

2m11.3179.1

Université de Montréal

Comparaison des paramètres cinématiques et cinétiques lors de la locomotion chez des  
enfants obèses et non-obèses.

Par  
Julie Nantel

Département de Kinésiologie

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade de  
M.Sc. en Sciences de l'activité physique

Avril, 2004

©, Julie Nantel, 2004



GV

201

U54

2004

v. 013



**Direction des bibliothèques**

**AVIS**

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

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

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

**NOTICE**

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

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

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

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :  
Comparaison des paramètres cinématiques et cinétiques lors de la locomotion chez des  
enfants obèses et non-obèses.

présenté par :  
Julie Nantel

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Yvan Girardin, Ph.D.  
Président-rapporteur

François Prince, Ph.D.  
Directeur de recherche

Martin Brochu, Ph.D.  
Co-directeur

Jean-Marc Lavoie, Ph.D.  
Membre du jury

## RÉSUMÉ

Peu d'études ont été consacrées aux conséquences de l'obésité sur le patron locomoteur. La présente étude a pour but de comparer les paramètres cinématiques et cinétiques chez des enfants obèses et non-obèses durant la marche. Les valeurs de ces paramètres ont été calculées à l'aide d'un système d'analyse tri-dimensionnelle et de deux plates-formes de force.

Dans le groupe d'enfants obèses, la phase de simple support est significativement réduite. Une transition hâtive des muscles extenseurs à fléchisseurs de la hanche est aussi observée dans ce groupe. Finalement, chez les enfants obèses, le travail négatif total, la bouffée H2 ainsi que le rapport H2/H3 sont significativement supérieurs, alors que la bouffée H1 est significativement moins élevée.

À notre connaissance, cette étude est la première à rapporter des résultats concernant les moments, la puissance et le travail mécanique lors de la marche chez des enfants obèses. Ces résultats démontrent que le patron locomoteur des enfants obèses diffère de celui des enfants non-obèses.

Mots clés : Obésité – enfants – locomotion – cinématique – cinétique.

## ABSTRACT

Only a few investigators have documented the problematic of obesity regarding the possible modifications in the gait pattern. The purpose of this study was to compare temporal, kinematic and kinetic parameters between obese and non obese children during self-paced walking. A three-dimensional system and 2 force plates were used for the gait analysis.

Temporal parameters revealed a significant decrease in the single support phase of the obese group. For the hip moment curve, obese children switch from extensor to flexor moment significantly earlier in the gait cycle. Finally, the H2 burst, the H2/H3 ratio and the total negative work were significantly increased in this group while the H1 burst was significantly decreased.

In our knowledge this study is the first to investigate the joint torque, power and mechanical work of obese children locomotion. These results show that the locomotor pattern of obese children significantly differs from that of non-obese.

**Keywords:** obesity - children – gait analysis – kinematic - kinetic.

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	I
ABSTRACT.....	II
LISTE DES TABLEAUX.....	V
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	VII
REMERCIEMENT.....	VIII
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	1
Problématique de l'obésité.....	1
L'obésité chez l'adulte.....	2
L'obésité chez l'enfant.....	6
Risques métaboliques connus pour la santé.....	8
Obésité et biomécanique.....	17
Énoncé de la problématique.....	30
Hypothèses.....	30
Portée de l'étude.....	30
CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE.....	32
Les sujets.....	32
Matériel utilisé.....	33

Préparation des sujets.....	33
Plates-formes de force.....	35
Système de caméras .....	35
Protocole expérimental.....	36
Variables à l'étude et le traitement statistique .....	37
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS.....	41
Cinématique .....	41
Paramètres temporeux.....	41
Angles articulaires.....	42
Cinétique .....	44
CHAPITRE 4 : DISCUSSION.....	50
Cinétique .....	52
Forces et limites de l'étude .....	62
CHAPITRE 5 : CONCLUSION.....	65
Ouverture.....	66



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Classification du niveau d'obésité chez l'adulte en fonction de l'IMC. ....	3
Tableau II: Prévalence de l'obésité chez l'adulte entre 20-74 ans de 1960 à 2000. ....	3
Tableau III: Proportion des coûts directs associés à l'obésité. ....	5
Tableau IV: Profil lipidique associé à la prise de poids et à la pratique d'activité physique. ....	10
Tableau V: Contenu minéral osseux selon l'indice de masse corporelle. ....	20
Tableau VI: Aire osseuse selon l'indice de masse corporelle. ....	20
Tableau VII: Moyennes et écart-types des paramètres biomécaniques du talon lors de la marche. ....	24
Tableau VIII : Paramètres locomoteurs selon la vitesse de marche.....	28
Tableau IX: Caractéristiques biométriques des sujets .....	33
Tableau X: Division du cycle de marche .....	39
Tableau XI: Paramètres spatio-temporaux des sujets .....	41
Tableau XII: synthèse du travail mécanique (J/kg) à chaque articulation .....	48
Tableau XIII: rapport H2/H3, le travail négatif (J/kg) total, le travail positif total (J/kg), le travail total (J/kg) et travail total sur 1 km (J/kg).....	49

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Prévalence de l'obésité chez les enfants et les adolescents 1963 et 1999.....	6
Figure 2:Prévalence de l'hypertension en fonction de l'IMC. ....	12
Figure 3: Diabète de type 2 diagnostiqué en 1990 et en 2000 .....	14
Figure 4: Prévalence du diabète de type 2 selon l'IMC.....	15
Figure 5: positionnement des marqueurs; vue antérieure et postérieure.....	34
Figure 6: Aménagement de l'équipement expérimental en vue frontal.....	36
Figure 7: Courbes de puissance divisées selon la nomenclature de Winter (1987).....	38
Figure 8: courbes moyennes et écart-types des patrons cinématiques angulaires à la cheville, au genou et à la hanche.....	43
Figure 9: Courbes moyennes et écart-types des moments de force à la cheville, au genou et à la hanche.....	45
Figure 10: courbes moyennes et écart-types de la puissance à la cheville, au genou et à la hanche .....	47

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

A1	Absorption d'énergie par les fléchisseurs plantaires
A2	Génération d'énergie par les fléchisseurs plantaires
CdeM	Centre de Masse
Chol.	Cholestérol
DEXA	Dual energy X-ray absorptiometry
H1	Génération d'énergie par les extenseurs de la hanche
H2	Absorption d'énergie par les fléchisseurs de la hanche
H3	Génération d'énergie par les fléchisseurs de la hanche
HLD	High Density Lipoprotein
IARC	International Agency for Research on Cancer
IMC	Indice de Masse Corporelle
IOTF	International Obesity Task Force
K1	Absorption d'énergie par les extenseurs du genou
K2	Génération d'énergie par les extenseurs du genou
K3	Absorption d'énergie par les extenseurs du genou
K4	Absorption d'énergie par les fléchisseurs du genou
LDL	Low Density Lipoprotein
NCHS	National Center for Health Statistic
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
OMS	Organisation Mondiale de la Santé

## REMERCIEMENT

Ce mémoire se veut l'étape finale de mon passage à la Maîtrise. Celui-ci ne saurait être complet sans que je remercie les personnes qui m'ont permis d'y parvenir.

Je tiens tout d'abord à remercier François Prince ainsi que Martin Brochu, respectivement directeur et co-directeur de recherche. Pour votre confiance, vos nombreux et judicieux conseils et parce que vous me poussez à toujours aller plus loin.

À ma famille et à mes amis qui m'ont toujours soutenue et encouragée et qui m'aiment encore malgré le peu de temps que je leur ai consacré au cours des derniers mois. Enfin à mes amis et collègues (passés et présents) qui font en sorte que les journées au laboratoire passent à une vitesse incroyable et toujours avec un certain nombre (ou nombre certain) de péripéties. Merci également pour votre grande générosité.

# CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

## Problématique de l'obésité

Les pays industrialisés sont aux prises avec une augmentation de la prévalence de l'obésité. Depuis les dernières décennies, cette augmentation est si marquée que plusieurs observateurs s'entendent pour parler d'épidémie (Manson, Skerrett, Greenland et VanItallie, 2004; Sinha, Fisch, Teague, Tamborlane, Banyas, Allen, Savoye, Rieger, Taksali, Barbetta, Sherwin et Caprio, 2002; Rocchini, 2002; Mokdad, Bowman, Ford, Vinicor, Marks, et Koplan, 2001). Les progrès technologiques et notre environnement qui favorisent l'adoption d'un mode de vie sédentaire ne sont pas étrangers au problème de l'obésité. Cette condition n'est plus seulement un problème d'esthétique, mais un enjeu économique et de santé publique important. À plus ou moins long terme, ces enjeux sont si importants que la communauté scientifique et médicale internationale est appelée à se mobiliser afin de tenter d'en ralentir l'escalade. À court terme, la surcharge pondérale peut créer de l'inconfort dû au stress constant auquel sont soumises les articulations. À moyen et long terme cette sollicitation accrue des articulations peut aussi entraîner des complications orthopédiques. La plus commune et également la plus invalidante de ces complications est l'arthrose. En fait, l'obésité est la principale cause de cette dégénérescence des cartilages (Spector, Hart et Doyle, 1994). Les répercussions sur les activités fonctionnelles comme la marche sont souvent telles que la personne obèse peut souhaiter limiter ses déplacements. Cette réduction dans les déplacements peut aussi être expliquée par le coût énergétique excessif requis pour de simples déplacements, dû à la surcharge pondérale. Par contre, les habiletés motrices peuvent

être très rapidement affectées par la réduction des déplacements. Ainsi, les personnes obèses sont plus à risques de développer des complications métaboliques associées à la sédentarité. Ce mémoire qui porte sur les effets de l'obésité sur le patron locomoteur fera l'objet de cinq chapitres. Le premier traitera de l'obésité comme facteur de risque chez l'adulte et chez l'enfant, de l'avancement des connaissances, de la recherche en biomécanique face à cette problématique et de l'hypothèse de recherche de cette étude. Les deuxième, troisième et quatrième chapitres présenteront respectivement la méthodologie, les résultats et la discussion. Quant aux conclusions de l'étude, des perspectives de recherche, en biomécanique, sur l'obésité et les implications cliniques s'en dégageant, seront traitées dans le dernier chapitre.

### **L'obésité chez l'adulte**

L'obésité est définie comme étant un excédent de masse adipeuse qui augmente les risques de morbidité et de mortalité (Mokdad, Ford, Bowman, Dietz, Vinicor, Bales et Marks, 2003; Freedman, Khan, Serdula, Galuska et Dietz, 2002; Flegal et Troiano, 2000; Must, Spadano, Coakley, Field, Colditz et Dietz, 1999). L'outil couramment utilisé pour classifier l'obésité est l'indice de masse corporelle (IMC). Celui-ci se calcule en divisant la masse corporelle (kg) par la taille au carré ( $m^2$ ). Le Tableau I présente la classification de l'état nutritionnel chez l'adulte en fonction de l'IMC (OMS et l'International Obesity Task Force, 1998). Le surpoids est défini par un  $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$  et l'obésité par un  $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ . Chacune de ces catégories est associée à une augmentation du risque de développer certains problèmes de santé comme les maladies coronariennes.

**Tableau I : Classification du niveau d'obésité chez l'adulte en fonction de l'IMC.**

Classification	IMC	Risque de morbidité
Sous poids	≤18,4	Bas (mais risque d'autres maladies↑)
Poids normal	18,5 à 24,9	Moyen
<b>Surpoids</b>	≥25	
Pré-obésité	25 à 29,9	Augmenté
Obésité classe I	30 à 34,9	Modéré
Obésité classe II	35 à 39,9	Sévère
Obésité classe III	≥ 40	Très sévère

**Adapté de : L'OMS et l'International Obesity Task Force (1998)**

Quant au Tableau II, il présente l'augmentation de la prévalence de l'obésité et du surpoids entre 1960 et 2000. Les données ont été tirées des résultats obtenus lors

**Tableau II: Prévalence de l'obésité chez l'adulte entre 20-74 ans de 1960 à 2000.**

Sexe	Âge (années)	Prévalence (%) selon les études NHANES				
		1960-62	1971-74	1976-80	1988-94	1999-2000
Hommes et femme	20-74	13,4	14,5	15,0	23,3	30,9
Hommes	20-74	10,7	12,1	12,7	20,6	27,7
Femmes	20-74	15,8	16,6	17,0	25,9	34,0

**Adapté de : Flegal et al., 2002**

d'études épidémiologiques transversales nommées National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) menées par le National Center for Health Statistic (Flegal, Carroll, Ogden, et Johnson, 2002). Les résultats démontrent deux augmentations marquées à la fin des années 1980 et 1990, suite à une prévalence restée constante dans les années 1960 et 1970. En effet, le survol de ces données permet de distinguer une première augmentation de 8,3% entre la fin des années 1970 et 1994 ainsi qu'une

augmentation de 7,6% entre les années 1988-94 et 1999 à 2000. L'étude de 1999-2004 permettra de déterminer si la prévalence de l'obésité aux États-Unis a atteint un plateau à la suite d'une augmentation de l'IMC causée par la modification du mode de vie ou au contraire si elle continue sa montée. Dans l'un ou l'autre des cas, les experts s'entendent pour dire que cette augmentation de la prévalence de l'obésité a modifié la distribution de l'IMC dans la population (Freedman et al., 2002; Flegal et al., 2002; Flegal et Troiano, 2000). Ainsi, l'IMC moyen qui était de 24,9 en 1990 est passé à 26,5 en 2000 (Freedman et al., 2002) et la prévalence de toutes les classes de surpoids a augmenté. Par contre, l'augmentation la plus manifeste a été observée au sein de la « classe 3 » d'obésité (IMC de 40 et plus). Bien que ces résultats proviennent uniquement des États-Unis, ils sont représentatifs de ce qui se passe au Canada, en Europe et en Asie (Tremblay, Katzmarzyk et Willms, 2002; Deurenberg-Yap, Chew, Lin, van Staveren et Deurenberg, 2001; Seidell, 1995). Dans la plupart des pays d'Europe la prévalence de l'obésité se situe entre 10 et 25% (OMS., 2000). Ce chiffre grimpe à 40% chez les femmes de l'Europe de l'Est. La plus grande prévalence se retrouve dans les pays comme la Malaisie, la Micronésie et la Polynésie où plus de 60% des hommes et des femmes sont considérés comme obèses (OMS., 2000).

Les coûts associés à l'obésité sont considérables. Le Tableau III présente des données concernant la proportion des coûts directs reliés à l'obésité par rapport au total des coûts des soins de santé en France, au Canada et aux États-Unis. Cependant, si on pouvait tenir compte des coûts indirects et intangibles provenant des maladies développées à



**Tableau III: Proportion des coûts directs associés à l'obésité.**

<b>Pays</b>	<b>Année</b>	<b>Obésité (IMC)</b>	<b>% du PNB*</b>
États-Unis	1988	> 29	7.8%
Canada	1997	>27	2.4%
France	1992	> 27	2%

**Adapté de : OMS., 1998.**

\*PNB : Pourcentage du Produit National Brut relié aux soins de santé

cause de l'obésité, les coûts seraient encore plus élevés. Ainsi, en plus d'être un facteur de risque de mortalité prématurée, l'obésité est un état associé à une augmentation de la morbidité entraînant à moyen et long termes une baisse de la productivité et une augmentation de l'absentéisme au travail (Seidell, 1995; Oster, Thompson, Edelsberg, Bird, et Colditz, 1999; Detournay, Fagnani, Phillippo, Pribil, Charles, Sermet, Basdevant et Eschwège 1999). Les coûts financiers indirects sont importants. Enfin, il y a les coûts intangibles c'est-à-dire la diminution de la qualité de vie. Ceux-ci sont encore plus difficilement quantifiables que les coûts indirects. En somme, la prévalence de l'obésité ayant plus que doublée depuis les années soixante est devenue un enjeu majeur pour la santé publique. Les conséquences tant au plan de la santé que de la qualité de vie ont des répercussions sociales sérieuses qui impliquent des sommes d'argent importantes. Un effort collectif devra être consenti afin de freiner cette escalade de l'obésité.

### L'obésité chez l'enfant

À la suite de la montée fulgurante de sa prévalence, l'obésité juvénile a été qualifiée d'épidémique par le milieu médical et scientifique (Rocchini, 2002; Sinha et al., 2002; OMS., 1997). Dans les pays industrialisés, l'embonpoint touche entre 10% et 25% des jeunes selon la méthode et les critères d'évaluations utilisés (Kino-Québec, 2000). Aux États-Unis le nombre d'enfants obèses atteignait 15.5% en 2000 (Ogden, Flegal, Carroll et Jonhson, 2000). Comme l'indique la Figure 1, selon le National Center for Health Statistics le pourcentage d'enfants et d'adolescents obèses a pratiquement triplé entre 1970 et 1999 et ces chiffres seraient à revoir à la hausse en 2001 (Ogden et al., 2000). Les résultats obtenus lors d'études longitudinales démontrent que l'obésité durant l'enfance augmente les risques de devenir un adulte obèse, accroissent ainsi les risques de morbidité et de mortalité (Guo, Wu, Chumlea et Roche, 2002; Raman, 2002).

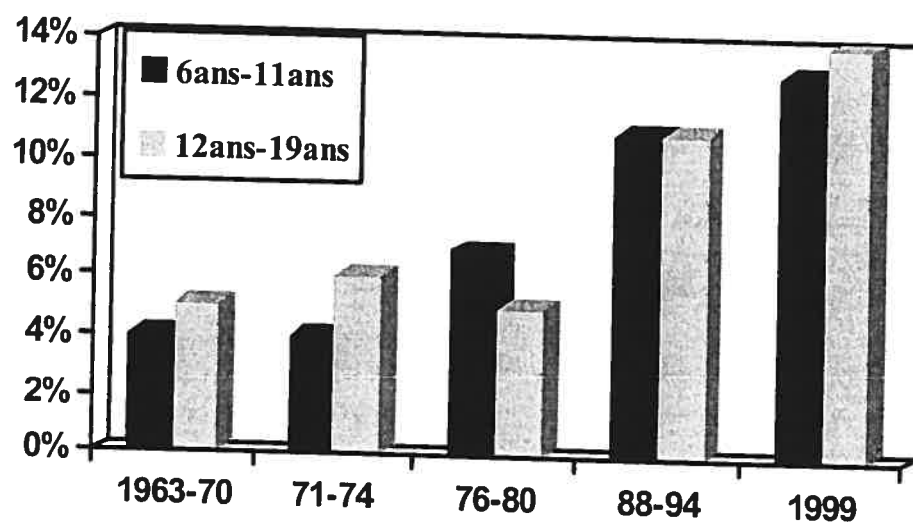


Figure 1: Prévalence de l'obésité chez les enfants et les adolescents 1963 et 1999.  
Adaptée de : NCHS, 2000.

### **Déterminants de l'obésité**

L'obésité est un problème multifactoriel. Les agents déclencheurs couramment cités sont la génétique, l'environnement et les habitudes de vie (Wing, Goldstein, Acton, Birch, Jakicic, Sallis, Smith-West, Jeffrey et Surwit, 2001; Pérusse, Tremblay, Leblanc, Cloninger, Reich, Rice et Bouchard, 1988). L'action de chacun de ces facteurs varie d'une étude à l'autre. La difficulté méthodologique liée à la quantification de leurs effets sur la prévalence de l'obésité est à l'origine de la diversité des résultats statistiques obtenus jusqu'à maintenant. Il a été démontré que la génétique compte, selon les études, pour environ 25% à 40%. Pour leur part, les facteurs environnementaux et la balance énergétique (dépense énergétique vs. l'apport énergétique) seraient ceux qui influencent le plus la prise de poids. Ils pourraient compter jusqu'à 75% du bilan total (Wing et al., 2001; Pérusse et al., 1988). Quant aux habitudes alimentaires et à la pratique d'activités physiques, il s'agit des plus souvent mentionnés (Swinburn, Caterson, Seidell et Jamas, 2004). Une diète riche en gras saturés trans et en aliments ayant un index glycémique élevé combinée à un mode de vie sédentaire augmente les risques de devenir obèse. À l'inverse, la pratique régulière d'activités physiques et une diète comportant des aliments à haute teneur en fibres alimentaires et en glucides complexes contribuent à réduire les risques de prise de poids sous forme de masse adipeuse (Swinburn et al., 2004).

