

Rawad EL HAGE^{1,2}, Elie MOUSSA¹, Christophe JACOB¹

El Hage R, Moussa E, Jacob C. Influence de la surcharge pondérale sur la densité osseuse apparente chez des adolescentes libanaises. *J Med Liban* 2011 ; 59 (2) : 89-93.

RÉSUMÉ • OBJECTIF DE L'ÉTUDE : Explorer les effets de la surcharge pondérale sur la densité minérale osseuse apparente (DMOA) du rachis lombaire (L2-L4) et du col fémoral chez des adolescentes libanaises.

MÉTHODES ET RÉSULTATS : Quarante-deux adolescentes libanaises réglées dont 22 en surcharge pondérale (IMC > 25 kg/m² ; âge = 15,4 ± 2,4) et 20 normo-pondérées (IMC < 25 kg/m² ; âge = 15,2 ± 1,9) ont participé à cette étude. La composition corporelle et la densité minérale osseuse (DMO) ont été mesurées par absorptiométrie biphotonique à rayons X (DXA). La DMOA a été calculée au niveau du rachis lombaire et du col fémoral.

Les DMOAs au niveau du rachis lombaire et du col fémoral étaient supérieures ($p < 0,01$) chez le groupe en surcharge pondérale (SUR) par rapport au groupe normo-pondéré (NOR). Dans la population entière, la masse grasse était un déterminant positif de la DMOA du rachis lombaire et du col fémoral ($p < 0,001$ et $< 0,05$ respectivement).

CONCLUSION : Dans le groupe d'adolescentes étudié, la surcharge pondérale est associée à une augmentation des valeurs de DMOA au niveau du rachis lombaire (L2-L4) et du col fémoral.

INTRODUCTION

Ces dernières années, l'obésité est devenue un problème majeur de santé publique du fait de sa prévalence supérieure à 25 % dans certains pays et de sa croissance alarmante chez les enfants et les adolescents [1]. Au Liban, l'obésité est actuellement très présente aussi bien chez les adultes (18% des hommes et 14% des femmes) [2] que chez les jeunes (3-19 ans) chez qui on estime que 7% des garçons et 3% des filles sont obèses [2] et que 30% des garçons et 19% des filles sont en surcharge pondérale [2].

1. Laboratoire de physiologie et de biomécanique de la performance motrice, Université de Balamand, Al Koura, Liban.
2. UMR-S658, CHR d'Orléans, CHR d'Orléans-Porte Madeleine, Orléans, France.

Auteur correspondant : Docteur Rawad El Hage. Département d'éducation physique. Faculté des arts & sciences sociales. Université de Balamand, B.P. 100. Tripoli. Liban.

e-mail : rawadelhage21@hotmail.com

Tél. : +961 3 713605 / 4 414892

Fax : +961 6 930278

El Hage R, Moussa E, Jacob C. Influence of being overweight on bone mineral apparent density in a group of Lebanese adolescent girls. *J Med Liban* 2011 ; 59 (2) : 89-93.

ABSTRACT • AIM OF THE STUDY : To explore the effects of being overweight on lumbar spine (L2-L4) and femoral neck (FN) bone mineral apparent density (BMAD) in a group of Lebanese adolescent girls.

METHODS AND RESULTS : Forty-two Lebanese post-menarchal adolescent girls participated in this study (22 overweight [BMI > 25 kg/m²] adolescent girls [15.4 ± 2.4 years old] and 20 maturation-matched [15.2 ± 1.9 years old] controls [BMI < 25 kg/m²]). Body composition and bone mineral density (BMD) were measured with dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). Calculation of the BMAD was completed for the FN and for the L2-L4. FN and L2-L4 BMAD values were higher ($p < 0.01$) in overweight girls compared to normal-weighted girls. In the whole population, fat mass was a positive determinant of L2-L4 and FN BMAD ($p < 0.001$ and $p < 0.05$ respectively).

CONCLUSION : In this study group, being overweight is associated with higher L2-L4 and femoral neck BMAD values.

