* 1989, **49** : 409-416

VARO JJ, MARTINEZ-GONZALEZ MA, DE IRALA-ESTEVEZ J, KEARNEY J, GIBNEY M, MARTINEZ JA. Distribution and determinants of sedentary lifestyles in the European Union. *Int J Epidemiol* 2003, **32** : 128-146

VILHJALMSSON R, THORLINDSSON T. Factors related to physical activity: a study of adolescents. *Soc Sci Med* 1998, **47** : 665-675

WAGNER A, SIMON C, DUCIMETIÈRE P, MONTAYE M, BONGARD V, et coll. Leisure-time physical activity and regular walking or cycling to work are associated with adiposity and 5 y weight gain in middle-aged men : the PRIME Study. *Int J Obes* 2001, **25** : 940-948

WAREHAM NJ, VAN SLUIJS EM, EKELUND U. Physical activity and obesity prevention: a review of the current evidence. *Proc Nutr Soc* 2005, **64** : 229-247

WATT MJ, DZAMKO N, THOMAS WG, ROSE-JOHN S, ERNST M, et coll. CNTF reverses obesity-induced insulin resistance by activating skeletal muscle AMPK. *Nat Med* 2006, **12** : 541-548

WATTS K, BEYE P, SIAFARIKAS A, DAVIS EA, JONES TW, et coll. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *J Am Coll Cardiol* 2004a, **43** : 1823-1827

WATTS K, BEYE P, SIAFARIKAS A, O'DRISCOLL G, JONES TW, et coll. Effects of exercise training on vascular function in obese children. *J Pediatr* 2004b, **144** : 620-625

WATTS K, JONES TW, DAVIS EA, GREEN D. Exercise training in obese children and adolescents: current concepts. *Sports Med* 2005, **35** : 375-392

WEI M, KAMPERT JB, BARLOW CE, NICHAMAN MZ, GIBBONS LW, et coll. Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA* 1999, **282** : 1547-1553

WILKIN TJ, MALLAM KM, METCALF BS, JEFFERY AN, VOSS LD. Variation in physical activity lies with the child, not his environment: evidence for an 'activitystat' in young children (EarlyBird 16). *Int J Obes (Lond)* 2006, **30** : 1050-1055

WING RR. Physical activity in the treatment of the adulthood overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** (11 suppl) : S547-S552

WOO KS, CHOOK P, YU CW, SUNG RY, QIAO M, et coll. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation* 2004, **109** : 1981-1986