### **Risques métaboliques connus pour la santé**

L'obésité est reconnue pour être étroitement associée à plusieurs problèmes métaboliques chez l'enfant comme chez l'adulte. Plus spécifiquement, la distribution de la masse adipeuse est le facteur le plus fortement associé aux problèmes découlant de l'obésité (Goran, Bergman et Gower, 2001; Huang, Johnson, Figueroa-Colon, Dwyer et Goran, 2001). Un surplus de masse adipeuse principalement localisé au niveau des viscères est plus propice au développement des maladies coronariennes et du diabète de type 2 que le surplus de poids réparti au niveau des membres inférieurs (McCarthy, Ellis et Cole, 2003; Khan et Valdez, 2003). Le tissu adipeux localisé au niveau des viscères est fortement relié aux concentrations de lipoprotéines de faible densité (LDL-cholestérol) et de triglycérides plasmatiques chez les enfants de 11 à 15 ans. Il est aussi fortement relié aux concentrations basales d'insuline et de lipoprotéines de haute densité (HDL-cholestérol) chez les filles de 10 à 16 ans (Caprio, Hyman, McCarthy, Lange, Bronson et Tamborlane, 1996). Normalement, la masse adipeuse des enfants est surtout sous cutanée et disparaît lors de la poussée de croissance (Huang et al., 2001). Cependant, l'enfant peut aussi accumuler une certaine quantité de tissus adipeux au niveau viscéral qui, comme chez les adultes, est fortement associée à une augmentation des risques de développer des maladies coronariennes. Par contre, bien que l'accumulation de tissus adipeux au niveau des viscères soit positivement corrélée avec la prise de masse adipeuse sous cutanée (Huang et al., 2001), aucun consensus n'existe à ce jour quant à la relation entre la masse adipeuse totale et la masse adipeuse viscérale (Goran, 1998). Les principaux désordres métaboliques associés à l'obésité sont la dyslipidémie, l'hypertension et le diabète de type 2 (Rissanen et Fogelholm, 1999).

### **Profil lipidique et obésité**

Plusieurs études ont mis en évidence une relation étroite entre l'obésité, principalement l'obésité abdominale, et les désordres lipidiques (National Cholesterol Education Program (NCEP), 2001; Després, Couillard, Bergeron, Leon, Rao, Skinner, Wilmore et Bouchard, 2000; Must et al., 1999; Freedman, Serdula, Percy, Ballew et White, 1997). Trente-six pourcent des hommes qui ont un surplus de poids présentent un taux élevé de cholestérol, soit 10% de plus que ceux de poids quantifié de normal. La masse adipeuse des femmes est habituellement concentrée au niveau des membres inférieurs alors que celle des hommes se retrouve principalement au niveau de l'abdomen. (Després et al., 2000). Ainsi, puisque la masse adipeuse abdominale est fortement associée aux troubles lipidiques, les femmes seraient moins à risques que les hommes de connaître une dégradation de leur profil lipidique, du moins, avant la ménopause.

La variable clé est le rapport cholestérol total/HDL-cholestérol (Schaefer, McNamara, Shah, Nakajima, Cupples, Ordovas, Wilson : Framingham Offspring Study, 2002). Le Tableau IV, illustre les principales répercussions de l'obésité et l'activité physique sur le profil lipidique.

**Tableau IV: Profil lipidique associé à la prise de poids et à la pratique d'activité physique.**

<b>PROFIL LIPIDIQUE</b>	
<b>Effets de l'obésité sur le profillipidique</b>	<b>Effet de l'activité physique sur le profil lipidique</b>
↓HDL-chol.*	↑HDL-chol.
↑Cholestérol/HDL-chol.	↓LDL-chol.
↑du nombre de particules LDL-chol.	↓Triglycéride
	↓Total chol./HDL-chol.
	↓cholestérol total possible

**Adapté de : Savage et al., 2003; Hardman, 1999.**

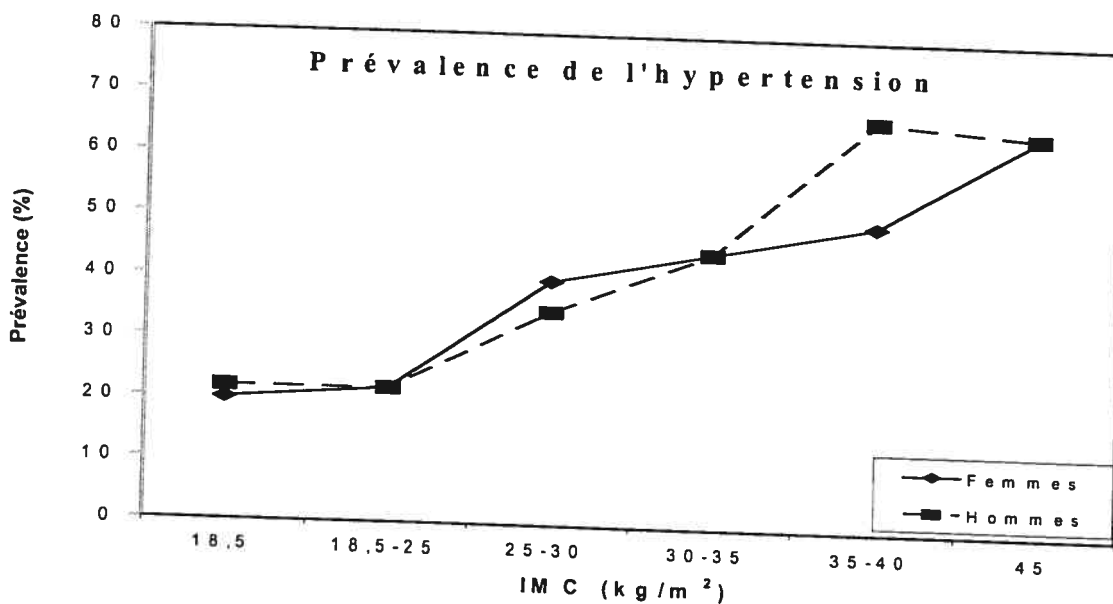
**\*Chol. : Cholestérol.**

Chez la personne ayant un surplus de poids, le niveau des lipoprotéines de haute densité (HDL-chol) baisserait de façon significative (NCEP, 2001) faisant ainsi augmenter le rapport cholestérol total/HDL-cholestérol (Couillard, Després, Lamarche, Bergeron, Gagnon, Leon, Rao, Skinner, Wilmore et Bouchard, 2001). À noter, plus ce rapport est élevé plus les risques de développer des maladies cardio-vasculaires sont augmentés. En dernier lieu, bien que le niveau de LDL-chol. dans le sang reste sensiblement le même malgré l'augmentation de poids, des études ont démontré que le nombre de petites particules de LDL-chol. augmentait (Schaefer et al., 2002; Reaven, 1994). Ces petites particules plus denses, ont été reconnues comme étant plus athérogéniques. Elles auraient ainsi tendance à s'agglomérer dans les vaisseaux sanguins augmentant le risque de maladies cardio-vasculaires (Schaefer et al., 2002; NCEP, 2001; Freedman et al., 1999).

La prévention primaire des maladies coronariennes passe par la diminution du niveau de LDL-cholestérol et l'augmentation de HDL-cholestérol (Couillard et al., 2001; Després et al., 2000). Pour ce faire, deux actions conjointes doivent être prises. D'une part, réduire l'ingestion de lipides alimentaires, plus particulièrement celle des gras saturés trans et d'autre part, contrôler son poids. Quant à l'activité physique, elle a un double effet sur le profil lipidique. Dans un premier temps, la pratique d'activité physique entraîne une diminution de la masse adipeuse qui est associée à une modification du profil lipidique. Dans un deuxième temps, la pratique régulière d'activité physique est associée à une diminution du taux de LDL-chol, à une augmentation du taux de HDL-chol et à une possible diminution du cholestérol total (Couillard et al., 2001). Dans cette perspective, la pratique d'activité physique devrait être encouragée chez les personnes voulant améliorer leur profil lipidique.

### **Hypertension artérielle et obésité**

Selon l'OMS (1994) 30 à 65% des cas d'hypertension seraient attribuable à l'obésité. La Figure 2 montre la prévalence de l'hypertension en fonction de l'IMC aux Etats-Unis (Must et al., 1999). Chez les hommes et les femmes la prévalence de l'hypertension augmente avec l'IMC. Une simple réduction de poids serait donc souvent suffisante pour réduire la pression sanguine. De plus, en absence d'obésité l'incidence de l'hypertension serait diminuée de moitié (Rowland et al., 1990). La prévalence de l'hypertension serait aussi plus élevée chez les enfants obèses (Sorof, Lai, Turner, Poffenbarger et Portman, 2004). Une étude réalisée auprès 5102 enfants de 13 ans d'âge moyen, rapporte que 2,6% des enfants dont l'IMC était sous le 85<sup>e</sup> percentile, ont été diagnostiqués comme étant hypertendus. Chez



**Figure 2:Prévalence de l'hypertension en fonction de l'IMC. Adaptée de : Must et al., 1999**

les enfants dont l'IMC était au-dessus du 95<sup>e</sup> percentile cette proportion passait à 10,7%. L'augmentation de la prévalence de l'obésité chez les enfants, combinée à la forte relation entre l'obésité à l'âge adulte et l'hypertension, laisse présager une augmentation des cas d'hypertension d'ici les prochaines années. Les experts s'accordent pour affirmer qu'il est primordial d'approfondir les connaissances des effets à long terme de l'hypertension chez les enfants afin d'améliorer la qualité de vie des générations futures (Rowland et al., 1990; Bloomgarden, 2002; Zaborskis, Petrauskiene, Gradeckiene, Vaitkaitiene et Bartasiute, 2003).



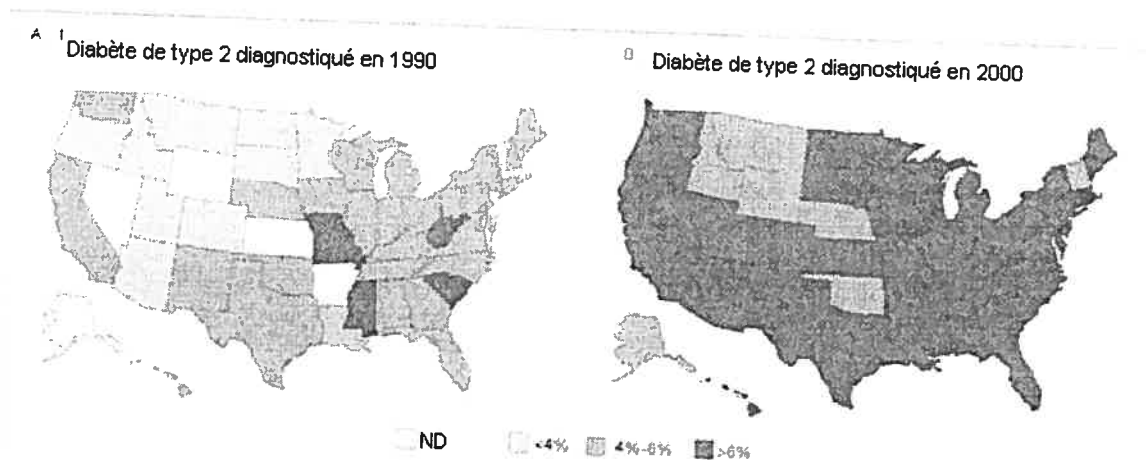
### **Cancers et obésité**

Plusieurs données ont été rapportées sur le rôle de l'obésité en relation avec certains types de cancers (le cancer du sein, de l'endomètre, cancer de l'œsophage, du colon et du rein) (Stein et Colditz, 2004). Chez la femme ménopausée, le gain de poids serait associé à un risque accru de cancer du sein et de l'endomètre, tandis que l'obésité augmenterait le risque de cancer du sein chez la femme pré-ménopausée et chez la femme post-ménopausée (Key, Schatzkin, Willett, Allen, Spencer et Travis, 2004). De plus selon l'International Agency for Research on Cancer (IARC), le surplus de poids et l'inactivité physique seraient responsables de 25% à 30% des cancers du sein et de l'endomètre et tant chez la femme que chez l'homme, des cancers du colon, du rein et de l'œsophage (Stein et Colditz, 2004). La sédentarité et le surpoids sont des facteurs de risques modifiables. Une pratique régulière d'activité physique aussi minime que 30 minutes de marche par jour et une alimentation équilibrée comportant une quantité suffisante de fruits et légumes en plus de permettre une diminution de la masse grasse, pourraient réduire les risques de développer les types de cancers mentionnés précédemment (Stein et Colditz, 2004).

Les risques associés au cancer chez les jeunes obèses sont peu connus. Cependant, selon l'IARC l'incidence du cancer du colon augmenterait avec l'incidence de l'obésité chez l'adolescent (OMS., 1998). L'IARC recommande fortement de surveiller les enfants en bas âge afin de prévenir les effets néfastes de l'obésité.

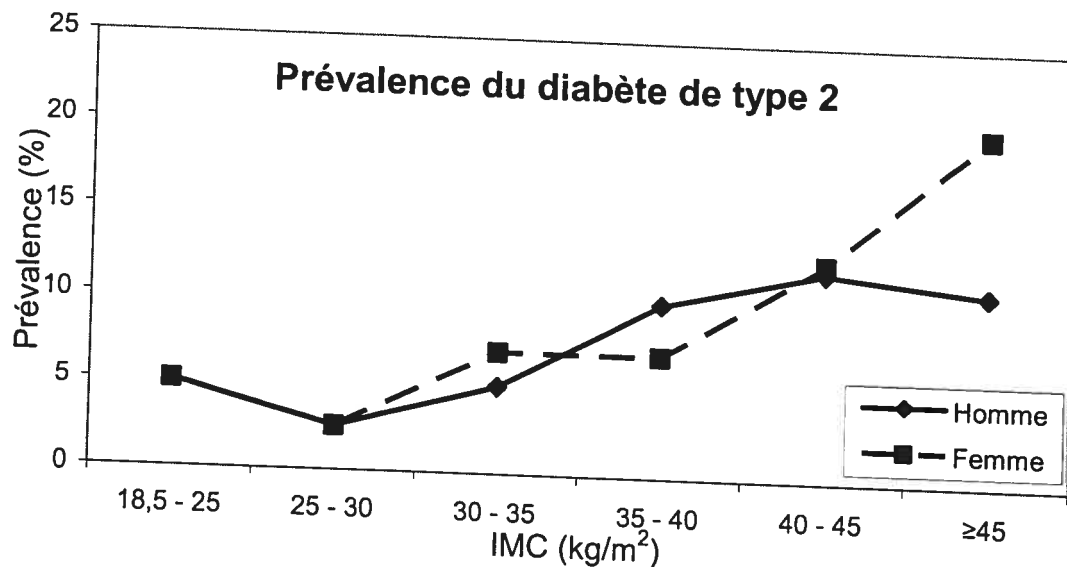
## Diabète de type 2 et obésité

Le diabète de type 2 est considéré comme étant la sixième cause de décès aux États-Unis (Mokdad, Marks, Stroup et Gerberding, 2004). Tel qu'illustré à la Figure 3, en l'an 2000 presque tous les états américains présentaient une prévalence de diabète supérieure à



**Figure 3: Diabète de type 2 diagnostiqué en 1990 et en 2000**

6%, soit une augmentation de 6% depuis 1990 (Mokdad et al., 2004). Globalement aux États-Unis, la prévalence du diabète est de 7,3% (Mokdad et al., 2001) et selon Statistiques Canada, la prévalence de cette maladie a augmenté de 1,1% en 5 ans atteignant 4,1% en l'an 2000. Tel qu'illustré à la Figure 4, il y a une relation positive entre la prévalence du diabète de type 2 et l'IMC. Ainsi, plus l'IMC augmente plus la prévalence du diabète de type 2 augmente.



**Figure 4: Prévalence du diabète de type 2 selon l'IMC. Adaptée de : Must et al., 1999**

Historiquement, seul les adultes étaient concernés par le diabète de type 2 (Ludwig et Ebbeling, 2001). Avant 1992, le pourcentage des enfants recevant ce diagnostic était de 2% à 4% du total des cas de diabète juvénile type 1 et 2 confondus (Sinha et al., 2002). Aujourd'hui, la prévalence du diabète de type 2 est entre 16% et 25% des nouveaux cas de diabète chez les jeunes (American Diabetes Association, 1998). Le milieu médical parle de l'émergence d'une épidémie qui tout comme chez l'adulte, est corrélée avec l'augmentation de la prévalence de l'obésité (Rocchini, 2002; Rosenbloom et al., 1999). L'IMC moyen chez les enfants ainsi diagnostiqués est généralement au-dessus du 95<sup>e</sup> percentile selon l'âge et le sexe (Ludwig et Ebbeling, 2001). Les minorités ethniques telles les afro-américains, les amérindiens, les japonais américains et les mexicains, sont les plus touchées et ce dans des proportions allant jusqu'à 69% (Rosenbloom et al., 1999; Ludwig et Ebbeling, 2001).

À moyen et longs termes les effets néfastes du diabète sont sérieux. Ils peuvent être de type micro-vasculaires (perte de vision, insuffisance rénale, dommages aux nerfs périphériques et du système nerveux central) et/ou macro vasculaires (hypertension, dyslipidémies et maladies cardiovasculaires). L'augmentation du nombre de cas d'enfants atteint de diabète de type 2 conduira inévitablement à une augmentation du nombre de maladies cardiaques chez les jeunes adultes d'ici les prochaines années (Ludwig et Ebbeling, 2001). Un diagnostic précoce tant chez l'enfant que chez l'adulte est donc impératif afin d'éviter les complications micro et macro-vasculaires à long terme. À cet égard, l'American Diabetes Association recommande que les enfants dont le poids se situe au-dessus du 85<sup>e</sup> percentile d'IMC pour leur âge soient examinés bi-annuellement à partir de l'âge de 10 ans (Ludwig et Ebbeling, 2001). Les facteurs de risques de résistance à l'insuline et du diabète de type 2 peuvent être contrôlés. En effet, une simple augmentation du niveau d'activité physique combinée à un régime alimentaire équilibré peut prévenir les risques de développer le diabète de type 2 (Goran, Ball et Cruz, 2003). Par ailleurs, le traitement et la prévention de cette maladie doivent passer par un contrôle efficace du poids. Il a été démontré qu'une modeste diminution de poids de l'ordre de 5 à 10% augmente la sensibilité à l'insuline (Brochu, Tchernof, Turner, Ades et Poehlman, 2003). De plus, une perte de poids significative peut permettre de normaliser le niveau de glucose sanguin et potentiellement de résorber les symptômes de la maladie chez certains individus (Pi-Sunyer, 1999). Le diabète de type 2 peut donc être prévenu et traité par de simples changements de style de vie (Pi-Sunyer, 1999).

Les différents problèmes de santé liés à l'obésité, induisent des complications très graves à long terme. Celles-ci peuvent toutefois être contrôlées voire même évitées par l'adoption de comportements tels l'augmentation du niveau d'activité physique et une saine alimentation. Les complications à long terme sont bien documentées pour la population adulte. Cependant, l'émergence de problématiques telles que les dyslipidémies, l'hypertension et le diabète de type 2 chez l'enfant est un défi de taille pour notre société. Puisque les conséquences peuvent être très graves et invalidantes à l'âge l'adulte, nous devons nous attendre à ce que celles-ci soient encore plus importantes si ces conditions sont présentes sur une longue période de temps.