Si le surpoids et l'obésité exercent des effets néfastes sur les fonctions cardiovasculaires et métaboliques [1], il est bien admis que l'obésité à l'âge adulte a un rôle protecteur contre l'ostéoporose dans la mesure où l'obésité est associée à une augmentation des valeurs de densité minérale osseuse (DMO) et à une diminution des risques de fractures [3]. En parallèle, d'autres études montrent des effets positifs du surpoids et de l'obésité sur le contenu minéral osseux (CMO) et la DMO pendant l'enfance et l'adolescence [4-6]. A l'inverse, plusieurs études montrent un effet néfaste de ceux-ci sur le CMO et la DMO à cet âge après ajustement par les caractéristiques morphologiques [7-9]. Les outils d'investigation de la DMO et de l'architecture osseuse in vivo sont actuellement nombreux : absorptiométrie biphotonique à rayons X (DXA), imagerie par résonance magnétique, tomographie quantitative à rayons X, tomographie quantitative à rayons X périphérique et ultrasonographie quantitative osseuse [10]. La DXA est actuellement la méthode de référence pour la mesure de la DMO et pour le diagnostic de l'ostéoporose [11]. Cette technique présente plusieurs avantages : elle est peu irradiante, précise et utilisée chez les enfants et les adolescents quel que soit leur statut pondéral [12]. Néanmoins, la mesure de DMO obtenue par DXA est une densité surfacique, ce qui implique que la DXA a tendance à surestimer la DMO

volumique d'échantillons osseux de grande taille et à sous-estimer la DMO volumique d'échantillons osseux de petite taille [13-14]. C'est pour cela que Katzman et coll. [14] ont utilisé des formules mathématiques afin d'estimer la DMO volumique (g/cm^3) à partir de la DMO surfacique et des dimensions osseuses ; cette estimation de la DMO volumique est appelée densité minérale osseuse apparente (DMOA).

Le but de cette étude est d'explorer l'influence de la surcharge pondérale sur la DMOA chez des adolescentes libanaises.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sujets

Quarante-deux adolescentes libanaises sédentaires (pratiquant moins de deux heures d'activité physique par semaine) âgées de 12 à 20 ans ont participé à cette étude. Elles étaient toutes de type caucasien, et réglées (depuis au moins 6 mois). La population a été divisée en deux groupes selon l'indice de masse corporelle (IMC). Le premier groupe (SUR) était composé de 22 adolescentes en surcharge pondérale ($\text{IMC} > 25 \text{ kg}/\text{m}^2$) et le deuxième groupe (NOR) était composée de 20 adolescentes dont l'IMC était normal ($\text{IMC} < 25 \text{ kg}/\text{m}^2$). Leur recrutement a eu lieu dans quatre collèges privés situés à Beyrouth de même niveau socio-économique. Le consentement éclairé des parents a été obtenu. Les adolescentes étaient toutes non fumeuses et n'ont reçu aucun traitement hormonal ni vitaminique susceptible de modifier leur statut osseux. Elles n'avaient pas d'antécédent de maladie métabolique ou osseuse et n'avaient jamais subi d'immobilisation prolongée. Le nombre d'années écoulées depuis la ménarche constituait un index de maturation (IM). Ce protocole a reçu l'approbation du comité d'éthique de l'Université de Balamand.

Mesures anthropométriques

Les mesures du poids et de la taille des sujets ont été réalisées par l'intermédiaire d'une balance électronique (Taurus, précision : 0,1 kg) et d'une toise (Seca, précision : 0,1 cm).

Mesures d'ostéodensitométrie

Des mesures d'absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA) du corps entier ont été réalisées chez les 42 adolescentes (DEXA Hologic QDR-4500W, Hologic Inc., Waltham, MA). Cette technique permet de mesurer la masse maigre, la masse grasse, la densité minérale osseuse (DMO) exprimée en g/cm^2 , le contenu minéral osseux (CMO) exprimé en g et la surface minérale osseuse (SMO) exprimée en cm^2 . Elle a été également validée pour étudier la composition corporelle et la masse osseuse des enfants et des adolescents obèses et non obèses [4, 15-19]. Nous avons aussi calculé la densité minérale osseuse « apparente » (DMOA) du rachis lombaire (L2-L4) et du col fémoral en utilisant les formules proposées par Katzman et coll. [14] : la DMOA du rachis lombaire (g/cm^3) = $\text{CMO}/\text{SMO}^{1.5}$ et la DMOA du col fémoral

TABLEAU I
AGE, INDEX DE MATURATION, CARACTÉRISTIQUES
ET CONSOMMATION CALCIQUE JOURNALIÈRE
DES DEUX GROUPES

	Groupe SUR (n = 22)	Groupe NOR (n = 20)
	Moyenne \pm DS	
Age (ans)	15,4 \pm 2,4	15,2 \pm 1,9
IM (ans)	3,7 \pm 3,0	2,8 \pm 2,2
Poids (kg)	73,5 \pm 10,9***	55,0 \pm 10,8
Taille (cm)	160,3 \pm 6,1	159,9 \pm 4,7
IMC (kg/m^2)	28,5 \pm 2,7***	21,5 \pm 3,3
Masse maigre (kg)	42,4 \pm 5,1***	36,9 \pm 4,8
Masse grasse (kg)	29,0 \pm 5,7***	16,7 \pm 5,8
% masse grasse	39,3 \pm 3,0***	29,0 \pm 5,8
CCJ (mg/j)	748 \pm 274	783 \pm 285

IM : Index de maturation (nombre d'années écoulées depuis la ménarche)

IMC : Indice de masse corporelle

CCJ : Consommation calcique journalière

*** Différences entre les deux groupes $p < 0,001$.

(g/cm^3) = CMO/SMO^2 . Toutes ces mesures ont été réalisées par le même technicien et sur la même machine dans le même centre hospitalier. Dans ce centre, le coefficient de variation était 0,54% pour la masse maigre, 1,13% pour la masse grasse et < 1% pour les mesures de CMO et de DMO [6].

Consommation calcique journalière (CCJ)

Les adolescentes ont toutes rempli un questionnaire fréquentiel d'évaluation de la consommation calcique journalière préalablement validé [20]. Ce questionnaire comporte 30 items : produits laitiers, viandes, poissons, œufs, diverses céréales, légumes secs, légumes verts, fruits, desserts, eau (minérale et du robinet), jus de fruits et boissons alcoolisées (vin, bière et cidre), etc. Aucune adolescente ne recevait de suppléments calciques dans cette étude.

Statistiques

Les données sont exprimées en moyenne \pm la déviation standard (DS) (Tableaux I et II) et en moyenne \pm l'erreur standard (ES) (Tableau IV). L'existence d'une éventuelle corrélation a été précisée par le test de Pearson. Les différences entre les groupes SUR et NOR ont été précisées par le test-t de Student pour les distributions normales et par le test de Mann-Whitney pour les distributions non normales. Une analyse de régression linéaire à variables multiples (*multiple linear regression*) a été utilisée : la variable dépendante était la DMOA du rachis lombaire et les variables indépendantes étaient l'index de maturation, la masse grasse et la masse maigre dans le premier modèle et l'IMC et la masse maigre dans le deuxième modèle (Tableau IV). Les analyses statistiques ont été effectuées par le logiciel NCSS (2001). Une valeur de $p < 0,05$ était exigée afin d'affirmer le caractère significatif des résultats.

RÉSULTATS

Analyse descriptive de la population étudiée

L'âge, l'index de maturation, les caractéristiques morphologiques et la consommation calcique journalière (CCJ) des deux groupes apparaissent dans le tableau I. Notons qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les deux groupes au niveau de l'âge, de l'index de maturation, de la taille et de la CCJ. En revanche, le poids, l'IMC, la masse maigre, la masse grasse et le pourcentage de masse grasse étaient supérieurs ($p < 0,001$) chez le groupe SUR par rapport au groupe NOR.