### **Obésité et biomécanique**

La section suivante traite principalement de la recherche sur l'obésité dans le domaine de la biomécanique. Peu d'études portent sur les conséquences biomécaniques de l'obésité. Par contre, les résultats des études qui seront présentées dans les prochaines pages démontrent que le surplus de poids entraîne des modifications majeures tant aux structures osseuses qu'aux paramètres de mouvements (cinématiques) et de forces appliquées (cinétiques). Ces modifications peuvent être faites de façon volontaire, par exemple pour réduire une sensation de douleur articulaire. Elles peuvent aussi être induites directement par l'obésité, dans le cas des changements structuraux ou en vue de s'assurer d'une meilleure stabilité lors de ses déplacements. Par contre, qu'elles soient physiques ou mécaniques, volontaires ou non, ces modifications ont toutes des conséquences à plus ou moins long terme sur la qualité du patron locomoteur. La personne obèse se déplaçant difficilement, voire douloureusement, aura tendance à réduire ses déplacements, se retranchant ainsi dans un mode de vie sédentaire.

### Structures osseuses

Une équipe de chercheurs (Riddford-Harland, Steele et Storlien, 2000), s'est penchée sur la structure du pied chez les jeunes obèses (124 enfants filles et garçons, âge moyen : 8,5 ans). Il existe de nombreuses données en ce qui a trait aux sujets dont l'IMC se situe entre 18,5 et 24,5 kg/m<sup>2</sup>. Il est bien connu que le surpoids est à l'origine de problèmes musculo-squelettiques dûs à l'augmentation du stress mécanique sur les articulations. Le groupe de recherche de Riddford-Harland et collaborateurs (2000) a donc voulu savoir comment la surcharge pouvait affecter la structure du pied et quelle en était l'implication fonctionnelle pour les jeunes présentant un problème de surpoids.

En bas âge, l'arche longitudinale du pied n'est pas arquée ce qui donne un pied plat. Généralement, vers l'âge de cinq ou six ans, l'enfant développe une arche semblable à celle de l'adulte. Cependant, si la prise de poids est trop importante avant cet âge, le relâchement du pied peut continuer et entraîner une arche longitudinale moins marquée que la normale. L'enfant garde ainsi la démarche « pied plat » pouvant mener à des problèmes podiatriques au cours de la maturation. Dans cette étude, des empreintes des deux pieds ont été prises à l'aide d'un pédographe. Les résultats ont permis de constater que l'angle du pied était significativement plus petit chez l'obèse (35°) que chez les enfants non obèses (45°). Les sujets obèses présentaient une arche intermédiaire, c'est-à-dire moins prononcée que la normale. Ceci se traduit par une réduction de l'intégrité du pied dans sa fonction de support. Des symptômes d'inconfort reliés à ces différences structurales peuvent par la suite entraîner une diminution du niveau d'activité physique

et des activités fonctionnelles comme la marche, favorisant un mode de vie sédentaire et une prise de poids sous forme de tissus adipeux.

De façon générale, le stress mécanique induit par une activité impliquant une mise en charge de l'os, augmente le travail ostéogénique et par conséquent, la qualité de l'os est accrue (Cullen, Smith et Akhter, 2001). Par contre, il semble que chez l'enfant et l'adolescent la masse maigre serait un meilleur indice du niveau de contenu minéral osseux total que la masse adipeuse majoritairement retrouvée chez les personnes obèses (Pietrobelli, Faith, Wang, Brambillam, Chiumello et Heymsfield, 2002). Goulding et collaborateurs (2000), ont étudié la densité minérale de l'os chez des enfants ayant un excès de poids. Leur hypothèse était que ces enfants, n'ayant jamais eu de fractures dans le passé, auraient une masse osseuse totale faible pour leur poids. Ils ont étudié le contenu minéral osseux de 336 sujets âgés de 3 à 19 ans à l'aide du DEXA (dual energy X-ray absorptiometry). Dans le cas du contenu minéral, le rapport du contenu minéral osseux observé à celui qui est prédit en fonction du poids des sujets, a été calculé après ajustement pour l'âge. Chez les garçons comme chez les filles, le ratio était significativement moins élevé chez les enfants présentant un surplus de poids et chez les obèses (voir Tableau V).

**Tableau V: Contenu minéral osseux selon l'indice de masse corporelle.**

Sexe	IMC (percentile)	Rapport Observé/prédict (%)	Niveau de signification
<b>FILLES</b>	Moins de 85	101,3	–
	85-94	95,6	p< 0,006
	95 et +	91,9	P<0,001
<b>GARÇONS</b>	Moins de 85	101,4	–
	85-94	95,5	P<0,05
	95 et +	89,9	P<0,006

Adapté de : Goulding et al., 2000.

Le même exercice fut repris pour le rapport de l'aire osseuse observée et prédite chez les enfants obèses (Tableau VI). Les résultats confirment que les enfants ayant un IMC

**Tableau VI: Aire osseuse selon l'indice de masse corporelle.**

Sexe	IMC (percentile)	Rapport Observé/prédict (%)	Niveau de signification
<b>FILLES</b>	Moins de 85	101,1	–
	85-94	96,4	p<0,001
	95 et +	92,4	p<0,001
<b>GARÇONS</b>	Moins de 85	100,9	–
	85-94	97,5	p<0,05
	95 et +	92,4	p<0,001

Adapté de : Goulding et al., 2000.



supérieur à  $25 \text{ kg/m}^2$  souffrent d'une diminution de l'aire et de la masse osseuse. Durant la croissance ceci peut avoir pour effet d'exercer une grande tension sur les os et les articulations de ces enfants. À court terme, le contenu minéral ainsi que l'aire osseuse totale des enfants ayant un surplus de poids sont inadéquats pour compenser l'augmentation de poids corporel. Ces enfants risquent d'être plus susceptibles aux fractures et aux blessures articulaires augmentant d'autant la probabilité de souffrir d'arthrose à l'âge adulte.

### **Arthrose et obésité**

L'obésité est considérée comme le plus premier facteur de risque en ce qui a trait à l'apparition d'arthrose (Pi-Sunyer, 1999; Spector et al., 1994). L'excès de poids provoque une surcharge à l'articulation du genou et de la hanche pouvant causer, à moyen/long terme, l'arthrose (Manninen et al., 1996). Chez la personne obèse, une perte de poids de 5 kg diminuerait les risques de développer ce type de dégénérescence de 50% (Messier, Davies, Moore, Davis, Pack et Kazmar, 1994). Le contrôle du poids est donc particulièrement indiqué pour réduire les risques de développer ce problème (Messier et al., 1994).

L'arthrose est particulièrement invalidante et a des conséquences néfastes sur la qualité de vie des individus atteints. Selon Coggan et collaborateurs (2000), si les personnes ayant un surplus de poids réduisaient leur IMC à celui recommandé ( $18,5 \leq \text{IMC} \leq 24,9$ ), environ 25% des chirurgies du genou seraient évitées, réduisant ainsi une partie des coûts de santé associés à l'obésité. Les enfants pourraient n'être touchés par cette

problématique qu'à long terme, puisque le plus important facteur de risque est l'âge (Messier et al., 1994).

### **Maux de dos chroniques et obésité**

Le rôle de l'obésité dans l'étiologie des maux de dos ne fait pas l'unanimité chez les spécialistes. Certains auteurs rapportent que le surplus pondéral pourrait entraîner une dégradation prématurée des disques intervertébraux dû à la surcharge mécanique (Deyo et Bass, 1989). Par contre, si certaines études ont démontré une association positive entre la surcharge pondérale et les lombalgies (Bergenudd, Nilsson, Uden et Willner, 1989; Deyo et Bass, 1989), d'autres soupçonnent l'obésité d'être en lien avec l'apparition des maux de dos sans en être la cause directe (Leboeuf-Y, 2000). Dans le but de faire la lumière sur la contribution réelle de l'obésité dans l'étiologie des maux de dos, une recension des écrits portant sur les articles publiés entre 1965 et 1997 a récemment été publiée (Leboeuf-Y, 2000). Une association positive n'a été trouvée que dans seulement 32% des cas. Cette proportion est insuffisante pour établir un lien direct entre l'obésité et les maux de dos. Il semble toutefois que l'absence de consensus quant à la définition de « maux de dos » et le manque de précision quant à la différenciation de l'obésité et de l'obésité morbide aient desservi l'interprétation et la comparaison des données.

Une étude menée par Galli et collaborateurs, (2000) a évalué les changements posturaux causés par l'obésité morbide ( $IMC \geq 40$ ). Ces changements posturaux se sont révélés les principaux responsables des maux de dos chroniques. Les maux de dos sont très

invalidants, à un point tel qu'il est parfois très inconfortable, voire impossible pour certaines personnes obèses de faire une tâche aussi simple que de se lever d'une chaise. Dans cette tâche de lever de chaise (Sit-to-Stand), les personnes obèses adoptent une stratégie très différente de la population de poids normal. En effet, lors du mouvement, une limitation de la flexion du tronc a pu être observée chez les personnes obèses. Cette limitation aurait pour conséquence de diminuer la contrainte au niveau lombaire. Cependant, avec la fatigue, les sujets augmentent la flexion du tronc pour diminuer la surcharge au niveau des genoux ce qui a pour effet d'augmenter la surcharge au niveau du bas du dos et par conséquent d'augmenter les douleurs lombaires. Il semble donc que sans en être la cause principale, l'obésité pourrait à long terme contribuer à augmenter la prévalence de maux de dos en favorisant des mécanismes compensatoires ayant pour conséquence d'augmenter les tensions lombaires. L'aisance des personnes obèses à réaliser certaines tâches quotidiennes semble donc diminuée.

### **Cinématique : Patron angulaire articulaire**

Comme mentionné précédemment, les paramètres structuraux du pied peuvent être modifiés en raison d'un surplus de poids. Messier et collaborateurs (1994), se sont donc intéressés à l'effet de l'obésité morbide ( $IMC \geq 40$ ) des femmes adultes sur la mécanique du pied et à ses répercussions sur une activité fonctionnelle comme la marche. Cette étude a permis de constater un angle du pied significativement plus en abduction chez les sujets obèses comparativement aux sujets de poids normal ( $7,1^\circ$  vs.  $2,8^\circ$ ). Selon les auteurs, ceci pourrait avoir pour but de procurer une plus grande stabilité latérale. Le

Tableau VII présente les paramètres significativement différents entre les groupes. L'angle du talon lors du contact au sol, l'amplitude d'éversion ainsi que la vitesse

**Tableau VII: Moyennes et écart-types des paramètres biomécaniques du talon lors de la marche.**

Paramètres	Groupes		Niveau de signification
	Témoins	Obèses	
Angle du talon lors contact au sol (degrés)	2,42 ± 1,5	8,05 ± 2,2	p<0,05
Durée d'éversion maximale (seconde)	0,24 ± 0,02	0,18 ± 0,01	p<0,01
Durée d'inversion maximale (seconde)	0,28 ± 0,03	0,21 ± 0,02	p<0,05
Amplitude d'éversion (degrés)	6,78 ± 0,79	14,87 ± 1,78	p<0,01
Vitesse maximale d'éversion (degrés/sec.)	-79,17 ± 8,18	-198,79 ± 24,38	p<0,01

**Adapté de : Messier, 1994**

maximale d'éversion seraient modifiés, afin de placer le pied dans une position plus stable lors de l'acceptation du poids. Par contre, l'augmentation de l'amplitude d'éversion/inversion pourrait augmenter la tension exercée sur les structures musculotendineuses des membres inférieurs. Bien que ces modifications semblent être adoptées dans le but d'augmenter la stabilité des personnes obèses lors de la marche, les tensions sur les structures musculotendineuses qui en résultent pourraient avoir comme effet de

réduire l'aisance lors des déplacements. Ceci pourrait avoir comme conséquence à long terme de limiter la pratique d'activités reliées à la marche.

La marche est tout de même reconnue pour être le type d'activité à prioriser chez les personnes obèses. Cependant, les résultats de Messier et collaborateurs (1994) démontrent que ces personnes pourraient aussi avoir de la difficulté à pratiquer cette activité. Certains chercheurs ont voulu savoir si les caractéristiques locomotrices de cette population étaient différentes de celles des non obèses. Spyropoulos et collaborateurs (1991), ont identifié et comparé les composantes cinématiques de la marche chez 12 hommes obèses entre 31 ans et 47 ans. En observant les angles moyens dans le plan frontal à la hanche, ils ont remarqué que bien que l'aspect des courbes était similaire entre les groupes, l'abduction en phase de mi-support chez les obèses était significativement supérieure à celle des sujets contrôles ( $17,8^\circ$  vs.  $8,3^\circ$ ,  $p < 0,001$ ). Cette différence était aussi visible au contact talon de la jambe opposée ( $16,6^\circ$  vs.  $-3,6^\circ$ ,  $p < 0,001$ ) ainsi qu'au décollement des orteils ( $3,7^\circ$  vs.  $-9,3^\circ$ ,  $p < 0,001$ ). Cette modification de la cinématique de la hanche dans le plan frontal pourrait être due à l'excès de tissus adipeux au niveau des cuisses et à la nécessité d'augmenter la base de support afin de préserver l'équilibre dynamique.

Dans le plan sagittal, les auteurs ne retrouvèrent aucune différence statistique à la hanche. Par contre, les sujets obèses adoptèrent une position plus en extension au contact talon et durant la phase de « balancé ». De façon générale, ceci se traduit par une plus petite amplitude angulaire de la hanche dans le plan sagittal. À la cheville, les résultats

démontrent que l'angle articulaire était significativement différent entre les groupes durant tout le cycle de marche excepté au contact talon. En aucun temps l'angle articulaire à la cheville des sujets obèses de cette étude n'a été en flexion plantaire. Selon les auteurs, l'absence de flexion plantaire au décolllement des orteils contribuerait à diminuer la force disponible pour accéder à une poussée pouvant permettre une phase de balancé comparable à celle des sujets non-obèses. Cette diminution du temps passé en phase de balancé permettrait aux personnes obèses de réduire la phase de simple support. Ceci aurait pour effet de diminuer la période du cycle de marche durant laquelle l'équilibre est le plus précaire.

Hills et collaborateurs (1991), dans leur étude portant sur la comparaison entre 10 jeunes sujets obèses et 10 jeunes sujets non obèses âgés de 8 à 11 ans, ont obtenu des résultats similaires à ceux de Spyropoulos et collaborateurs (1991), pour ce qui est diminution de la flexion à la hanche. De plus, la flexion plantaire du contact talon à la phase de mi-support se ferait plus rapidement chez les sujets obèses que chez les sujets non-obèses. Finalement, le contact talon serait atteint dans une position « pied plat » chez certains sujets obèses. Selon les auteurs, les sujets obèses n'auraient pas la force musculaire et le contrôle neuromusculaire nécessaire pour permettre une flexion de la hanche aussi grande que celle observée chez les sujets non-obèses. Cette conclusion, plutôt rapide, renseigne bien peu sur les implications fonctionnelles de ces modifications sur le patron locomoteur des enfants obèses. Par contre, cette étude démontre clairement que les patrons angulaires à la hanche et à la cheville sont modifiés chez les enfants obèses.

Dans leur étude sur la marche de l'adulte obèse DeVita et Hortobágyi (2003) rapportent des résultats, à la cheville, différents des deux études précédentes. Ainsi, dans cette étude les personnes obèses auraient une flexion plantaire maximale lors de la phase de support plus grande de 6° et de 7° lors du décollement des orteils comparativement aux personnes de poids normal. Ces auteurs ont noté la différence entre leurs résultats et ceux de Spyropoulos et collaborateurs (1991), mais ne l'ont pas commentée. DeVita et Hortobágyi (2003) rapportent aussi des différences significatives entre les personnes obèses et non obèses, au genou et à la hanche, lors de la phase de support. Les personnes obèses adopteraient donc une position généralement plus en extension lors de cette phase, étant moins fléchie de 4° au genou et de 5° à la hanche. Selon eux, ces modifications du patron angulaire des personnes obèses seraient le résultat d'une réorganisation neuromusculaire afin de réduire la mise en charge au genou.

### **Composantes spatio-temporelles du cycle de la marche**

Dans leur étude, Hills et collaborateurs (1991), ont aussi comparé les paramètres spatio-temporaux des enfants obèses et non-obèses à la marche ainsi que la capacité des enfants à s'adapter à une vitesse de marche autre que celle dite « naturelle ».

Dans cette étude, certains paramètres spatio-temporaux tels que la vitesse et la longueur du pas ont dû être exprimés en fonction de la taille des sujets, puisque les sujets obèses avaient une taille moyenne de 143,8 cm comparativement à 131 cm pour les sujets non obèses. Les résultats (Tableau VIII) ont démontré que la durée du cycle de marche était significativement plus longue à toutes les vitesses chez les obèses et que la cadence, la vitesse relative et la longueur du pas étaient pour leur part moins élevées.

**Tableau VIII : Paramètres locomoteurs selon la vitesse de marche.**

Paramètres	Vitesses de marche						Niveau de signification
	Lente		Normale		Rapide		
	Obèses	Non obèses	Obèses	Non obèses	Obèses	Non obèses	
<b>Vitesse relative</b> (m/s)	0,82	0,97	0,90	1,03	1,25	1,25	p<0,001
<b>Cadence</b> (Pas/min.)	116	118,0	118,0	125,0	156,0	162,0	p<0,001
<b>Durée du cycle</b> (s)	1,03	1,01	0,96	0,81	0,75	0,73	p<0,001

Adapté de : Hills et al., 1991

Pour ce qui est du pourcentage de temps passé en phase de support et de non support, en vitesse normale les résultats sont comparables entre les groupes. Par contre, les enfants obèses tendent à augmenter le temps passé en double support lors des essais de marche lente et rapide.

Hills et collaborateurs (1991) en sont venus à la conclusion que les sujets obèses avaient une plus grande difficulté à s'adapter à des changements de vitesse à la marche. Ces résultats pourraient signifier que cette population serait désavantagée lors d'activités physiques impliquant des changements fréquents de vitesses. De plus, l'augmentation du temps passé en phase de double support indique, selon les auteurs, un besoin de réduire l'instabilité causée par la surcharge pondérale.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Spyropoulos et collaborateurs (1991), McGraw et collaborateurs (2000) et DeVita et Hortobágyi (2003). En effet, la phase de



support chez les sujets obèses était plus longue que celle observée chez les sujets non-obèses. De plus, la vitesse ainsi que la cadence étaient moins rapide chez les sujets obèses. Spyropoulos et collaborateurs (1991), ont aussi rapporté une largeur des pas doublée chez les personnes obèses. Outre le fait que cette différence puisse être due à une plus grande adiposité au niveau des cuisses, Spyropoulos et collaborateurs (1991) proposent que les personnes obèses ont besoin d'une plus grande base de support, afin de conserver un meilleur équilibre dynamique à la marche. De plus, selon ces auteurs, les données spatio-temporelles émanant de ces quatre études supportent l'hypothèse d'une moins grande stabilité dynamique lors de la marche chez les obèses, adultes ou enfants.

À notre connaissance, DeVita et Hortobágyi (2003) sont les seuls auteurs à avoir comparé la cinétique des personnes obèses et non-obèses à ce jour. Par contre, une importante erreur méthodologique met en cause la validité de leurs résultats. Ces auteurs rapportent des différences significatives au niveau des moments et des puissances développés par les sujets au genou et à la hanche. Ainsi selon eux, les personnes obèses développeraient une valeur maximale de moment fléchisseur au genou moins grande que les personnes non-obèses. Par contre, la valeur maximale de moment fléchisseur plantaire et l'impulsion angulaire à la cheville seraient, à l'inverse, plus grandes. Cependant, de ces données, seules les valeurs de moments au genou sont normalisées par la masse des sujets. Il est impensable d'utiliser des valeurs de moments et de puissances sans tenir compte de la masse, puisque dans cette étude cette dernière passait de 66kg pour le groupe des personnes non-obèses à 124kg pour les personnes obèses. Puisque les bases de données de personnes obèses sont peu nombreuses, ces données seront normalisées et rapportées ultérieurement dans le chapitre de discussion.