Paramètres osseux des deux groupes

Les valeurs de DMO (au niveau du corps entier, du rachis lombaire et du col fémoral) étaient supérieures ($p < 0,05$) chez le groupe SUR par rapport au groupe NOR. Les valeurs de DMOA (au niveau du rachis lombaire et du col fémoral) étaient également supérieures ($p < 0,01$) chez le groupe SUR par rapport au groupe NOR (Tableau II).

TABLEAU II
PARAMÈTRES OSSEUX DES DEUX GROUPES

	Groupe SUR (n = 22)	Groupe NOR (n = 20)
	Moyenne ± DS	
DMO CE (g/cm ²)	1,031 ± 0,091*	0,976 ± 0,070
DMO L2-L4 (g/cm ²)	0,970 ± 0,125*	0,891 ± 0,108
DMO CF (g/cm ²)	0,844 ± 0,108**	0,756 ± 0,114
DMOA L2-L4 (g/cm ³)	0,148 ± 0,015**	0,133 ± 0,014
DMOA CF (g/cm ³)	0,189 ± 0,055**	0,158 ± 0,042
DMO : Densité minérale osseuse CE : Corps entier DMOA : Densité minérale osseuse apparente CF : Col fémoral ** Différences entre les deux groupes $p < 0,01$ * Différences entre les deux groupes $p < 0,05$.		

Corrélations entre l'âge, l'index de maturation, les caractéristiques morphologiques, la consommation calcique journalière et les DMOAs du rachis lombaire et du col fémoral

La DMOA du rachis lombaire était positivement corrélée à l'âge ($p < 0,05$), à l'index de maturation ($p < 0,01$), au poids ($p < 0,001$), à l'IMC ($p < 0,001$), à la masse maigre ($p < 0,01$), à la masse grasse ($p < 0,001$) et au pourcentage de masse grasse ($p < 0,001$).

La DMOA du col fémoral était seulement corrélée à la masse grasse ($p < 0,05$) et au pourcentage de masse grasse ($p < 0,05$). La CCJ n'était pas corrélée aux DMOAs des deux sites osseux étudiés (Tableau III).

Dans une analyse de régression linéaire incluant la DMOA du rachis lombaire comme variable dépendante, l'index de maturation, la masse grasse et la masse maigre comme variables indépendantes, seuls l'index de maturation et la masse grasse étaient significativement corrélés à la DMOA du rachis lombaire (premier modèle, Tableau IV). De plus la masse maigre n'était pas corrélée

TABLEAU III

CORRÉLATIONS (r) ENTRE L'ÂGE, L'INDEX DE MATURATION, LES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES, LA CONSOMMATION CALCIQUE JOURNALIÈRE ET LES DMOAs DU RACHIS LOMBAIRE ET DU COL FÉMORAL

	DMOA CF (g/cm ³)	DMOA L2-L4 (g/cm ³)
Age (ans)	-0,04	0,38*
IM (ans)	-0,02	0,48**
Poids (kg)	0,29	0,54***
Taille (cm)	0,12	0,25
IMC (kg/m ²)	0,30	0,54***
Masse maigre (kg)	0,20	0,43**
Masse grasse (kg)	0,32*	0,56***
% masse grasse	0,36*	0,55***
CCJ (mg/j)	-0,06	0,02

DMOA : Densité minérale osseuse apparente **CF** : Col fémoral
IM : Index de maturation (nombre d'années écoulées depuis la ménarche)
IMC : Indice de masse corporelle **CCJ** : Consommation calcique journalière
* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$.

à la DMOA du rachis lombaire après ajustement par l'IMC (deuxième modèle, tableau IV).

DISCUSSION

Cette étude menée chez des adolescentes libanaises réglées, montre principalement que la surcharge pondérale est associée à une augmentation des valeurs de DMOA au niveau du rachis lombaire et du col fémoral.

La CCJ dans la population étudiée était inférieure aux valeurs recommandées pendant l'adolescence (1300 mg) [21]. Ces résultats sont en accord avec ceux de deux autres études menées précédemment au Liban [22-23]. Dans

TABLEAU IV
RÉGRESSIONS LINÉAIRES ENTRE DMOA ET PLUSIEURS CARACTÉRISTIQUES CLINIQUES

Variable dépendante = DMOA L2-L4 ($r^2 = 0,41$)			
	COEFFICIENT	ES	p
Constante	0,125	0,017	< 0,001
Masse grasse (kg)	0,001	0,000	0,005
IM (ans)	0,002	0,000	0,002
Masse maigre (kg)	-0,000	0,000	0,4
Variable dépendante = DMOA L2-L4 ($r^2 = 0,27$)			
	COEFFICIENT	ES	p
Constante	0,097	0,016	< 0,001
IMC (kg/m ²)	0,002	0,000	0,01
Masse maigre (kg)	-0,000	0,000	0,60

DMOA : Densité minérale osseuse apparente
IM : Index de maturation (nombre d'années écoulées depuis la ménarche)
IMC : Indice de masse corporelle
ES : Erreur standard **r** : Coefficient de corrélation.

notre étude, la CCJ n'était pas corrélée à la DMOA. Ce résultat est en accord avec ceux d'une étude menée chez des enfants et des adolescents libanais [24]. En effet, les facteurs génétiques déterminent 60 à 80% de la masse osseuse alors que les facteurs nutritionnels et ceux liés au style de vie (ensoleillement, activité physique, etc.) en déterminent 20 à 40% [25-27].

Dans cette étude, le groupe SUR avait des DMOs supérieures à celles retrouvées chez le groupe NOR. Généralement, il est bien admis que les valeurs brutes de DMO sont plus élevées chez les adolescents en surpoids et obèses par rapport à ceux dont l'IMC est normal [4-6, 28]. En effet, l'excès de poids augmente la minéralisation des os et leurs dimensions durant l'enfance et l'adolescence via les contraintes mécaniques [28-29]. D'un autre côté, l'effet positif de la surcharge pondérale sur la DMO serait dû à l'augmentation de quelques hormones (leptine, insuline, IGF-1, estrogènes, préptine et amyline, etc.) susceptibles d'influencer positivement le tissu osseux [30-33].

La DMO est une mesure surfacique et non pas volumique. Katzman et coll. [14] ont utilisé des formules mathématiques afin d'estimer la DMO volumique. La mesure directe de la DMO volumique par tomographie quantitative à rayons X est très irradiante et par conséquent peu adaptée aux enfants et adolescents [10-11]. Dans notre étude, le groupe SUR avait des DMOAs supérieures à celles retrouvées chez le groupe NOR au niveau du col fémoral et du rachis lombaire. Ces résultats suggèrent que la surcharge pondérale influence positivement la DMO volumique de ces deux sites osseux. Rocher et coll. [8] ont montré que l'obésité influence positivement la DMOA au niveau L1-L4 chez les enfants prépubères. Pour Wetzsteon et coll. [34], le surpoids est associée à une augmentation de la section transversale corticale et de la résistance osseuse au niveau du tibia chez les enfants. Selon ces auteurs, le surpoids n'influence pas positivement la DMO volumique corticale (mg/mm^3) [34]. Pollock et coll. [35] ont montré que les adolescentes qui ont un pourcentage élevé de masse grasse ($> 32\%$) ont une DMO volumique identique (au niveau du radius et du tibia) à celles qui ont un pourcentage normal de masse grasse ($< 32\%$). Enfin, pour Lorentzon [36], la masse grasse est un déterminant positif de la section transversale osseuse au niveau du tibia et un déterminant négatif de celle-ci au niveau du radius chez des hommes adultes. Selon ces auteurs, la masse grasse aurait des effets positifs sur les os porteurs uniquement [36].