### **Énoncé de la problématique**

Les modifications biomécaniques imputables à l'obésité seront identifiées et analysées en comparant les paramètres cinématiques et cinétiques du cycle de marche chez des enfants de poids normaux à ceux d'enfants obèses.

### **Hypothèses**

L'hypothèse générale : Le surplus de poids chez l'enfant modifie les paramètres cinématiques et cinétiques lors de la marche.

Hypothèses dérivées :

1. Entre les enfants obèses et non-obèses, il y a une différence significative en ce qui a trait à certains paramètres cinématiques lors de la marche.
2. Entre les enfants obèses et les enfants non-obèses, il y a une différence significative en ce qui a trait à certains paramètres cinétiques lors de la marche.

### **Portée de l'étude**

Très peu d'études ont traité des conséquences de l'obésité sur le patron de marche des enfants. Parmi celles qui l'ont fait, la plupart traitent exclusivement des paramètres temporeux et de la cinématique angulaire. Dans le cadre de la présente étude, le patron locomoteur sera étudié dans son ensemble. De plus, à notre connaissance, aucune étude n'a porté sur le travail mécanique fait par l'enfant obèse durant le cycle de marche. En conséquence, les résultats de la présente étude apportent une contribution non négligeable au corpus de connaissances existantes quant à la problématique de l'obésité juvénile. De plus, les résultats pourront permettre d'identifier une ou des variables

pouvant servir de critère d'évaluation quant à l'efficacité mécanique du patron de marche des enfants obèses.

## CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE

Le prochain chapitre présente en détail la méthodologie utilisée pour cette étude. Celle-ci se divise en quatre parties soit : les sujets, le matériel utilisé, le protocole expérimental et les variables à l'étude et le traitement statistique.

### Les sujets

Vingt enfants ont participé à l'étude. Le premier groupe était formé de 10 enfants de poids normal selon les courbes d'IMC en fonction de l'âge (Cole, Bellizzi, Flegal et Dietz, 2000). Le second groupe était composé de 10 enfants étant au-dessus du 95<sup>e</sup> percentile d'IMC compte tenu de l'âge. La moyenne d'âge du groupe d'enfants de poids normal était de 9,4 ans (écart-type : 1,38) et de 9,7 ans (écart-type : 2,04) pour le groupe d'enfants obèses. Le Tableau IX décrit les sujets en termes d'âge, de masse et de taille. Trois sujets obèses ont été recrutés par le Dr. Marie Lambert de la clinique d'obésité de l'Hôpital Sainte-Justine. Les autres sujets ont été recrutés à l'aide d'affiches de recrutement approuvées par le Comité d'éthique de l'Hôpital Sainte-Justine. Celles-ci furent apposées dans une piscine municipale et au centre sportif d'Hydro-Québec (voir Annexe C). Aucun enfant ne présentait de pathologie pouvant interférer avec le patron de marche.

**Tableau IX: Caractéristiques biométriques des sujets**

Variables	Non-obèses	Obèses
	moyenne (écart-type)	$\geq 95^{\text{e}}$ percentile de poids pour l'âge moyenne (écart-type)
Sujet	N=10	N=10
Âge (années)	9,4 (1,4)	9,7 (2,0)
Masse (kg)	32,5 (9,3)	55,7 (16,2)
Taille (cm)	132,2 (10,8)	143,6 (15,2)

Afin de s'assurer d'une participation éclairée et volontaire, tous les sujets ainsi que leurs parents ou tuteurs ont pris connaissance du protocole et des objectifs de l'étude. De plus, ils ont tous signé un formulaire de consentement approuvé par le Comité d'Éthique de la recherche de l'Hôpital Sainte-Justine. Le formulaire de consentement est présenté en Annexe A.

### Matériel utilisé

#### **Préparation des sujets**

Afin de faciliter la prise de données, les enfants devaient être vêtus d'un maillot de bain ou d'un short et d'un chandail ajusté. Tous les essais ont été réalisés pieds nus afin d'éliminer les différences pouvant être induites par le type de chaussures portées par le sujet. Les données anthropométriques telles que; la taille, la longueur des jambes, la largeur des genoux et des chevilles ainsi que la masse ont été prises en début de séance afin de compléter le modèle anthropométrique.

Trente marqueurs sphériques de 14 mm de diamètre ont été apposés sur des repères anatomiques précis. Ces repères sont les suivants : la tête, la jonction inter-claviculaire, l'apophyse xiphoïde, les acromions, les olécrânes, les apophyses styloïdes du radius et du cubitus, les épines iliaques antéro et postéro-supérieures, les épicondyles latéraux des fémurs, les malléoles externes, les calcanéums et les métatarses du deuxième orteil. Un marqueur était apposé sur les cuisses et les jambes afin de permettre la reconstruction 3D de ces segments. La Figure 5 illustre la position de chacun des marqueurs.

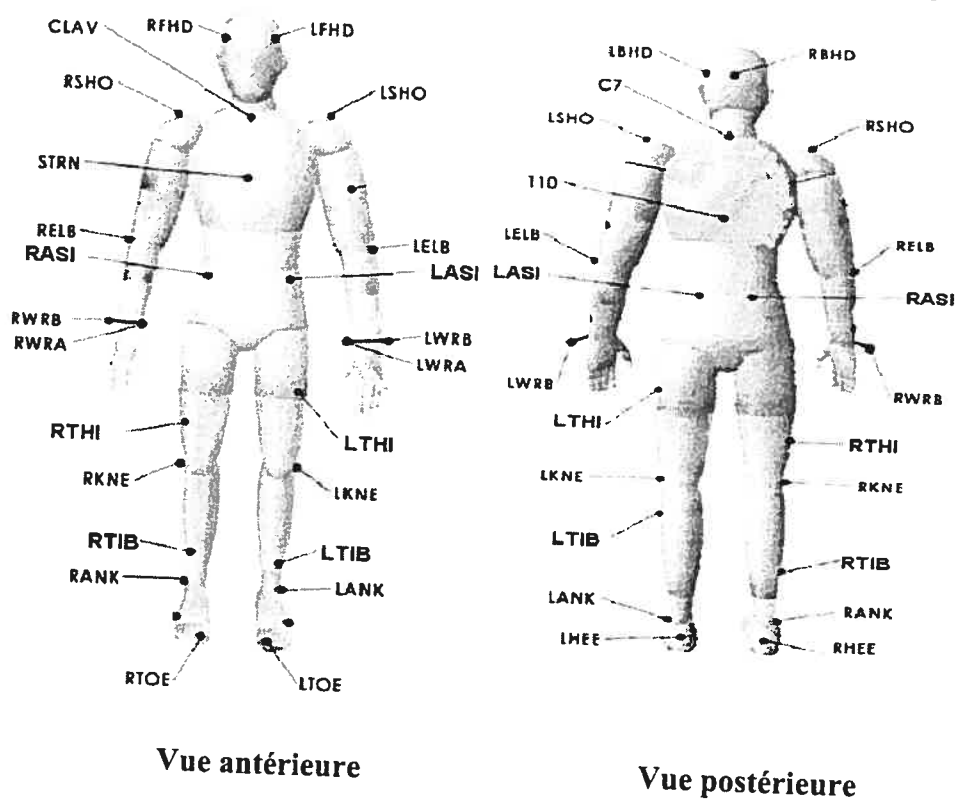


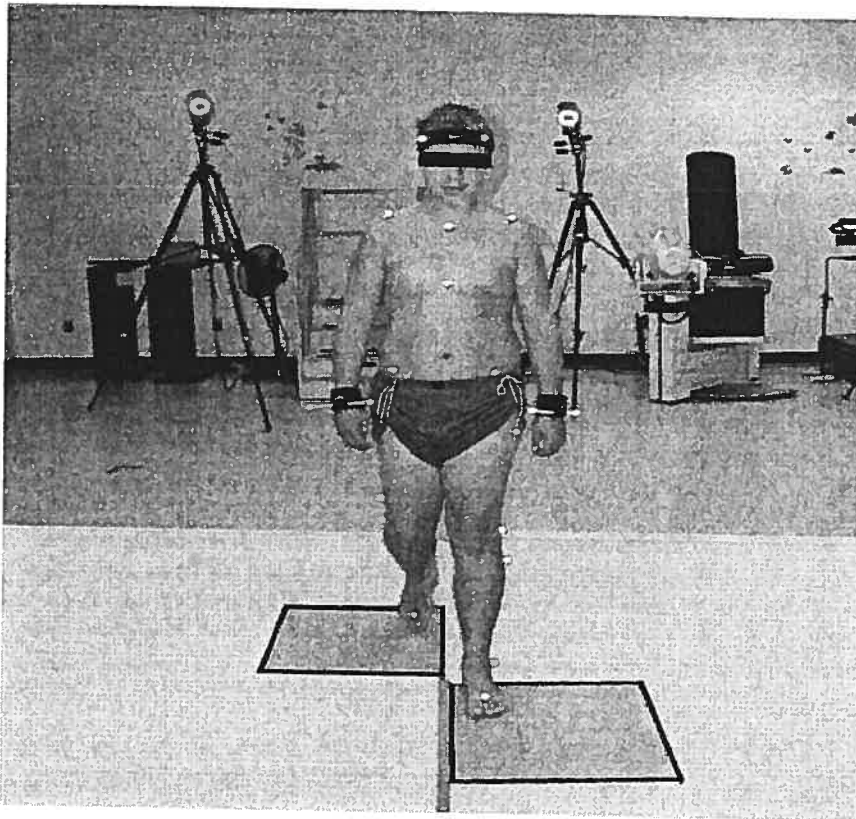
Figure 5: positionnement des marqueurs; vue antérieure et postérieure

### **Plates-formes de force**

Deux plates-formes de force (AMTI, Model OR6-5, Watertown, Massachusetts, USA) étaient placées au sol au centre du corridor de marche de 10m de longueur. Celles-ci étaient légèrement décalées dans le plan antéro-postérieur afin que le sujet puisse déposer complètement les pieds sur l'une et l'autre des plates-formes de force lors des essais de marche. L'acquisition des données fut réalisée à une fréquence de 960 Hz.

### **Système de caméras**

Les données cinématiques ont été recueillies avec un système d'analyse de mouvement en trois dimensions comportant huit caméras optoélectroniques (VICON; Oxford Metrics Limited, Oxford, England). L'emplacement des caméras autour du corridor de marche fut déterminé de sorte qu'en tout temps, chaque marqueur sphérique puisse être capté par au moins deux caméras. La Figure 6 illustre l'aménagement de l'équipement expérimental en vue frontale. Une attention particulière a été portée lors de l'étalonnage statique et dynamique dans le but d'optimiser la reconstruction tridimensionnelle. L'échantillonnage a été effectué à une fréquence de 60Hz. Les données cinématiques (angles articulaires et paramètres spatio-temporaux) et cinétiques (moments nets et puissances) furent calculées à l'aide du logiciel Vicon Clinical Manager (Oxford Metrics Limited).



**Figure 6: Aménagement de l'équipement expérimental en vue frontale**

### **Protocole expérimental**

À leur arrivée au laboratoire, le déroulement de la séance était expliqué aux enfants et à leurs parents. Le matériel utilisé lors de la séance leur était présenté à la suite d'une période de questions, le formulaire de consentement était lu et signé par l'enfant et le parent ou tuteur. La chronologie de la séance était la suivante :

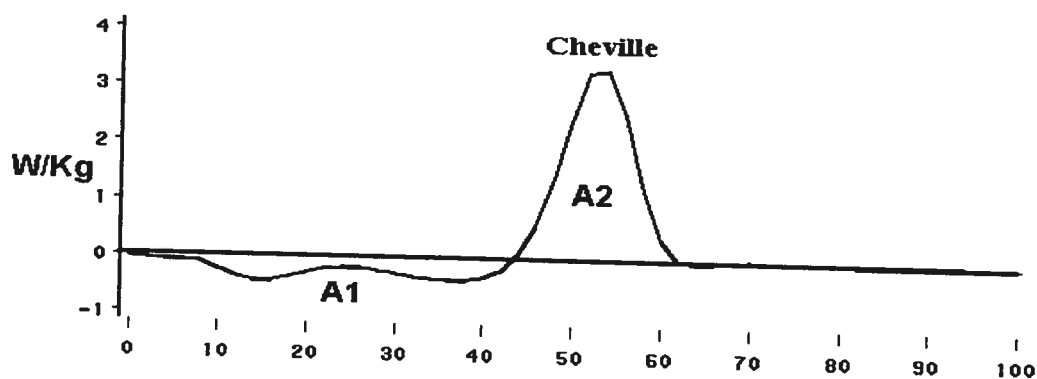
1. Prise des données anthropométriques,
2. Mise en place des marqueurs,
3. Essais statiques de cinq secondes permettant de définir le modèle anthropométrique,

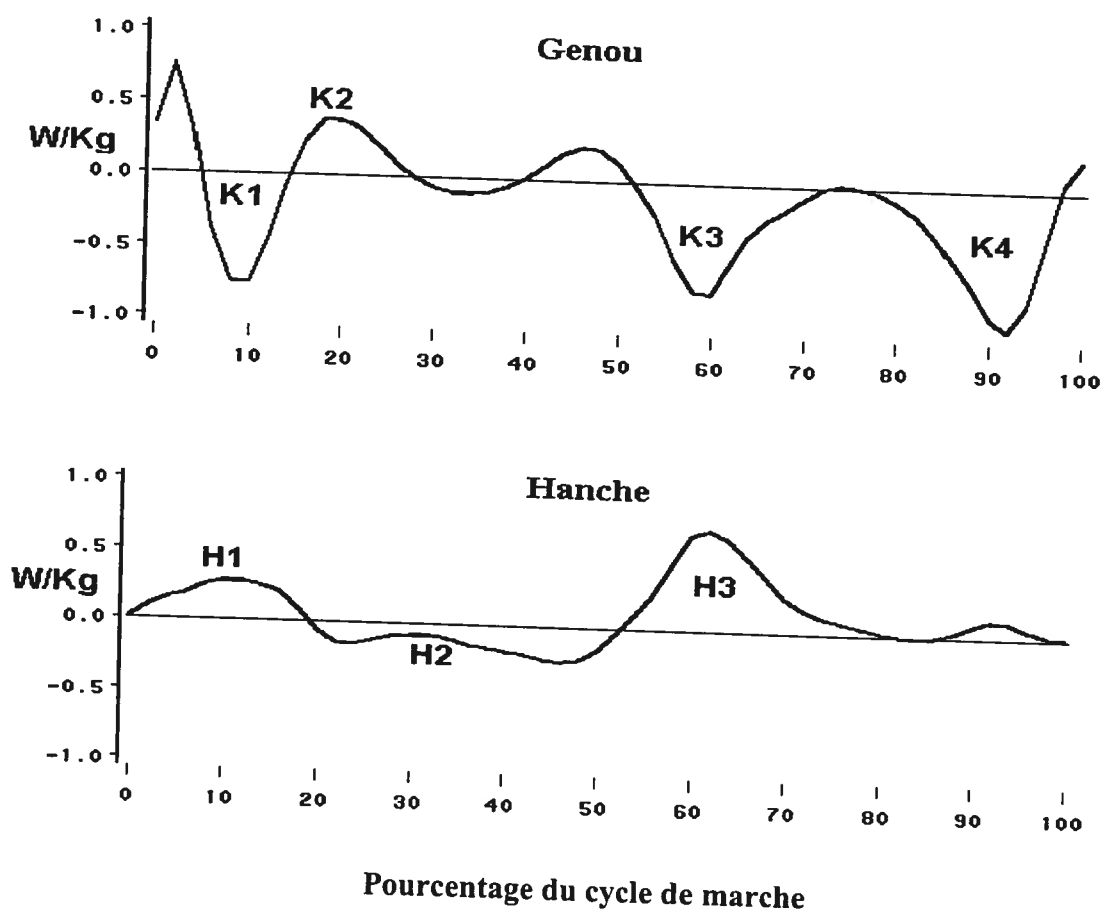


4. Essais préliminaires de marche afin de localiser la position de départ du sujet permettant le passage complet des deux pieds sur les plates-formes de forces,
5. Essais de marche, jusqu'à l'obtention de cinq essais valides pour l'analyse.

### Variables à l'étude et le traitement statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du test U de Mann-Whitney, un test non-paramétrique pour échantillons non normalement distribués. Les variables suivantes ont fait l'objet d'analyse : la cadence, la longueur de pas et la longueur de pas relative à la taille, la longueur d'enjambée, le temps passé en phase de double et de simple support, la vitesse de marche, la vitesse de marche exprimée en fonction de la taille, l'amplitude des angles articulaires, la valeurs maximales et minimales de certaines phases des courbes d'angles articulaires, de moments et de puissance pour les articulations cheville, genou et hanche et la synchronisation de la transition du moment extenseur à fléchisseur en début de support à la hanche. Les courbes de moments et de puissance (Figure 7), ont été divisées en phases selon la nomenclature instaurée par Winter (1987). Selon cette





**Figure 7: Courbes de puissance divisées selon la nomenclature de Winter (1987)**

convention, les valeurs positives au genou et à la hanche et fléchisseur plantaire dans le cas de la cheville. À l'inverse, les valeurs négatives indiquent un moment fléchisseur au genou et à la hanche et dorsifléchisseur à la cheville.

Les courbes de puissance ont été divisées de façon similaire : les valeurs positives indiquant une génération d'énergie par contraction concentrique et à l'inverse, une absorption d'énergie par contraction excentrique lorsque les valeurs sont négatives. Couplées aux moments de force nets, ces phases de puissance indiquent le groupe musculaire responsable de la génération ou de l'absorption d'énergie. L'intégration de

l'aire sous la courbe par rapport au temps, des phases de puissance à la cheville, au genou et à la hanche a été calculée afin de quantifier le travail mécanique (J/kg). Le travail mécanique négatif et le travail mécanique total furent définis par l'addition, dans le premier cas, des phases A1, K1, K3, K4 et H2 et dans le deuxième cas, par l'addition de l'ensemble des phases positives et négatives. Le rapport H2/H3 a aussi été analysé afin de quantifier l'énergie transférée de la phase H2 à H3.

Par convention, un cycle de marche complet débute lors du contact talon d'un pied (0%) et se termine lors du contact talon du même pied (100%). Tel qu'illustré au Tableau X, le cycle de marche comprend la phase de support entre 0 et 60% et la phase d'oscillation de 60 à 100%. La phase de support est divisée en trois périodes : l'acceptation du poids (0-15%), l'appui intermédiaire (15-40%) et la poussée (40-60%). La phase d'oscillation est quant à elle divisée en deux périodes soit : l'envol (60-80%) et l'atteinte (80-100%). Le cycle de marche, intègre aussi deux composantes : le support simple et le support double.

**Tableau X: Division du cycle de marche**

Cycle de marche (0-100%)				
Phase de support (60%)			Phase d'oscillation (40%)	
Acceptation du poids	Appui intermédiaire	Poussée	Envol	Atteinte
0-15%	15%-40%	40%-60%	60%-80%	80%-100%

Le support simple compte pour 40% du cycle et correspond à la portion du cycle durant laquelle un seul pied est en contact avec le sol. Le double support comprend deux périodes d'environ 10% chacune, correspondant au temps durant lequel les deux pieds sont en contact avec le sol. Les paramètres cinématiques et cinétiques seront rapportés conformément à cette terminologie. De plus, toutes les données cinétiques ont été exprimées en fonction de la masse corporelle afin de réduire la variabilité inter-sujets. La longueur d'enjambée et la vitesse de marche ont quant à elles, été exprimées en fonction de la taille des sujets, afin de réduire la variabilité intragroupe et intergroupe. La taille des sujets variait de 116,5cm à 164cm. Le seuil de signification est atteint lorsque la valeur «  $p \leq 0,05$  »

## CHAPITRE 3 : RÉSULTATS

Cette section présente les résultats des comparaisons entre les enfants obèses et non-obèses en ce qui a trait aux paramètres locomoteurs précédemment identifiés. Elle se subdivise en deux sous-sections : cinématique et cinétique.

### Cinématique

#### Paramètres temporeux

La synthèse des moyennes, écart-types et le niveau de signification des principaux paramètres spatio-temporeux est présentée au Tableau XI.

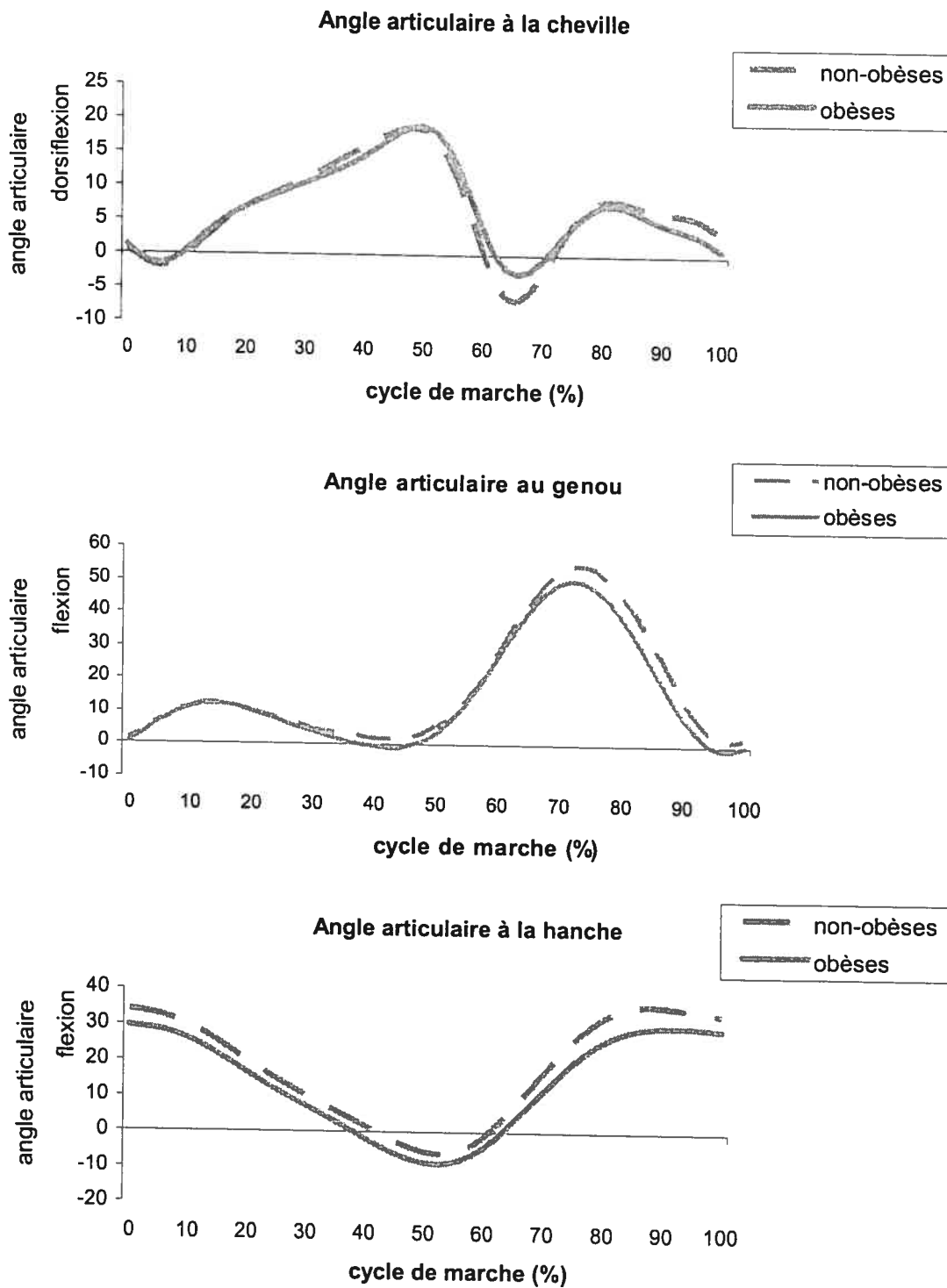
**Tableau XI: Paramètres spatio-temporeux des sujets**

Paramètres	Sujets				Niveau de signification
	Non-Obèses		Obèses		
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	
Cadence (pas/min)	111,6	6,9	113,2	14,5	NS
Simple support (%)	39	2	36	3	<b>0,01</b>
Double support (%)	23	3	27	5	0,07
Longueur de pas (m)	0,55	0,13	0,56	0,09	NS
Longueur d'enjambée (m)	1,06	0,20	1,08	0,16	NS
Longueur d'enjambée relative (m/taille)	0,79	0,11	0,75	0,12	NS
Vitesse (m/s)	0,98	0,22	1,01	0,16	NS
Vitesse relative à la taille ((m/s)/taille)	0,74	0,13	0,71	0,15	NS

L'analyse statistique de ces paramètres révèle peu de différences significatives entre les groupes. La cadence, la longueur de pas, la longueur d'enjambée relative à la taille ainsi que la vitesse et la vitesse relative à la taille ne sont pas différentes entre les groupes. Par contre, tel qu'attendu, la phase de simple support est significativement diminuée ( $p \leq 0,01$ ) tandis que la phase de double support tend ( $p \leq 0,07$ ) à être augmentée dans le groupe d'enfants obèses.

### **Angles articulaires**

La Figure 8 illustre les courbes moyennes et les écart-types des patrons cinématiques angulaires à la hanche, au genou et à la cheville. À cette dernière articulation, entre 0 et 50% du cycle de marche, les courbes sont presque parfaitement superposées. Elles atteignent une valeur maximale en dorsiflexion à peine supérieure chez les enfants obèses comparativement aux enfants non obèses ( $19,1^\circ$  vs.  $18,9^\circ$ ). Les courbes tendent à se dissocier lors du mouvement de flexion plantaire associé à la phase de propulsion. L'excursion maximale atteinte lors de cette flexion plantaire tend à diminuer chez les enfants obèses comparativement aux enfants non obèses ( $2,9^\circ$  vs.  $6,8^\circ$ ).



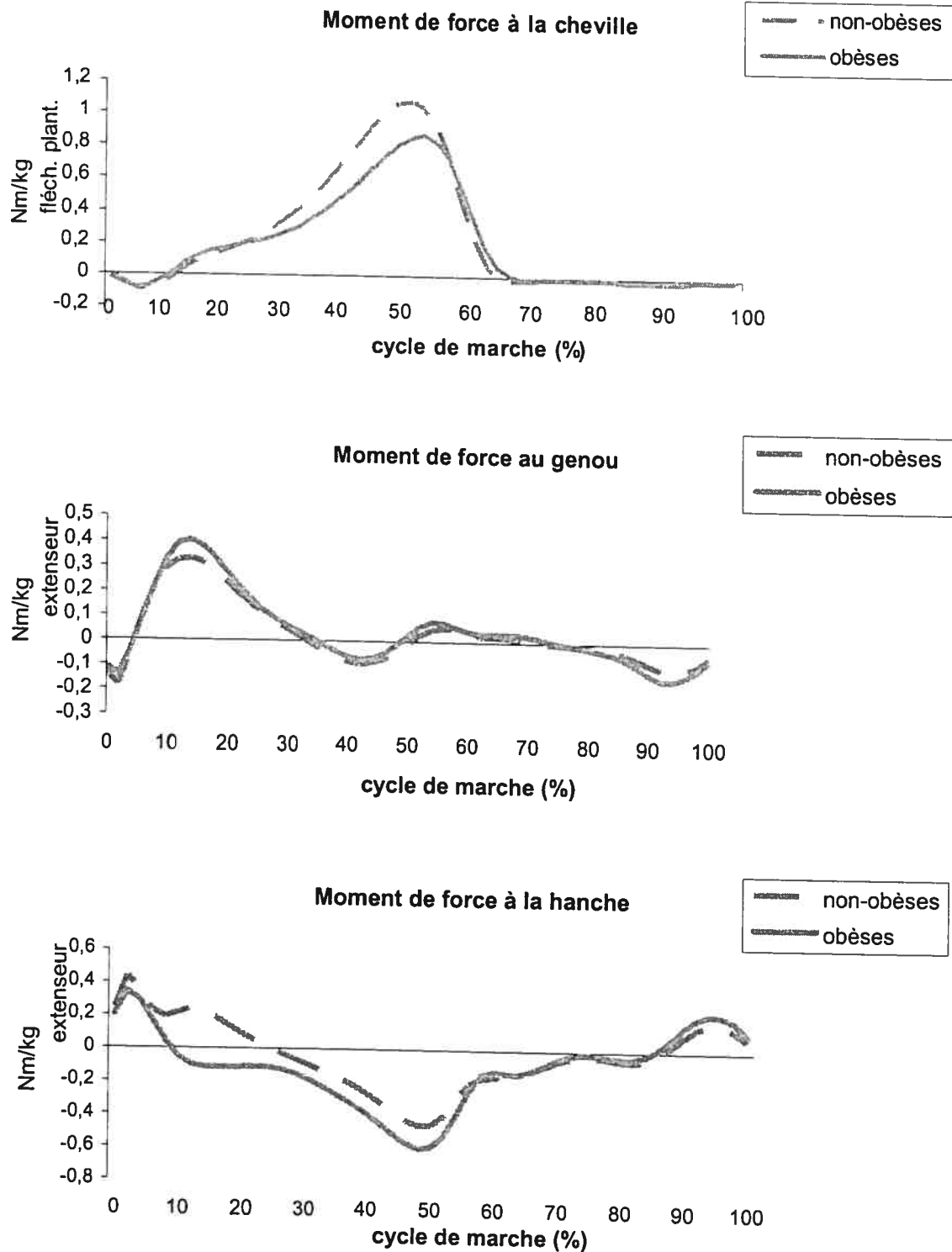
**Figure 8:** courbes moyennes et écart-types des patrons cinématiques angulaires à la cheville, au genou et à la hanche.

La cinématique angulaire au genou révèle peu de différence entre les groupes. Jusqu'à 65% du cycle de marche, les deux courbes sont presque en tous points semblables. Cependant, en phase de balancé, les enfants obèses atteignent une flexion maximale moins grande comparativement aux enfants non obèses ( $50,2^\circ$  vs.  $54,8^\circ$ ) et conservent cette position un peu plus en extension jusqu'à la fin du cycle. À la hanche, tant l'amplitude articulaire que l'aspect de la courbe sont semblables. Cependant, les enfants obèses adoptent une position du genou un peu plus en extension que les enfants non obèses et ce, tout au long du cycle. Ainsi, bien que quelques différences entre les patrons angulaires soient démontrées, aucune n'a cependant atteint le niveau de signification requis.

### **Cinétique**

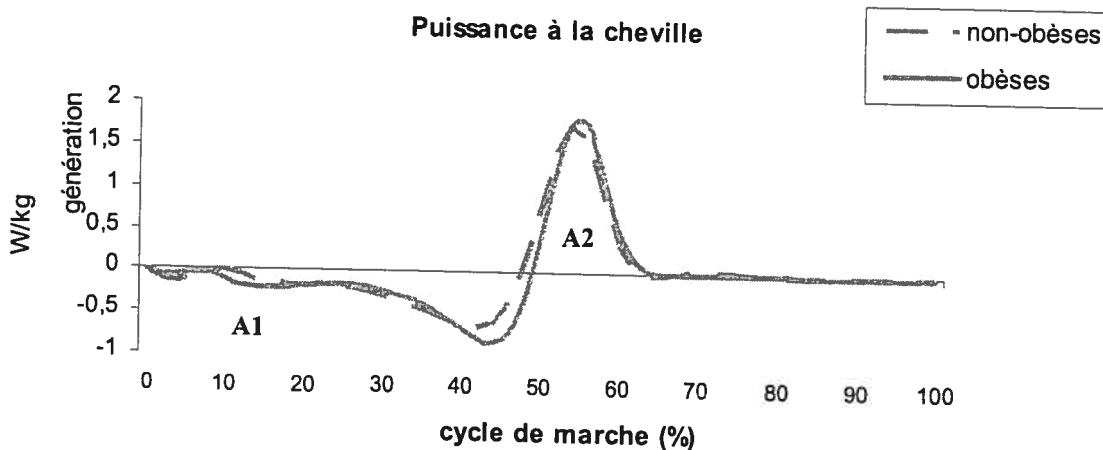
Les courbes moyennes de moments de force sont exposées à la Figure 9 pour chaque articulation. Les courbes de moments à la cheville ne révèlent rien de significativement différent entre les groupes. Cependant, les enfants obèses développent un moment par les fléchisseurs plantaires qui tend à être moins grand que chez les sujets non obèses ( $0,87\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$  vs.  $1,08\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ ). Au genou, la tendance inverse est observée, puisque les enfants obèses développent des moments extenseurs et fléchisseurs maximaux plus grands. À la hanche, la transition du moment extenseur à fléchisseur dans les premiers 30% du cycle de marche, est significativement devancée dans le temps ( $p < 0.03$ ) chez les enfants obèses comparativement aux non obèses (15% vs. 27%). Les deux courbes se comportent de façon similaire jusqu'à la fin du cycle de marche.

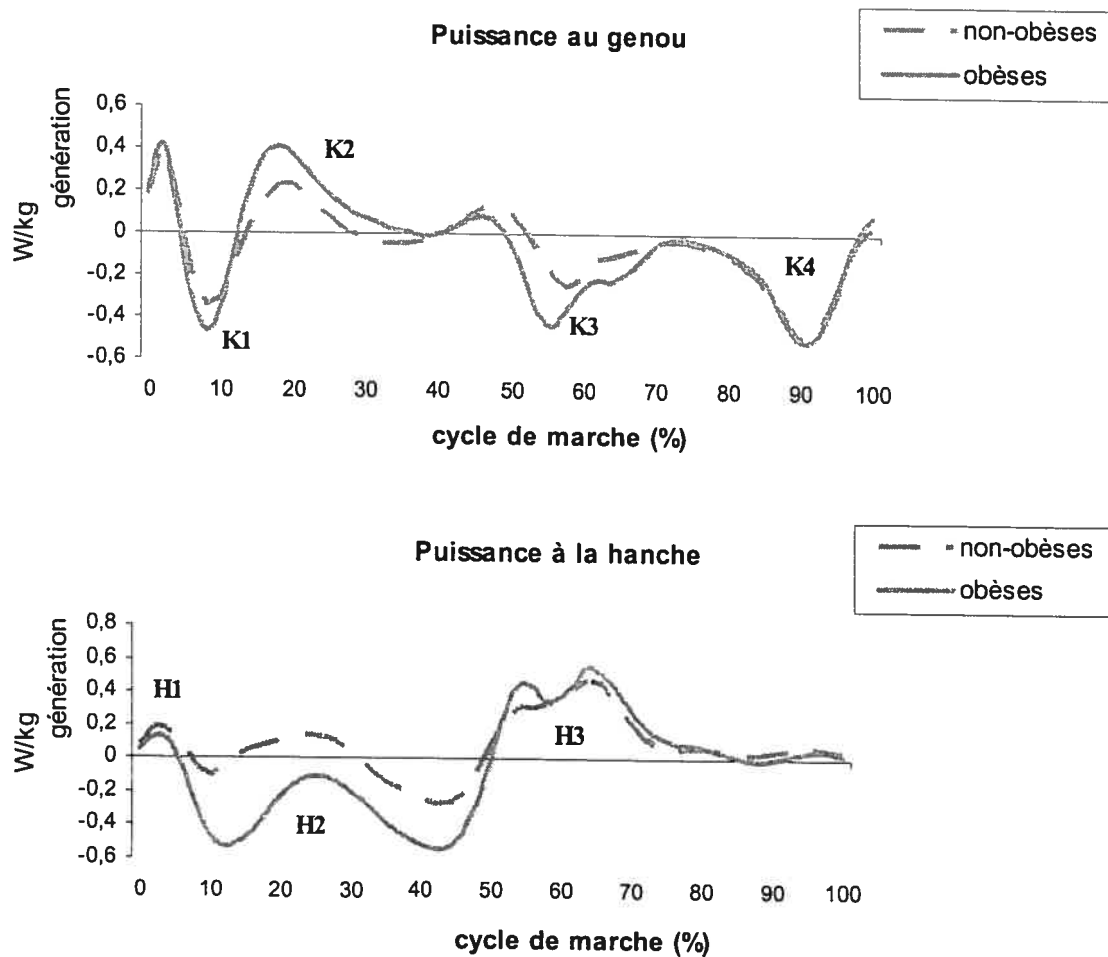




**Figure 9: Courbes moyennes et écart-types des moments de force à la cheville, au genou et à la hanche.**

Les courbes moyennes de puissance sont exposées à la Figure 10 pour chaque articulation. Ces courbes sont similaires entre les groupes à la cheville et au genou. De façon générale, les courbes moyennes au genou sont semblables tant dans la synchronisation des événements que dans les puissances maximales développées à chacune des phases. Bien que l'allure générale des courbes moyennes à la hanche soit la même, des différences significatives sont retrouvées dans la phase d'absorption H2. Ainsi, la valeur maximale d'absorption d'énergie par les fléchisseurs de la hanche lors de la phase d'acceptation du poids est significativement plus grande ( $p \leq 0,01$ ) dans le groupe d'enfants obèses que chez les enfants non obèses (0,57W/kg vs. 0,16W/kg). La phase de génération H3 par les fléchisseurs de la hanche n'est cependant pas significativement différente entre les groupes.





**Figure 10: courbes moyennes et écart-types de la puissance à la cheville, au genou et à la hanche**

Le Tableau XII permet de faire la synthèse du travail mécanique aux articulations cheville, genou et hanche durant la marche. La comparaison, du travail mécanique accompli lors de la phase d'absorption (A1) et de génération (A2) par les fléchisseurs plantaires n'est pas significativement différente entre les groupes. La même absence de différence statistique est retrouvée au genou pour les phases d'absorption et de génération d'énergie (K1 à K4).

**Tableau XII: synthèse du travail mécanique (J/kg) à chaque articulation**

Variables (J/kg)	Non-obèses		Obèses		Niveau de signification
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	
H1	0,04	0,02	0,01	0,01	<b>0,01</b>
H2	0,10	0,07	0,18	0,06	<b>0,01</b>
H3	0,09	0,03	0,11	0,03	NS
K1	0,03	0,02	0,04	0,04	NS
K2	0,08	0,05	0,11	0,04	NS
K3	0,05	0,03	0,08	0,06	NS
K4	0,07	0,02	0,07	0,02	NS
A1	0,18	0,05	0,20	0,06	NS
A2	0,18	0,08	0,19	0,06	NS

NS : Non significatif.

La phase de génération de puissance par les extenseurs de la hanche (H1) lors de la mise en charge est significativement plus petite ( $p \leq 0,01$ ) chez les enfants obèses comparativement aux enfants non obèses (0,01J/kg vs. 0,04J/kg.) La seconde phase, soit le travail d'absorption de puissance par les fléchisseurs de la hanche (H2), est à l'inverse significativement plus grande ( $p \leq 0,01$ ) chez le groupe d'enfants obèses comparativement au groupe d'enfants non obèses (0,18J/kg vs. 0,10J/kg). Finalement, la phase de génération d'énergie par les fléchisseurs de la hanche (H3) n'indique aucune différence significative entre les groupes.