Les caractéristiques morphologiques (poids, masse maigre, masse grasse et IMC) étaient positivement corrélées à la DMOA du rachis lombaire. Ces résultats sont en accord avec ceux de deux études menées chez les adolescents [14, 37]. Le rachis lombaire est un os riche en os trabéculaire ; il s'adapte aux contraintes mécaniques (surcharge pondérale) en augmentant sa DMO [38]. Cependant, la DMOA du col fémoral était légèrement corrélée ($r = 0,32$; $p < 0,05$) à la masse grasse mais pas au poids. Il a été signalé auparavant qu'il n'existait pas de relations positives entre la DMOA du col fémoral et le poids pen-

dant l'adolescence [14, 37].

L'âge et le nombre d'années écoulées depuis la ménarche étaient corrélés à la DMOA du rachis lombaire mais pas à la DMOA du col fémoral. L'augmentation de la DMO volumique au niveau du rachis lombaire pendant la croissance pourrait être due à une augmentation du nombre de trabécules [37, 39]. En effet, d'après Laroche et coll. [40], le pic de DMO au niveau du rachis lombaire se situe dans la cinquième année qui suit la ménarche. Par ailleurs, le manque de corrélation entre la DMOA du col fémoral et l'âge est en accord avec les résultats de l'étude menée par Katzman et coll. [14] chez les adolescents.

Dans une régression linéaire à variables multiples, nous avons montré que la masse grasse était un meilleur déterminant positif de la DMOA du rachis lombaire que la masse maigre. A l'adolescence, il existe des désaccords entre les études concernant la contribution relative de la masse grasse et de la masse maigre aux valeurs de DMO. En effet, la relation entre la DMO et la masse grasse ou la masse maigre est dépendante du sexe [41-43].

Le faible nombre de sujets inclus dans chaque groupe constitue la principale limite de cette étude. Cependant, c'est la première étude qui explore l'effet de la surcharge pondérale sur la DMOA du rachis lombaire et du col fémoral chez les adolescentes libanaises.

En conclusion, cette étude suggère que la DMO volumique (au niveau du rachis lombaire et du col fémoral) chez les adolescentes en surcharge pondérale est supérieure par rapport à celle retrouvée chez les adolescentes normo-pondérées. Dans la mesure où la résistance osseuse ne dépend pas uniquement de la DMO [44], il serait intéressant dans le futur de mener une étude micro- et macro-architecturale afin d'affirmer le rôle de la surcharge pondérale sur la géométrie et la microarchitecture osseuse chez la même population.

RÉFÉRENCES

1. Deckelbaum RJ, Williams CL. Childhood Obesity : The Health Issue. *Obes Res* 2001 ; 9 (Suppl) : 239S-243S.
2. Sibai AM, Hwalla N, Adra N, Rahal B. Prevalence and covariates of obesity in Lebanon : Findings from the First Epidemiological Study. *Obes Res* 2003 ; 11 : 1353-61.
3. Bakker I, Twisk JWR, Van Mechelen W, Kemper HCG. Fat-free body mass is the most important body composition determinant of 10-yr longitudinal development of lumbar bone in adult men and women. *J Clin Endocrinol Metab* 2003 ; 88 : 2607-13.
4. Ellis KJ, Shypailo RJ, Wong WW, Abrams SA. Bone mineral mass in overweight and obese children : diminished or enhanced ? *Acta Diabetol* 2003 ; 40 (Suppl) : S274-S277.
5. Leonard MB, Shults J, Wilson BA, Tershakovec AM, Zemle BS. Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone dimensions. *Am J Clin Nutr* 2004 ; 80 : 514-23.
6. El Hage R, Jacob C, Moussa E, Benhamou CL, Jaffré C. Total body, lumbar spine and hip bone mineral density in overweight adolescent girls : decreased or increased ? *J Bone Miner Metab* 2009 ; 27 (5) : 629-33.
7. Goulding A, Taylor RW, Jones IE, Manning PJ, Williams SM. Spinal overload : a concern for obese children and