Le Tableau XIII présente les résultats du rapport H2/H3, le travail négatif et le travail total à la hanche. Le rapport H2/H3 est significativement plus grand ( $p \leq 0,05$ ) chez les enfants obèses que chez les enfants non obèses (1,72 vs. 1,05). Le travail négatif total est aussi significativement plus élevé ( $p \leq 0,05$ ) chez les enfants obèses que chez les enfants non obèses (0,56J/kg vs. 0,42J/kg). Le travail total (positif et négatif) pour sa part, tend à être augmenté chez les enfants obèses comparativement aux enfants non obèses (0,97J/kg vs. 0,80J/kg).

**Tableau XIII: rapport H2/H3, le travail négatif (J/kg) total, le travail positif total (J/kg), le travail total (J/kg) et travail total sur 1 km (J/kg).**

Variables	Non-obèses		Obèses		Niveau de signification
	moyenne	écart type	moyenne	écart type	
H2/H3	1,05	0,54	1,72	0,66	<b>0,02</b>
Travail négatif total (J/kg)	0,42	0,12	0,56	0,12	<b>0,02</b>
Travail positif total (J/kg)	0,39	0,14	0,42	0,09	NS
Travail total (J/kg)	0,80	0,24	0,97	0,19	0,09
Extrapolation du travail total sur 1 km (J)	1011,4	206,4	1303,0	254,0	<b>0,03</b>

## CHAPITRE 4 : DISCUSSION

Les études citées dans la recension des écrits faisaient référence aux différents changements d'intégrité de l'appareil et du patron locomoteur imputables à l'obésité tant chez l'adulte que chez l'enfant. Ce chapitre fait le lien entre les données de la présente étude et les résultats de recherche déjà publiés.

### **Cinématique temporelle**

Dans leur étude Hills et collaborateurs (1991), ont identifié plusieurs différences spatio-temporelles entre le cycle de marche des enfants obèses et non obèses. Ainsi, la cadence, la vitesse relative à la taille et la longueur d'enjambée relative à la taille, sont diminuées chez les enfants obèses. La durée de la phase de double support est quant à elle augmentée. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par McGraw et collaborateurs (2000) chez les enfants obèses et par Spyropoulos et collaborateurs (1991) chez les adultes obèses. Par contre, contrairement aux derniers auteurs, la vitesse et la longueur d'enjambée rapportées par Hills et collaborateurs (1991) ont dû être exprimées en fonction de la taille des sujets pour être significativement différentes entre les groupes.

Les résultats concernant les paramètres spacio-temporaux obtenus dans la présente étude diffèrent en quelques points de ceux rapportés par d'autres auteurs. Ainsi, nos résultats démontrent que même en tenant compte de la taille, la vitesse et la longueur d'enjambée des jeunes obèses sont semblables à celles des non-obèses. Outre la surcharge pondérale inhérente à l'obésité, la détérioration des habiletés motrices est fréquemment occasionnée par le manque de pratique reliée à l'inactivité (Marshall et Bouffard, 1994).

Il est donc possible que le niveau d'activité physique des enfants obèses de notre échantillon ait tempéré les effets du surpoids sur le patron locomoteur, puisqu'il s'agissait d'enfants qui étaient presque tous impliqués dans une activité physique organisée et ce, à raison d'une à deux fois semaine. Il est possible que ceci ait permis de dissocier les effets combinés du surpoids et de l'inactivité physique. Par contre, comme les autres études ne font pas mention de cette variable, la validation de notre hypothèse devra être faite dans le cadre d'une étude future. En dépit de ce constat, la conclusion qui semble être partagée par l'ensemble des études sur l'obésité est que les différences observées en ce qui a trait aux paramètres spacio-temporaux visent la diminution de l'instabilité dynamique.

La stabilité est un élément clé de la marche mais, mais le but premier n'en demeure pas moins la progression vers l'avant. Pour ce faire, le centre de masse (CdeM) doit être projeté à l'extérieur de la base de support créant un déséquilibre. Ainsi, l'enjeu est de progresser vers l'avant tout en conservant l'équilibre dynamique. Lors de la phase de double support, le CdeM repose à l'intérieur de la base de support délimitée par les deux pieds au sol. Par contre, lors de la phase de support simple, la base de support est délimitée par l'unique pied en contact avec le sol. La stabilité dynamique y est alors réduite, augmentant ainsi le risque de chute. À l'opposé, la phase de double support consent une stabilité maximale. Par conséquent, diminuer le temps passé en simple support et augmenter celui passé en double support est un mécanisme efficace pour assurer le maintien de la stabilité et réduire les risques de chutes (Winter, 1980). L'absence de modification des autres paramètres spacio-temporaux combinée à celle des phases de support permet à l'enfant obèse d'être plus stable tout en conservant une

efficacité locomotrice, c'est-à-dire conserver une vitesse de marche similaire à celle des enfants non obèses. Nous croyons donc que cette adaptation pourrait être le premier indice d'instabilité dynamique chez l'enfant obèse. Celle-ci pourrait aussi permettre de cibler les enfants à risque de développer un patron moteur déficient tel que celui présent chez les sujets obèses de Hill et collaborateurs (1991) et de Spyropoulos et collaborateurs (1991).

### **Cinétique**

Lors de la marche, les muscles ont deux fonctions; supporter le corps contre la gravité et générer la quantité d'énergie nécessaire à la progression vers l'avant. Pour compléter cette dernière fonction, deux phases de génération d'énergie ont été identifiées comme étant les « moteurs » de progression lors de la marche. La plus importante étant, selon Winter, la phase de propulsion A2 par les fléchisseurs plantaires prenant place à environ 50% du cycle de marche (Winter, 1983). Pour sa part, Perry (1974) assure qu'il n'y aurait pas de poussée active à la cheville, puisqu'il n'y pas de signal EMG provenant du gastrocnemius et du soleus entre 55% et 60% du cycle de marche. La principale propulsion proviendrait donc de la tirade à la hanche (H3) effectuée par les fléchisseurs de la hanche qui sont eux actifs entre 50% et 60% du cycle de marche.

Aucune de ces deux phases, A2 et H3, ne permet de discriminer les obèses des enfants non obèses. Par contre, manifestement seuls les paramètres cinématiques et cinétiques à l'articulation de la hanche mettent en évidence les différences entre les deux groupes. La première différence apparaît au début du cycle de marche alors que la phase de génération d'énergie par les extenseurs de la hanche (H1) est plus faible chez les enfants



obèses. Cette génération d'énergie contribue à tirer le tronc au-dessus de la base de support. La difficulté à contrôler la position du tronc réside dans le fait que les 2/3 de la masse totale du corps est distribué dans ce segment qui correspond aux 2/3 supérieur du corps (Winter, 1995). Le contrôle de la progression et du positionnement du tronc est donc un enjeu important de la marche (Kavanagh, Barrett et Morrison, S., 2004; Prince, Corriveau, Hébert et Winter, 1994) et son positionnement affecte la cinétique des membres inférieurs, plus précisément celle de la hanche (Winter, 1995). Une étude du positionnement du tronc a permis de constater qu'une inclinaison antérieure du tronc de  $8^{\circ}$  avait pour effet de devancer dans le temps le passage du moment fléchisseur à extenseur de la hanche. Ceci diminuait également la valeur maximale du moment extenseur H1 (Winter, 1995). Ces résultats sont conformes à ceux obtenus dans la présente étude, puisque la valeur maximale observée en H1 chez les enfants obèses est plus faible que celle observée chez les enfants non-obèses et qu'elle se termine plus tôt dans le temps devançant par la même occasion la transition de H1 à H2.

À la suite de la propulsion des extenseurs de la hanche (H1), le tronc poursuit sa progression vers l'avant. Le (CdeM) est alors tiré au-dessus de la base de support. À cet instant, le moment net à la hanche passe des muscles extenseurs à fléchisseurs. L'excédent de masse adipeuse abdominale chez les enfants obèses aurait comme conséquence de déplacer le CdeM antérieurement devançant dans le temps le passage du CdeM au-dessus de la base de support. Par contre, la projection du CdeM vers l'avant semble être compensée par la flexion moins grande retrouvée chez l'enfant obèse au contact talon et tout au long du cycle de marche. Ceci pourrait être une des stratégies

utilisées par les enfants obèses pour contrôler le passage du CdeM au-dessus de la base de support et ainsi avoir une plus grande stabilité dynamique.

De plus, modifier l'activité à la hanche plutôt qu'à l'articulation de la cheville pourrait aussi permettre de réduire le coût énergétique à la marche. En effet, l'inertie à la hanche est 8 fois plus petite que celle à la cheville. Il est donc avantageux pour les enfants obèses de moduler le patron moteur à la hanche plutôt qu'à la cheville. De plus, comme l'articulation de la hanche est plus centrale que celle de la cheville, la modulation de la commande motrice peut se faire plus rapidement en cas de perturbation pouvant provoquer la chute. Qui plus est, les muscles fléchisseurs et extenseurs de la hanche contrôlent la stabilité dynamique du tronc (Winter, 1987), il paraît approprié de contrôler cette articulation, ne serait-ce que dans un but de prévenir les déséquilibres posturaux.

Chez les enfants obèses, cette transition hâtive des muscles extenseurs à fléchisseurs semble aussi comporter un avantage. Elle permet aux fléchisseurs de la hanche en H2 d'absorber une plus grande quantité d'énergie par les fléchisseurs de la hanche en H2 qui sont alors étirés. Lors de la contraction excentrique, le muscle emmagasine de l'énergie grâce à deux composantes élastiques. La première est la composante en parallèle, retrouvée essentiellement dans l'enveloppe et les membranes du muscle. La seconde est la composante en série. Celle-ci se subdivise en deux fractions soit; la fraction active située dans la partie contractile du muscle (ponts d'actine et myosine) et la fraction passive majoritairement retrouvée dans le tendon. L'énergie emmagasinée à l'aide de ces structures peut être restituée lors de la phase concentrique qui suit. Cette utilisation de la contraction excentrique pour emmagasiner de l'énergie dans les

éléments passifs du muscle pourrait s'avérer très bénéfique aux personnes obèses. L'efficacité du travail mécanique relié au coût métabolique lors de la contraction concentrique serait de l'ordre de 20% à 30% (Hill, 1960). Il est raisonnable de croire que le coût métabolique relié à la contraction excentrique est moins élevé que celui nécessaire à la contraction concentrique, puisque l'énergie utilisée servirait uniquement à maintenir la tension musculaire nécessaire au maintien de la contraction. Bien que la propriété d'emmagasiner de l'énergie a surtout été étudiée lors de l'exécution de tâches impliquant des mouvements rapides (Alexander et Bennett-Clark, 1977), il semble que ce mécanisme serait aussi utilisé lors de la marche. Ainsi, lors du décollement des orteils, de 30 à 50% du moment net à la hanche proviendrait des composantes passives. La contribution du moment passif pourrait être encore plus importante lors du contact talon (Yoon et Mansour, 1982).

La contribution d'un muscle profond comme le psoas iliaque au stockage d'énergie, est difficilement quantifiable. Par contre, les fibres courtes du muscle iliaque ainsi que le tendon commun au psoas et à l'iliaque se veulent des structures qui permettent à un muscle d'emmagasiner et par la suite restituer efficacement de l'énergie (Alexander et Ker, 1990). Principal agoniste de la flexion de la hanche, ce muscle est naturellement très développé chez l'humain, puisqu'il intervient dans la plupart des activités fonctionnelles impliquant le tronc et les jambes (Juker, McGill, Kropf et Steffen, 1998; Andersson, Oddsson, Grundstrom et Thorstensson, 1995). Le surplus de masse adipeuse retrouvée aux cuisses des personnes obèses, a pour effet d'exiger un effort musculaire plus important pour déplacer ces segments. En retour, cette surcharge pourrait avoir

comme conséquence d'augmenter la force de l'ilio-psoas. De plus, une des actions secondaires de ce muscle est l'adduction de la cuisse. L'enfant obèse par souci de stabilité et/ou à cause de l'excédent de masse adipeuse aux cuisses, est plus en adduction durant une grande partie du cycle de marche (Spyropoulos et al., 1991). Ceci s'ajoute à la plus grande extension de la hanche décrite précédemment et présume que l'ilio-psoas est en position anatomiquement optimale pour restituer de façon efficace l'énergie stockée et générer une bouffée d'énergie (H3) fonctionnelle.

Par ailleurs, en dépit de tous les avantages que pourraient tirer les enfants obèses de ces mécanismes, ces derniers seraient moins efficaces à transférer l'énergie. En effet, comme l'indique le rapport H2/H3, malgré une plus grande quantité d'énergie stockée en H2, les enfants obèses atteignent un H3 égal à celui des enfants de poids normal. Ce rapport H2/H3 permet de quantifier la quantité d'énergie transférée dans le plan sagittal entre son absorption par les fléchisseurs de la hanche (H2) et sa génération (H3) par ces mêmes fléchisseurs. Cette variable nous semble donc pertinente pour exprimer la qualité du transfert d'énergie entre ces deux phases. Un transfert d'énergie efficace aurait dû permettre aux enfants obèses d'atteindre un H3 supérieur à celui des enfants non obèses étant donné la grande quantité d'énergie stockée lors de la phase H2. Cependant, les personnes obèses sont significativement plus en abduction lors de la phase de mi-support et du décollement des orteils pour ensuite revenir à un degré d'adduction semblable à celui retrouvé chez les sujets non obèses lors du contact talon (Spyropoulos et al., 1991). Cette énergie utilisée dans le plan frontal ne contribuant pas à la progression vers

l'avant, pourrait être la cause de la moins grande quantité d'énergie transférée à la phase de balancé.

Cette constatation incite à réfléchir sur l'apport de l'analyse 3D pour quantifier le travail mécanique total lors de la marche. Lors de cette activité locomotrice, le travail est exécuté majoritairement dans le plan sagittal (Winter, 1983). À la cheville l'énergie mécanique dans le plan sagittal compte pour 93% du travail total fait dans l'ensemble des plans. Au genou celui-ci est de 85% tandis qu'à la hanche il compte pour 74% du travail total (Eng et Winter, 1995). À cette articulation le travail accompli dans le plan frontal compte pour 23%, soit le double du travail retrouvé dans ce plan à l'articulation du genou (Eng et Winter, 1995). Les chiffres rapportés proviennent de sujets adultes de poids normal. Ces données n'ont jamais été rapportées pour les personnes obèses et les enfants obèses ou non. Les résultats cinématiques comme cinétiques portent à croire que l'excursion dans le plan frontal serait plus importante chez la population obèse. Si l'analyse réalisée uniquement dans le plan sagittal confirme l'hypothèse que le surpoids entraîne une diminution de l'efficacité mécanique à la marche, l'analyse 3D pourrait valider nos explications précédentes quant aux mécanismes sous-jacents à cette diminution d'efficacité.

Dans un autre ordre d'idée, l'analyse des résultats réalisés dans le cadre de cette étude a permis d'identifier un sous groupe à l'intérieur du groupe d'enfants obèses. La particularité commune à ces sujets est d'être au-dessus du 97<sup>e</sup> percentile de poids pour leur âge. L'observation des courbes de puissance à la cheville de ces quatre enfants, a permis de constater que la phase de génération A2 par les fléchisseurs plantaires était

largement diminuée par rapport aux autres sujets du groupe. Ce résultat abonde dans le sens de ceux rapportés dans la littérature et qui veulent qu'une flexion plantaire moins prononcées chez les personnes obèses entraînerait une diminution de la propulsion à cette articulation (Spyropoulos et al., 1991). De plus, contrairement aux conclusions rapportées par DeVita et Hortobágyi (2003), lorsque les résultats sont exprimés en fonction de la masse corporelle, il s'en dégage que les personnes obèses génèrent moins de puissance en A2 (4,9W/kg) que les personnes non-obèses (6,1W/kg).

Contrairement à la modification des phases de supports, la diminution de la phase de propulsion A2 a des répercussions sur les composantes spatio-temporelles. En effet, une diminution du A2 qui ne serait pas compensée par une augmentation de la phase H3 aurait comme conséquence de diminuer la longueur de pas, voire la vitesse de marche dans le cas où la cadence resterait la même (Stansfield, Hillman, Hazlewood, Lawson, Mann Loudon et Robb, 2001). Cette réduction du A2, due aux possibles conséquences sur la cinématique temporelle, pourrait être un indicateur d'une diminution d'efficacité mécanique reliée au surpoids. À la lumière de ces résultats, il semble donc qu'un sujet obèse sain puisse accepter un certain niveau de surpoids avant que celui-ci engendre des problèmes fonctionnels lors d'activité comme la marche. Par contre, une fois cette limite dépassée, le 97<sup>e</sup> percentile dans le cas de notre étude, l'intégrité du patron locomoteur pourrait être affectée.

Depuis bon nombre d'années, la définition couramment utilisée pour quantifier le surpoids et l'obésité chez l'adulte est l'IMC. Ainsi, un  $IMC \geq 25 \text{kg/m}^2$  définit le surpoids tandis que l'obésité est définie par un  $IMC \geq 30 \text{kg/m}^2$ . Parce qu'il est simple à utiliser,

l'IMC a longtemps été l'outil privilégié par les cliniciens pour définir l'obésité juvénile. Cependant, à cause des modifications morphologiques liées à la croissance, cet outil doit être utilisé conjointement avec une courbe de référence en fonction de l'âge, mise au point par l'OMS. La classification d'un enfant est donc définie en fonction du rang percentile qu'il occupe par rapport à son âge et de son IMC. Par contre, présentement aucune norme internationale ne régit la définition de l'obésité chez l'enfant. Chaque utilisateur de cet indice est donc libre de définir le rang percentile délimitant le surpoids et l'obésité. De plus, les courbes de rang percentile proviennent généralement des États-Unis. Elles ne tiennent pas compte de la morphologie propre aux différentes populations mondiales (Rosner, Prineas, Loggie et Daniels, 1998). Par exemple, un enfant français qui serait déclaré obèse dans son pays parce qu'il est au-dessus du 95<sup>e</sup> percentile d'IMC pour son âge, serait classé au 85<sup>e</sup> percentile aux États-Unis. Il serait alors considéré comme un enfant ayant un surplus de poids. La mise à jour de normes internationales pour classer le surpoids et l'obésité chez l'enfant permettrait, dans un premier temps, une classification homogène et dans un deuxième temps, d'identifier les classes d'IMC à hauts risques de morbidité.

Dans le but d'éliminer ces deux difficultés, Cole et collaborateurs (2000) ont été mandatés par l'IOTF pour développer un nouvel outil permettant d'uniformiser les critères pour définir l'obésité juvénile. Près de 200 000 sujets filles et garçons provenant de régions différentes ont été suivis de la naissance jusqu'à l'âge de 25 ans. Ces enfants provenaient d'études épidémiologiques réalisées au Brésil, en Grande-Bretagne, à Singapour, à Hong Kong, en Hollande et aux États-Unis. La table (voir Annexe B) établie par Cole et collaborateurs (2000), identifie deux seuils définissant le surpoids et

l'obésité chez l'enfant. L'extrapolation de ces seuils correspond aux critères utilisés chez l'adulte définissant le surpoids ( $25\text{kg/m}^2$ ) et l'obésité ( $30\text{kg/m}^2$ ). Par exemple, un enfant de 8 ans ayant un IMC de 21,57 serait considéré comme étant obèse, puisque cet IMC correspond à un IMC adulte de  $30\text{kg/m}^2$ . L'IOTF encourage fortement l'utilisation de ce nouvel outil. Par contre, certains investigateurs considèrent qu'il manque de sensibilité lorsqu'il est utilisé chez certaines populations (Fu, Lee, Tay, Seow, Siak et Hong, 2003). De plus, il pourrait sous estimer le niveau d'obésité chez les garçons (Reilly, Dorosty, Emmett, 2000). Bien que cet outil ne soit pas utilisé par toute la communauté scientifique, il y a là un premier effort vers une définition uniforme essentielle à la quantification de la problématique de l'obésité juvénile et à la comparaison de cette prévalence entre les pays.