- adolescents ? *Osteoporos Int* 2002 ; 13 : 835-40.
8. Rocher E, Chappard C, Jaffré C, Benhamou CL, Courteix D. Bone mineral density in prepubertal obese and control children : relation to body weight, lean mass, and fat mass. *J Bone Miner Metab* 2008 ; 26 : 73-8.
 9. Goulding A, Jones IE, Taylor RW, Williams SM, Manning PJ. Bone mineral density and body composition in boys with distal forearm fractures : a dual-energy X-ray absorptiometry study. *J Pediatr* 2001 ; 139 : 509-15.
 10. Ducher G, Blimkie CJ. Adaptations architecturales du tissu osseux en réponse à l'exercice physique : intérêts et limites des méthodes non invasives utilisées chez l'homme. *Science & Sports* 2006 ; 21 : 255-67.
 11. Genant HK, Engelke K, Fuerst T et al. Noninvasive assessment of bone mineral and structure : state of the art. *J Bone Miner Res* 1996 ; 11 : 707-30.
 12. Thomas SR, Kalkwarf HJ, Buckley DD, Heubi JE. Effective dose of dual-energy X-ray absorptiometry scans in children as a function of age. *J Clin Densitom* 2005 ; 8 : 415-22.
 13. Carter DR, Boussein ML, Marcus R. New approaches for interpreting projected bone densitometry data. *J Bone Miner Res* 1992 ; 7 : 137-45.
 14. Katzman D, Bachrach L, Carter D, Marcus R. Clinical and anthropometric correlates of bone mineral acquisition in healthy adolescent girls. *J Clin Endocrinol Metab* 1991 ; 73 : 1332-9.
 15. Bachrach LK, Hastie T, Wang MC, Narasimhan B, Marcus B. Bone mineral acquisition in healthy Asian, Hispanic, Black, and Caucasian youth : A longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab* 1999 ; 84 : 4702-12.
 16. Arabi A, Nabulsi M, Maalouf J et al. Bone mineral density by age, gender, pubertal stages, and socioeconomic status in healthy Lebanese children and adolescents. *Bone* 2004 ; 35 : 1169-79.
 17. Mei Z, Grummer-Strawn L, Pietrobelli A, Goulding A, Goran MI, Dietz WH. Validity of body mass index compared with other body-composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 2002 ; 75 : 978-85.
 18. Gutin B, Litaker M, Islam S, Manos T, Smith C, Treiber F. Body-composition measurements in 9-11 years old children by dual energy X-ray absorptiometry, skinfold thickness measurements, and bioimpedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996 ; 63 : 287-92.
 19. Pietrobelli A, Peroni DG, Faith MS. Pediatric body composition in clinical studies : which methods in which situations ? *Acta Diabetol* 2003 ; 40 (Suppl 1) : S270-S273.
 20. Fardellone P, Sebert JL, Bouraya M et al. Evaluation of the calcium content of diet by frequential self-questionnaire. *Rev Rhum Mal Osteoartic* 1991 ; 58 : 99-103.
 21. DRI. Dietary Reference Intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. Washington DC : Institute of Medicine, 1997.
 22. Dib L, Arabi A, Maalouf J, Nabulsi M, El-Hajj Fuleihan G. Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. *Bone* 2005 ; 36 : 736-42.
 23. Salamoun MM, Kizirian AS, Tannous RI et al. Low calcium and vitamin D in healthy children and adolescents and their correlates. *Eur J Clin Nutr* 2005 ; 59 : 177-84.
 24. Arabi A, Tamim H, Nabulsi M et al. Sex differences in the effect of body-composition variables on bone mass in healthy children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 2004 ; 80 : 1428-35.
 25. Compston JE. Sex steroids and bone. *Physiol Rev* 2001 ; 81 : 419-47.