L'IMC et ses dérivés peuvent être très utiles dans un contexte épidémiologique ou clinique. Par contre, celui-ci peut biaiser les résultats des enfants ayant une forte ossature ou une masse musculaire importante. En effet, deux enfants de taille semblables peuvent avoir le même IMC alors que l'un est obèse et l'autre d'allure athlétique. Bien qu'ayant un même IMC, les conséquences métaboliques ne seront pas les mêmes. Certains instruments ont été développés dans le but de départager la masse osseuse, la masse adipeuse et la masse musculaire. Dû aux coûts élevés d'utilisation, ces instruments sont surtout utilisés dans un cadre de recherche et parfois dans un cadre clinique. Puisque la graisse viscérale est grandement associée au développement de maladies coronariennes (McCarthy et al., 2003; Khan et Valdez, 2003), certains instruments ont été conçus dans le but de différencier la masse grasse sous cutanée de la masse grasse viscérale. La tomographie axiale et la résonance magnétique nucléaire en sont deux exemples. Par



contre, leur utilisation chez l'enfant doit être examinée de plus près. La tomographie axiale, parce qu'elle expose l'enfant à une petite dose de Rayons-X et la résonance magnétique nucléaire, parce que son coût d'utilisation est très élevé (Goran, 1998). De plus, l'acquisition de données selon cette technique, est relativement longue. L'impédance électrique permet de quantifier la masse grasse et la masse maigre, mais son utilisation n'a pas été validée chez l'enfant. L'eau doublement marquée est pour sa part un instrument fiable et valide, mais utilisé seulement dans un cadre de recherche, puisque son coût d'utilisation est très élevé. Pour sa part, le DEXA, bien qu'il ne différencie pas la masse grasse viscérale de la masse grasse sous cutanée, permet de discriminer la masse grasse, osseuse et la masse maigre. De plus, son utilisation est rapide et l'exposition aux Rayons-X est cent fois moins élevée que celle d'une radiographie de la poitrine (Goran, 1998). L'utilisation de cet outil dans le cadre d'une étude sur les personnes obèses permettrait de normaliser les données cinétiques en fonction de la masse maigre plutôt que par la masse totale, puisque la masse adipeuse n'est d'aucune utilité pour la propulsion.

L'utilisation du DEXA aurait aussi été avantageuse afin d'estimer avec plus de précision les paramètres inertiels segmentaires tels la masse, les centres de masse et le moment d'inertie. Chez l'enfant, ces valeurs sont obtenues à partir des études réalisées sur des cadavres d'homme âgés (Dempster, 1955 et Clauser et al., 1969). L'utilisation de ces paramètres lors de protocole impliquant des enfants a donc été évaluée et comparée aux résultats obtenus à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique (Reynolds et Walt, 2002). La principale recommandation suite à cette étude est qu'il est plus prudent de prendre les paramètres spécifiques aux enfants. Par contre, dans les activités

n'impliquant pas de grandes accélérations, les erreurs dues à l'estimation des paramètres inertiels sont minimales. En effet, les résultats démontrèrent que les erreurs se retrouvaient au niveau des valeurs minimales et maximales des moments dans la phase de balancé. Ceci s'explique par la plus grande accélération de la jambe durant cette phase. Cette conclusion est confirmée par une étude de Pearsall et Costigan (1999), qui affirme que ces valeurs prennent de l'importance surtout lors d'activités nécessitant de grandes accélérations des membres inférieurs, retrouvées à la course par exemple. Il semble donc que l'utilisation d'un outil pouvant établir précisément les paramètres segmentaires des enfants est recommandée, mais non obligatoire. Par contre, ces études ont été réalisées avec des enfants et des adultes de poids normaux. Nous proposons que l'utilisation du DEXA soit pertinente pour quantifier la répartition de la masse grasse chez l'enfant obèse afin de connaître l'effet de cette répartition sur les paramètres segmentaires. À notre connaissance, aucune étude sur ce sujet n'a été réalisée à ce jour. Il est donc impossible de connaître l'effet de l'utilisation des chartes communément utilisées dans les laboratoires d'évaluation clinique de la locomotion. Cette constatation est à la fois une limitation importante de notre étude et un défi à relever afin de permettre l'essor de la recherche dans le domaine de l'obésité juvénile.

### **Forces et limites de l'étude**

On doit déplorer l'absence de certains outils spécifiques à l'étude de l'obésité chez l'enfant. À notre connaissance aucune étude ne s'est penchée sur l'utilisation chez les enfants obèses de tables anthropométriques conventionnelles. Nous ne sommes donc pas en mesure de déterminer les effets potentiels d'une telle utilisation sur l'analyse des paramètres locomoteurs des enfants obèses. De plus, l'absence de critères spécifiques de

classification de surpoids chez l'enfant peut rendre la comparaison des résultats entre les études plus ardue. Pour contrer cette difficulté, le critère d'inclusion au groupe ayant un surplus de poids utilisés dans le cadre de notre étude est celui utilisé par Hills et collaborateurs (1991), soit le 95<sup>e</sup> percentile d'IMC pour l'âge. Enfin, en vue d'établir précisément le profil anthropométrique des sujets, il aurait été avantageux d'utiliser le DEXA. Celui-ci aurait permis de discriminer la masse adipeuse de la masse maigre et de la masse osseuse, nous offrant ainsi la possibilité d'exprimer les paramètres cinétiques en fonction de la masse contribuant à la progression lors de la marche, c'est-à-dire la masse maigre.

La difficulté de recruter des enfants obèses ne nous a pas permis de créer un groupe homogène quant au degré d'obésité. Alors que certains enfants étaient à la limite du surpoids et de l'obésité, d'autres se classaient dans le niveau 4 d'obésité, soit l'obésité dite morbide. Une plus grande homogénéité aurait pu permettre d'identifier d'autres différences significatives entre les groupes. Par ailleurs, il aurait été intéressant d'avoir accès à un nombre d'enfants suffisant pour former des sous groupes représentant chaque degré d'obésité. Dans un autre ordre d'idée, l'analyse de l'excursion verticale du CdeM aurait pu fournir de l'information supplémentaire sur l'efficacité des mécanismes compensatoires utilisés par les enfants obèses pour réduire le coût énergétique à la marche. Nous soupçonnons que les enfants fortement obèses pourraient réduire l'excursion verticale de leur CdeM comparativement aux enfants non-obèses.

Par contre, la présente étude a permis de confirmer que le surplus de poids a pour effet de diminuer la stabilité dynamique chez les enfants. Par ailleurs, nous avons pu identifier

différents mécanismes d'adaptation permettant aux enfants obèses de retarder l'apparition de déficits fonctionnels lors de la marche ainsi que le seuil critique d'IMC par rapport à l'âge à partir duquel le surplus de poids entraîne des modifications majeures du patron de marche, telle la diminution de la phase de propulsion A2. En conséquence, la modification des phases de simple et de double support ainsi que la diminution de la phase de propulsion A2 pourraient être considérées comme deux critères pouvant potentiellement permettre la classification de l'intégrité fonctionnelle du patron locomoteur des enfants obèses.

## CHAPITRE 5 : CONCLUSION

Les données spatio-temporelles ainsi que, pour la première fois, les moments, la puissance et le travail mécanique, recueillis à l'aide d'un système d'analyse tridimensionnelle du mouvement et des deux plates-formes de forces ont permis de mettre en évidence les répercussions de l'obésité sur le patron locomoteur des enfants.

La présente étude a eu pour effet d'élargir le champ d'investigation dans le domaine de l'obésité. À notre connaissance cette étude est la première à analyser, présenter et expliciter les données cinétiques propre à la locomotion des enfants obèses. Ainsi la transition hâtive du moment extenseur à fléchisseur, a l'avantage de prolonger la période durant laquelle l'enfant obèse peut emmagasiner de l'énergie dans les fibres musculaires et les composantes passives des muscles fléchisseurs de la hanche. On peut en déduire que ce mécanisme puisse possiblement être utilisé dans le but d'optimiser la dépense énergétique. Ainsi, il est vraisemblablement plus adéquat pour l'enfant obèse d'augmenter la phase d'absorption par les fléchisseurs de la hanche que d'accroître la propulsion par les fléchisseurs plantaires. Enfin, la projection sur 1km a démontré que le travail mécanique à la marche est plus important chez les enfants obèses que chez les enfants de poids normal. Il est donc raisonnable de croire que la dépense énergétique soit aussi augmentée.

Les résultats relatifs aux phases de simple et double support confirment que l'obésité entraîne une diminution de l'équilibre dynamique à la marche. La modification de ces deux phases malgré l'absence de modification des autres paramètres spatio-temporaux

pourrait démontrer que la dégradation du patron locomoteur des enfants obèses est un processus se produisant graduellement. Ainsi, la présence d'une phase de simple support réduite et d'une phase de double support augmentée, pourrait permettre d'identifier les enfants obèses à risque de connaître une dégradation de leur capacité fonctionnelle à la marche.

Enfin, sur la base des résultats obtenus, l'hypothèse de départ à l'effet que le patron locomoteur des enfants obèses est différent de celui des enfants non-obèses est confirmée.

### **Ouverture**

L'importance des modifications induites par l'obésité sur le patron locomoteur pourrait être conditionnelle au niveau d'obésité et au niveau d'activité physique de l'enfant. Certes, la perte de poids devrait être la principale action à envisager dans le cadre d'un suivi clinique. Par contre, étant une problématique multifactorielle, l'obésité doit être traitée dans le cadre d'une approche multi-disciplinaire. Ainsi la modification des habitudes de vie telles le régime alimentaire et l'activité physique est indissociable d'un contrôle du poids efficace et responsabilise l'enfant quant aux actions à prendre pour améliorer sa qualité de vie. De plus, le milieu dans lequel l'enfant évolue est garant du changement de mode de vie. Dans cet optique, la sensibilisation des parents quant aux conséquences du surpoids sur la qualité de vie présente et future de l'enfant doit faire partie du plan d'action du kinésiologue et des cliniciens.

À la lumière de ces résultats, quelques recommandations peuvent être formulées quant au rôle du kinésiologue en ce qui a trait au suivi d'enfants obèses. Tout d'abord, le kinésiologue est habilité à évaluer le patron locomoteur des patients obèses et de tirer des conclusions quant à son aspect fonctionnel. Sur la base de telles données, le kinésiologue a le champ d'expertise nécessaire à la conception d'un programme d'activité physique qui a pour but le maintien ou l'amélioration des capacités fonctionnelles du client. L'équilibre dynamique doit être la principale préoccupation du kinésiologue, puisque cette variable semble être la première affectée par le surpoids. De plus, cette variable est un élément clé de la prévention des chutes. La deuxième variable devant retenir l'attention du kinésiologue doit être la poussée par les fléchisseurs plantaires. Bien que cette variable semble être affectée seulement chez les enfants ayant atteint un niveau supérieur d'obésité, celle-ci est tributaire de l'intégrité du patron locomoteur.

La problématique de l'obésité mérite une attention particulière de la part du milieu médical et des centres de recherche. Une approche globale impliquant des spécialistes de divers domaines de la santé devra être mise sur pied afin de mieux comprendre, prévenir et traiter les problèmes auxquels sont confrontées les personnes obèses. Les implications fonctionnelles du surpoids sont importantes et peuvent devenir limitantes lors des activités quotidiennes de la personne affectée. La recherche en biomécanique devrait jouer un rôle prioritaire dans le cadre des actions qui visent le développement d'outils qui permettront aux intervenants cliniques d'adapter leur intervention à cette clientèle. Enfin, des études longitudinales devraient être mises sur pied pour mieux connaître les effets à long terme des complications reliées à l'obésité juvénile. De plus, dans un avenir

rapproché, il serait intéressant de vérifier si la dégradation du patron locomoteur est réversible suite à une perte de poids ou à un entraînement physique intensif. Dans le même ordre d'idées, comparer le patron locomoteur d'enfants obèses très actifs avec celui d'enfants obèses inactifs pourrait permettre de vérifier le bien-fondé de l'hypothèse quant au rôle positif de l'activité physique sur le maintien de l'intégrité du patron locomoteur.



## BIBLIOGRAPHIE

1. Alexander, R.M. and Ker, R.F. The architecture of leg muscles. In: Winters, J.L. and Woo, S.-L., Editors, 1990. *Multiple Muscle Systems*, Springer, New York, pp. 568–577. 1990.
2. Alexander, R.McN. and Bennett-Clark, H.C. Storage of elastic strain energy in muscle and other tissues. *Nature* 265, 114-117. 1977.
3. Bergenudd, H., Nilsson, B., Uden, A. et Willner., S. Bone mineral content, gender, body posture, and build in relation to back pain in middle age. *Spine* 14, 577-9. 1989.
4. Bloomgarden, Z.T. Obesity, Hypertension, and Insulin resistance. *Diabetes Care* 25, 2088-2097. 2002.
5. Brochu, M., Tchernof, A., Turner, A.N., Ades, P.A. et Poehlman, E.T. Is there a threshold of visceral fat loss that improves the metabolic profile in obese postmenopausal women? *Metabolism* 52, 599-604. 2003.
6. Caprio, S., Hyman, L.D., McCarthy, S., Lange, R., Bronson, M. et Tamborlane, W.V. Fat distribution and cardiovascular risk factors in obese adolescent girls: importance of the intraabdominal fat depot. *American Journal of Clinical Nutrition* 64, 12-7. 1996.

7. Clausser, C.E., McConville, J.T. et Young J.W. Weight, volume and center of mass of segment of the human body. AMRL Technical Report (TR-60-70). Wright-Patterson Air Force Base, OH, 1969.
8. Coggan, D., Reading, I., McLaren, M., Barrett, D. et Cooper, C. Knee osteoarthritis and obesity. *International Journal of Obesity* 25, 622-627. 2001.
9. Cole, T.J., Bellizzi, M.C., Flegal, K.M. et Dietz, W. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal* 320, 1-6. 2000.
10. Couillard, C., Després, J.-P., Lamarche, B., Bergeron, J., Gagnon, J., Leon, A.S., Rao, D.C., Skinner, J.S., Wilmore, J.H. et Bouchard, C. Effects of endurance exercise training on plasma HDL cholesterol levels depend on levels of triglycerides (HERITAGE) Family Study. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology* 21, 1226-1232. 2001.
11. Cullen, D.M., Smith, R.T. et Akhter, M.P. Bone loading response varies with strain magnitude and cycle number. *Journal of Applied physiology* 91, 1971-1976. 2001.
12. Dempster, W.T. Space requirements of the seated operator. WADC Technical report (TR-59-159). Wright-Patterson Air Force Base, OH, 1955.

13. Després, J.-P., Couillard, J., Bergeron, J., Leon, A.S., Rao, D.C., Skinner, J.S., Wilmore, J.H. et Bouchard, C. Race, visceral adipose tissue, plasma lipids, and lipoprotein lipase activity in men and women: HERITAGE Family Study. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology* 20, 1932-1938. 2000.
14. Detournay, B., Fagnani, F., Phillippo, M., Pribil, C., Charles, M.A., Sermet, C., Basdevant, A. et Eschwège, E. Obesity morbidity and health care cost in France: an analysis of the 1991-1992 Medical Care Cost Household survey. *International Journal of Obesity* 24, 151-155. 2000.
15. Deurenberg-Yap, M., Chew, S.K., Lin, V.F.P., van Staveren, W.A. et Deurenberg, P. Relationship between indices of obesity and its co-morbidities in multi-ethnic Singapore. *International Journal of Obesity* 25, 1554-1562. 2001.
16. DeVita, P. et Hortobágyi, T. Obesity is not associated with increased knee joint torque and power during level walking. *Journal of Biomechanics* 36, 1355-1362. 2003.
17. Deyo, RA. et Bass JE., Lifestyle and low-back pain. The influence of smoking and obesity. *Spine* 14, 501-506. 1989.
18. Eng, J.J. et Winter, D.A. Kinetic analysis of the lower limb during walking: what information can be gained from a three-dimensional model? *Journal of Biomechanics* 6, 753-758. 1995.

19. Expert Panel on Detection Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, Executive summary of the third report of the national cholesterol education program (Adult treatment Panel III). *JAMA* 285, 2486-2497. 2001.
20. Faith, M.S., Pietrobelli, A., Nuñez, C., Heo, M., Heymsfield, S.B. et Allison, D.B. Evidence for independent genetic influences on fat mass and body mass index in a pediatric twin sample. *Pediatrics* 104, 61-67. 1999.
21. Flegal, K.M. et Troiano, R.P. Changes in the distribution of body mass index of adults and children in the US population. *International Journal of Obesity* 24, 807-818. 2000.
22. Flegal, K.M., Carroll, M.D., Ogden, C.L. et Johnson, C.L. Prevalence and trends in obesity. *JAMA* 288, 1723-1727. 2002.
23. Freedman, D.S., Khan, L.K., Serdula, M.K., Galuska, D.A. et Dietz, W.H. Trends and correlates of class 3 obesity in the United States from 1990 through 2000. *JAMA* 288, 1758-1761. 2002.
24. Freedman, D.S., Serdula, M.K., Percy, C.A., Ballew, C. et White, L. Obesity, levels of lipids and glucose, and smoking among Navajo adolescents. *American Society for Nutritional Sciences* 127, s2120-s2127. 1997.
25. Fu, W.P.C., Lee, H.C., N.G., C.J., Tay, C.Y., Seow, C.J., Siak, J.K. et Hong, C.Y. Screening for children obesity: international vs. population-specific definitions. Which is more appropriate? *International Journal of Obesity* 27, 1121-1126. 2003.

26. Galli, M., Crivellini, M., Sibella, F., Montesano, A., Bertocco, P. et Parisio, C. Sit-to-stand movement analysis in obese subjects. *International Journal of Obesity* 24, 1488-1492. 2000.
27. Goran, M.I. Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics* 101, 505-18. 1998.
28. Goran, M.I., Ball, G.D.C. et Cruz, M.L. Cardiovascular endocrinology 2 Obesity risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease in children and adolescents. *The Journal of Endocrinology and Metabolism* 88, 1417-1427. 2003.
29. Goran, M.I., Bergman, R.N. et Gower, B.A. Influence of total vs. visceral fat on insulin action and secretion in African American and white children. *Obesity Research* 9, 423-431. 2001.
30. Goulding, A., Taylor, R.W., Jones, I.E., McAuley, K.A. Manning, P.J. et Williams, S.M. Overweight and obese children have low bone mass and area for their weight. *International Journal of Obesity* 24, 627-632. 2000.
31. Guo, S.S., Wu, W., Chumlea, W.C. et Roche, A.F. Predicting overweight and obesity in adulthood from body mass index values in childhood and adolescence. *American Journal of Clinical Nutrition* 76, 653-658. 2002.
32. Hardman, A.E. Physical activit, obesity and blood lipids. *International Journal of Obesity* 23, s64-s71. 1999.

33. Hill, A.V. Production and absorption of work by muscle. *Science* 131, 897-903. 1960.
34. Hills, A.P. et Parker, A.W. Gait characteristics of obese children. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 72, 403-407. 1991.
35. Huang, T.T.K., Johnson, M.S., Figueroa-Colon, R., Dwyer, J.H. et Goran, M.I. Growth of visceral fat, subcutaneous abdominal fat, and total body fat in children. *Obesity Research* 9, 283-409. 2001.
36. International Agency for Research on Cancer. *IARC Handbooks of Cancer Prevention. Vol. 6 Weight control and physical activity*. Lyon: IARC, 2002.
37. Juker, D., McGill, S., Kropf, P. et Steffen, T. Intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30, 301-310. 1998.
38. Kavanagh, J.J., Barrett, R.S. et Morrison, S. Upper body balance during walking in healthy young and elderly men. *Gait and Posture* in press. 2004.
39. Key, T.J., Schatzkin, A., Willett, W.C., Allen, N.E., Spencer, E.A. et Travis, R.C. Diet, nutrition and the prevention of cancer. *Public Health Nutrition* 7, 187-200. 2004.
40. Khan, H.S. et Valdez, R. Metabolic risks identified by the combination of enlarged waist and elevated triacylglycerol concentration. *American Journal of Clinical Nutrition* 78, 928-934. 2003.