 26. Christian JC, Yu P-L, Slemenda CW, Johnston CC Jr. Heritability of bone mass : a longitudinal study in aging male twins. *Am J Hum Genet* 1989 ; 44 : 429-33.
 27. Dequeker J, Nijs J, Verstraeten A, Geusens P, Gevers G. Genetic determinants of bone mineral content at the spine and radius : a twin study. *Bone* 1987 ; 8 : 207-9.
 28. Kobayashi F, Lopes L, Taddei J. Bone mineral density in overweight and obese adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2005 ; 81 : 337-42.
 29. Clark EM, Ness AR, Tobias JH. Adipose tissue stimulates bone growth in prepubertal children. *J Clin Endocrinol Metab* 2006 ; 91 : 2534-41.
 30. Reid IR. Relationships between fat and bone. *Osteoporos Int* 2008 ; 19 : 595-606.
 31. Thomas T, Burguera B, Melton LJ et al. Role of serum leptin, insulin, and estrogen levels as potential mediators of the relationship between fat mass and bone mineral density in men versus women. *Bone* 2001 ; 29 : 114-20.
 32. Hamrick MW, Ferrari SL. Leptin and the sympathetic connection of fat to bone. *Osteoporos Int* 2008 ; 19 : 905-12.
 33. El Hage R, Jacob C, Moussa E et al. Leptine, insuline, IGF-1 et masse osseuse chez des adolescents sédentaires. *J Med Liban* 2008 ; 56 (4) : 220-5.
 34. Wetzsteon RJ, Petit MA, Macdonald HM, Hughes JM, Beck TJ, McKay HA. Bone structure and volumetric BMD in overweight children : a longitudinal study. *J Bone Miner Res* 2008 ; 23 : 1946-53.
 35. Pollock NK, Laing EM, Baile CA, Hamrick MW, Hall DB, Lewis RD. Is adiposity advantageous for bone strength ? A peripheral quantitative computed tomography study in late adolescent females. *Am J Clin Nutr* 2007 ; 86 : 1530-8.
 36. Lorentzon R. Adipose tissue is a negative independent predictor of cortical bone size in non-weight bearing bones in young men : an association mediated by leptin : the GOOD study. *J Bone Miner Res* 2005 ; 20 (Suppl 1) : 13 (Abstract).
 37. Lu PW, Cowell CT, Lloyd-Jones SA, Briody JN, Howman-Giles R. Volumetric bone mineral density in normal subjects, aged 5-27 years. *J Clin Endocrinol Metab* 1996 ; 81 : 1586-90.
 38. Ducher G, Prouteau S, Courteix D, Benhamou CL. Cortical and trabecular bone at the forearm show different adaptation patterns in response to tennis playing. *J Clin Densitom* 2004 ; 7 : 399-405.
 39. Seeman E. Growth in bone mass and size – are racial and gender differences in bone mineral density more apparent than real ? *J Clin Endocrinol Metab* 1998 ; 83 (5) : 1414-19.
 40. Laroche D, Guaydier-Souquieres G, Fournier L et al. Insulin-like growth factor-1, ostéocalcine et minéralisation osseuse : étude épidémiologique de 574 jeunes filles normales. *Immunoanal Biol Spéc* 1995 ; 10 : 279-84.
 41. El Hage R, Courteix D, Benhamou CL, Jacob C, Jaffré C. Relative importance of lean and fat mass on bone mineral density in a group of adolescent girls and boys. *Eur J Appl Physiol* 2009 ; 105 : 759-64.
 42. Ackerman A, Thornton J, Wang J, Pierson R, Horlick M. Sex difference in the effect of puberty on the relationship between fat mass and bone mass in 926 healthy subjects. *Obes Res* 2006 ; 14 : 819-25.
 43. Ferretti JL, Capozza RF, Cointry GR et al. Gender-related differences in the relationship between densitometric values of whole-body bone mineral content and lean body mass in humans between 2 and 87 years of age. *Bone* 1998 ; 22 : 683-90.
 44. Fulton JP. New guidelines for the prevention and treatment of osteoporosis. National Osteoporosis Foundation. *Med Health RI* 1999 ; 82 : 110-24.