41. Kino-Québec, 2000., *L'activité physique, déterminant de la santé des jeunes.*, Avis du comité scientifique de Kino-Québec., Secrétariat aux loisirs et aux sports., Ministère de la santé et des services sociaux., Gouvernement du Québec., 24 pages.
42. Leboeuf-Y de, C. Body weight and low back pain. *Spine* 25, 226-241. 2000.
43. Ludwig, D.S. et Ebbeling, C.B. Type 2 diabetes mellitus in children. *JAMA* 286, 1427-1430. 2001.
44. Manson, J.E., Skerrett, P.J., Greenland, P. et VanItallie, T.B. The escalating pandemics of obesity and sedentary lifestyle. A call to action for clinicians. *Archives of Internal Medicine* 164, 249-58. 2004.
45. Marshall, J.D. et Bouffard, M. Obesity and movement competency in children. *Adapted Physical Activity Quarterly*. 11, 297-305. 1994.
46. McCarthy, H.D., Ellis, S.M. et Cole, T.J. Central overweight and obesity in British youth aged 11-16 years cross sectional surveys of waist circumference. *British Medical Journal* 326, 624-627. 2003.
47. McGraw, B., McClenaghan, B.A, Williams, H.G., Dickerson, J. et Ward, D.S. Gait and postural stability in obese and non-obese prepubertal boys. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 81, 484-489. 2000.
48. Messier, S.P., Davies, A.B., Moore, D.T., Davis, S.E., Pack, R.J., et Kazmar S.C. Severe Obesity : Effects on Foot Mechanics during Walking. *Foot and Ankle* 15, 29-34. 1994.

49. Mokdad, A.H., Bowman, B.A., Ford, E.S., Vinicor, F., Marks, J.M. et Koplan, J.P. The continuing epidemics of obesity and diabetes in the United States. *JAMA* 286, 1195-1200. 2001.
50. Mokdad, A.H., Ford, E.S., Bowman, B.A., Dietz, W.H., Vinicor, F., Bales, V.S. et Marks, J.S. Prevalence of obesity, diabetes, and obesity-related health risk factors, 2001. *JAMA* 289, 76-79. 2003.
51. Mokdad, A.H., Marks, J.S., Stroup, D. et Gerberding, J.L. Actual causes of death in the United States, 2000. *JAMA* 291, 1238-1245. 2004.
52. Must, A., Spadano, J., Coakley, E.H., Field, A.E., Colditz, G. et Dietz, W.H. The disease burden associated with overweight and obesity. *JAMA* 282, 1523-1529. 1999.
53. Ogden, L., Flegal, K.M., Carroll, M.D. et Johnson, C.L. Prevalence and trends in overweight among US children and adolescent, 1999-2000 *JAMA* 288, 1727-1732. 2002.
54. Oster, G., Thompson, D., Edelsberg, J., Bird, A.P. et Colditz, G.A. Lifetime health and economic benefits of weight loss among obese persons. *American Journal of Public Health* 89, 1536-1542. 1999.
55. Pearsall, D.J. et Costigan, P.A. The effect of segment parameter error on gait analysis results. *Gait and Posture* 9, 173-183. 1999.
56. Perry, J. Kinesiology of lower extremity bracing. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 102, 18. 1974.



57. Perusse, L., Tremblay, A., Leblanc, C., Cloninger, CR., Reich, T., Rice J. et Bouchard C. Familial resemblance in energy intake: contribution of genetic and environmental factors. *American Journal of Clinical Nutrition* 47, 629-35. 1988.
58. Pietrobelli, A., Faith, M.S., Wang, J., Brambillam P., Chiumello, G. et Heymsfield, S.B. Association of lean tissue and fat mass with bone mineral content in children and adolescents. *Obesity Research* 10, 56-60. 2002.
59. Pi-Sunyer, X.F. Comorbidities of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31, s602-s608. 1999.
60. Prince, P., Corriveau, H., Hébert, R. et Winter, D.A. Gait in the elderly. *Gait and Posture* 5, 128-135. 1997.
61. Raman, R. Obesity and health risks. *Journal of the American College of Nutrition* 21, s134-s139. 2002.
62. Reaven, G.M. Syndrome X: 6 years later. *Journal of Internal Medicine* 236, s13-s22. 1994.
63. Reilly, J.J., Dorosty, A.R. et Emmett, P.M. The ALSPAC study team. Identification of the obese child: adequacy of the body mass index for clinical practice and epidemiology. *International Journal of Obesity* 24, 1623-1627., 2000.

64. Reynolds, N. J. et Walt, S.E. The effect of error in inertial parameter estimation on walking and running kinetic analysis of gait, in ISB Seventh Symposium of 3-Dimensional Analysis of Human Movement July 10-12, Newcastle, UK, 2002.
65. Reynolds, N.J. et Walt, S.E. The effect of error in inertial parameter estimation on walking and running kinetic analysis of gait. ISB *Seventh Symposium of 3-Dimensional Analysis of Human Movement*, July 10-12, Newcastle, UK, 2002.
66. Riddford-Harland, D.L., Steele, J.R. et Storlien, L.H. Does Obesity Influence Foot Structure in Prepubescent Children? *International Journal of Obesity* 24, 541-544. 2000.
67. Rissanen, A. et Fogelholm, M. Physical activity in the prevention and treatment of other morbid conditions and impairments associated with obesity: current evidence and research issues. *Medicine and Science In Sports and Exercise* 31, s635-s645. 1999.
68. Rocchini, A.P. Childhood obesity and a diabetes epidemic. *The New England journal of Medicine* 346, 854-855. 2002.
69. Rosner, B., Prineas, R., Loggie, J. et Daniels, S. Percentiles for body mass index in U.S. children 5 to 17 years of age. *Journal of Pediatrics* 132, 211-222. 1998.
70. Rowland, T.W. (1990) *Exercise and Children's Health*. Champaign Human Kinetics, 356 pages.

71. Schaefer, E.J., McNamara, J.R., Shah, P.K., Nakajima, K., Cupples, L.A., Ordovas, J.M. et Wilson, P.W. Framingham Offspring Study. Elevated remnant-like particle cholesterol and triglyceride levels in diabetic men and women in the Framingham Offspring Study. *Diabetes Care* 25, 989-94. 2002.
72. Seidell, J.C. The impact of obesity on health status: Some implications for health care costs. *International Journal of Obesity* 19, s13-s16. 1995.
73. Sinha, R., Fisch, G., Teague, B., Tamborlane, W.V., Banyas, B., Allen, K., Savoye, M., Rieger, V., Taksali, S., Barbetta, G., Sherwin, R.S. et Caprio, S. Prevalence of impaired glucose tolerance among children and adolescents with marked obesity. *The New England Journal of Medicine* 346, 802-810. 2002.
74. Sorof, J.M., Lai, D., Turner, J., Poffenbarger, T. et Portman, R.J. Overweight, ethnicity, and the prevalence of hypertension in school-aged children. *Pediatrics* 113, 475-482. 2004.
75. Spector, T.D., Hart, D.J. et Doyle, D.V. Incidence and progression of osteoarthritis in women with unilateral knee disease in the general population: the effect of obesity. *Annals of the Rheumatic Diseases* 53, 565-568. 1994.
76. Spyropoulos, P., Pisciotta, J.C., Pavlou, K.N., Cairns, M.A. et Simon, S.R. Biomechanical gait analyse in obese men. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 72, 1065-1070. 1991.

77. Stansfield, B.W., Hillman, S.J., Hazlewood, M.E., Lawson, A.A., Mann, A.M., Loudon, I.R. et Robb, J.E. Sagittal joint kinematic, moments and powers are predominantly characterized by speed of progression, not age, in normal children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 21, 403-411. 2001.
78. Statistiques Canada (2004). Canada en Statistiques: Santé; Personnes ayant le diabète de type 2, 1994-2001 <http://www.statcan.ca/english/Pgdb/health53a.htm>
79. Stein, C.J. et Colditz, G.A. Modifiable risk factors for cancer. *British Journal of Cancer* 90, 299-303. 2004.
80. Swinburn, B.A., Caterson, I., Seidell, J.C. et Jamas, W.P.T. Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity. *Public Health Nutrition* 7, 123-146. 2004.
81. Tremblay, M.S., Katzmarzyk, P.T. et Willms, J.D. Temporal trends in overweight and obesity in Canada, 1981-1996. *International Journal of Obesity* 26, 538-543. 2002.
82. WHO Consultation on Obesity. *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. Geneva, Switzerland: World Health Organization; WHO Technical Report Series 894. 2000.
83. WHO Regional Office for the Western Pacific/International Association for the Study of Obesity/International Obesity Task Force. *The Asian-Pacific perspective redefining obesity and its treatment*. Sydney, Health Communication Australia, 2000.

84. Wing, R.R., Goldstein, M.C., Acton, K.J., Birch, L.L., Jakicic, J.M., Sallis, J.F., Smith-West, D., Jeffrey, R.W. et Surwit, R.S. Lifestyle changes related to obesity, eating behaviour, and physical activity. *Diabetes Care* 24, 117-123. 2001.
85. Winter, D.A. Balance and posture in human walking. *Engineering Medical Biology* 6, 8-11. 1987.
86. Winter, D.A. Energy generation and absorption at the ankle and knee during fast, natural, and slow cadences. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 175, 147-154. 1983.
87. Winter, D.A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture* 3, 193-214. 1995.
88. Winter, D.A. Overall principle of lower limb-support during stance phase of gait. *Journal of Biomechanics* 13, 923-927. 1980.
89. Yoon, Y.S. et Mansour, J.M. The passive moment at the hip. *Journal of Biomechanics* 15, 905-910. 1982.
90. Zaborskis, A., Petrauskiene, A., Gradeckiene, S., Vaitkaitiene, E. et Bartasiute, V. Overweight and increased blood pressure in preschool-aged children. *Medicina* 39, 1200-1207. 2003.

## **ANNEXES**

**ANNEXE A**

**Formulaire de consentement**

# Formulaire de consentement

## Titre de l'étude :

Comparaison du patron de marche des enfants obèses et non-obèses.

## Étudiante en charge du projet

Julie Nantel, B.Sc.

## Directeurs

François Prince, Ph.D.

## Co-directeur

Martin Brochu, Ph.D.

## Collaborateurs

Marielle Ledoux, Ph.D, Dre. Marie Lambert, Dre. Véronique Anne Pelletier, Dre. Valérie Marchand, Mme Diane Inkell, Inf., Eric T.Poelhman, Ph.D

**Note : par souci de simplicité, le terme « vous » doit être compris comme vous-même ou votre enfant.**

## Invitation à participer à un projet de recherche

Le département Kinésiologie participe à des protocoles de recherche dans le but d'améliorer la qualité de vie des enfants ayant un problème de surpoids. Nous sollicitons aujourd'hui votre participation. Nous vous invitons à lire ce formulaire d'information afin de décider si vous êtes intéressé à participer à cette étude mettant à contribution le Centre de réadaptation Marie-Enfant, l'Hôpital Sainte-Justine ainsi que les départements de Kinésiologie et de Nutrition de l'Université de Montréal.

## Nature de l'étude

### Pertinence :

Le surplus de poids chez les jeunes est désormais considéré comme le principal désordre chronique en pédiatrie. Aux États-Unis, en 1999, ce problème touchait 15% des enfants de 6 à 11 ans et 16% des 12 à 19 ans. Les conséquences à long terme sont bien connues (diabète de type II et l'hypertension artérielle). Cependant, le surplus de poids a aussi des répercussions aux niveaux articulaires et osseux. À ce jour, les études dans le domaine de la biomécanique démontrent que les enfants obèses affichent un patron de marche différent des enfants de poids normal. Il peut en résulter de l'inconfort lors de la locomotion dû à la surcharge sur les articulations et à long terme des problèmes ostéoarticulaires.

### Objectifs de la recherche :

Il semble y avoir une très forte corrélation entre la surcharge de poids et la diminution de l'équilibre. Cependant, aucune donnée précise n'est disponible à ce jour. L'objectif principal de la présente étude est de connaître les différences induites par l'obésité sur le patron de marche.



HÔPITAL  
SAINTE-JUSTINE  
le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant  
pour l'amour des enfants



### **Nombre de participants et condition de participation**

Vingt-quatre enfants âgés de 8 à 11 ans seront recrutés par l'équipe de Dre. Marie Lambert de l'Hopital Sainte-Justine.

### **Durée et endroit où aura lieu l'intervention**

Afin de recueillir certaines données cinématiques (analyse de mouvement) une évaluation de votre patron de marche sera effectuée. Nous procéderons alors à l'identification de certains repères anatomiques comme les hanches, les genoux, les pieds, etc. Afin de faciliter le positionnement des marqueurs vous devrez porter un vêtement serré (maillot de bain ou short et camisole). Ensuite, une douzaine de sphères réfléchissantes seront placées aux endroits identifiés précédemment. La tâche à réaliser consiste à marcher sur dix mètres à une vitesse confortable, dans une direction préétablie passant sur deux plates-formes de forces. Dix essais seront effectués. La rencontre se déroulera dans le laboratoire d'analyse du mouvement du Centre de réadaptation Marie Enfant situé au 5200, Bélanger Est, à Montréal.

*Durée totale : approximativement 1 h30.*

### **Avantages et bénéfices**

La recherche sur la problématique de l'obésité en est à ses débuts en biomécanique. Donc, en plus de permettre d'améliorer les connaissances du milieu de la recherche sur la biomécanique, les implications pratiques sont nombreuses, puisque la présente étude permettra de définir la en quoi le patron de marche des enfants obèses peut être différent de celui des enfants non-obèses et dans un avenir rapproché, comme ces enfants pourraient retrouver un patron de marche adéquat.

### **Inconvénients risques**

Comme le protocole expérimental reproduit la marche, il n'y aucun risque de blessure ou de malaise. Il existe un faible risque de réaction allergique cutanée au ruban adhésif double face utilisé pour installer les marqueurs réfléchissant. Pour cette raison le ruban est hypo allergène.

### **Confidentialité**

Les informations acquises lors du protocole seront codées par les chercheurs de façon à rendre anonymes les différentes données. Les dossiers de recherche des participants seront conservés sous clé au Centre de réadaptation Marie Enfant.

Cependant, afin de vérifier la saine gestion de la recherche, il est possible qu'un délégué du comité d'éthique de la recherche consulte vos données de recherche et votre dossier médical. Celui-ci est également soumis aux mêmes règles de confidentialités.

Par ailleurs, les résultats de cette étude pourront être publiés, inclus dans une base de données ou communiqués dans un congrès scientifique mais aucune information pouvant vous identifier ne sera divulguée.

**Conflits d'intérêts :**

Les chercheurs et collaborateurs n'ont aucun intérêt particulier qui pourrait mettre en doute l'objectivité de leur jugement professionnel.

**Y a-t-il une compensation pour les participants**

Vous recevrez une somme forfaitaire de 10\$ en compensation des frais encourus et des contraintes subies lors de votre déplacement au laboratoire de mouvement du Centre de réadaptation Marie Enfant.

**Liberté de participation**

Votre participation à ce projet est sur une base volontaire et vous demeurez libre en tout temps d'y mettre fin. Quelque soit votre décision, cela n'affecte en rien la qualité des services de santé qui vous sont offerts. Le consentement d'un parent/tuteur est nécessaire ainsi que la présence d'un adulte responsable lors de l'évaluation.

**Clause de responsabilité**

Tous les renseignements obtenus sur vous dans le cadre de ce projet de recherche seront confidentiels, à moins d'une autorisation de votre part ou d'une exception de la loi. En signant ce formulaire de consentement, vous ne renoncez à aucun de vos droits prévus par la loi ni à ceux de votre enfant. De plus, vous ne libérez pas les investigateurs de leur responsabilités légale et professionnelle advenant une situation qui causerait préjudice à votre enfant.

**Personne ressource à contacter en cas de questions ou de difficultés**

Pour de plus amples renseignements sur ce projet de recherche, contacter l'étudiante en charge de cette étude à l'Université de Montréal; soit Julie Nantel [REDACTED]

Pour tout renseignement sur les droits de votre enfant à titre de participant à ce projet de recherche, vous pouvez contacter la Commissaire locale à la qualité des services du CLSC Côte-des-Neiges [REDACTED].

**Consentement et assentiment**

On m'a expliqué la nature et le déroulement du projet de recherche. J'ai pris connaissance du formulaire de consentement et on m'en a remis un exemplaire. J'ai eu l'occasion de poser des questions auxquelles on a répondu à ma satisfaction. Après réflexion, j'accepte de participer à ce projet de recherche.

\_\_\_\_\_  
Nom de l'enfant

\_\_\_\_\_  
Assentiment de l'enfant  
(si capable de comprendre la nature de ce projet)-

\_\_\_\_\_  
Date

Assentiment verbal de l'enfant incapable de signer mais capable de comprendre la nature de ce projet : oui \_\_\_ non \_\_\_

\_\_\_\_\_  
Nom du parent

\_\_\_\_\_  
Consentement du parent, tuteur

\_\_\_\_\_  
Date

**Formule d'engagement du chercheur**

Le projet de recherche a été décrit au participant ainsi que les modalités de sa participation. Un membre de l'équipe de recherche a répondu à ses questions et lui a expliqué que la participation est libre et volontaire. Je m'engage à respecter ce qui a été convenu dans le formulaire de consentement.

\_\_\_\_\_  
Signature du chercheur

\_\_\_\_\_  
Date

\_\_\_\_\_  
Nom du chercheur

\_\_\_\_\_  
Date

## **ANNEXE B**

**Table d'embonpoint et d'obésité pour les enfants de 2 à 18 ans:  
Standards internationaux**

**Table 4.** International cut off points for body mass index for overweight and obesity by sex between 2 and 18 years, defined to pass through body mass index of 25 and 30 kg/m<sup>2</sup> at age 18, obtained by averaging data from Brazil, Great Britain, Hong Kong, Netherlands, Singapore, and United States

Age (years)	Body mass index 25 kg/m <sup>2</sup>		Body mass index 30 kg/m <sup>2</sup>	
	Males	Females	Males	Females
2	18.41	18.02		
2.5	18.13	17.76	20.09	19.81
3	17.89	17.56	19.80	19.55
3.5	17.69	17.40	19.57	19.36
4	17.55	17.28	19.39	19.23
4.5	17.47	17.19	19.29	19.15
5	17.42	17.15	19.26	19.12
5.5	17.45	17.20	19.30	19.17
6	17.55	17.34	19.47	19.34
6.5	17.71	17.53	19.78	19.65
7	17.92	17.75	20.23	20.08
7.5	18.16	18.03	20.63	20.51
8	18.44	18.35	21.09	21.01
8.5	18.76	18.69	21.60	21.57
9	19.10	19.07	22.17	22.18
9.5	19.46	19.45	22.77	22.81
10	19.84	19.86	23.39	23.46
10.5	20.20	20.29	24.00	24.11
11	20.55	20.74	24.57	24.77
11.5	20.89	21.20	25.10	25.42
12	21.22	21.68	25.58	26.05
12.5	21.56	22.14	26.02	26.67
13	21.91	22.58	26.43	27.24
13.5	22.27	22.98	26.84	27.76
14	22.62	23.34	27.25	28.20
14.5	22.96	23.66	27.63	28.57
15	23.29	23.94	27.98	28.87
15.5	23.60	24.17	28.30	29.11
16	23.90	24.37	28.60	29.29
16.5	24.19	24.54	28.88	29.43
17	24.46	24.70	29.14	29.56
17.5	24.73	24.85	29.41	29.69
18	25	25	29.70	29.84
			30	30

**ANNEXE C**

**Affiche de recrutement**



