

Croissance et acquisition de la masse osseuse chez la jeune fille

● G. Guaydier-Souquières*, J.P. Sabatier**

Points forts

■ Chez le jeune, l'augmentation importante de la taille et du poids s'accompagne d'une augmentation de la masse osseuse, qui reflète essentiellement l'expansion volumétrique du squelette.

■ La masse osseuse (CMO, g) est un paramètre plus adapté au jeune en croissance que la densité minérale osseuse (DMO, g/cm²).

■ Près de la moitié de la masse osseuse adulte est acquise au cours des quatre années "péri-ménarchéales".

■ L'âge de la ménarche variant selon les sujets, les mesures densitométriques devraient être interprétées en fonction du développement physiologique (poids, taille et développement pubertaire) et non de l'âge légal.

■ L'utilisation du T score est sans fondement chez le jeune.

Mots-clés : Masse osseuse - Densitométrie - Adolescence.

Une des fonctions essentielles du squelette est mécanique : elle permet le soutien du corps. La gravitation, à laquelle il est soumis, a un retentissement sur son contenu minéral.

Au cours de la croissance, les années qui précèdent et suivent la ménarche chez les jeunes filles, années de développement pubertaire, sont cruciales pour l'acquisition de la masse osseuse.

* Service rhumatologie - ** Service de médecine nucléaire, CHU Côte-de-Nacre, 14033 Caen.

ÉVOLUTION ANTHROPOMÉTRIQUE

La croissance du squelette se poursuit de la naissance à l'âge adulte, avec une expansion volumétrique qui se traduit par une augmentation plus importante de la longueur des os longs et donc de la taille. Bien que la croissance soit continue, sa vitesse n'est pas constante : rapide chez le nourrisson et le petit enfant, elle ralentit ensuite jusqu'à la période prépubertaire.

La taille du squelette augmente à des vitesses variables selon les sites ; les travaux de Sempé précisent cette évolution (1). Le gain annuel du segment supérieur (taille assise) est à peu près constant de 5 à 10 ans, puis augmente jusqu'à un maximum vers 12,5 ans, pour diminuer ensuite progressivement jusqu'à 18 ans environ (figure 1). Celui du segment inférieur (taille debout - taille assise) est à peu près constant entre 5 et 12 ans, puis décroît pour s'annuler vers 16 ans. L'accélération de la croissance que l'on observe dans la période péri-pubertaire touche donc plus particulièrement le squelette axial. Au total, le pic de gain de taille est situé à 12 ans en moyenne. Le corps et l'arc postérieur des vertèbres présentent un développement différent suivant l'étage : en région lombaire, le corps vertébral se développe plus précocement que l'arc postérieur, alors que c'est l'inverse en région dorsale. Entre 10 et 18 ans, les vertèbres lombaires doublent de volume.

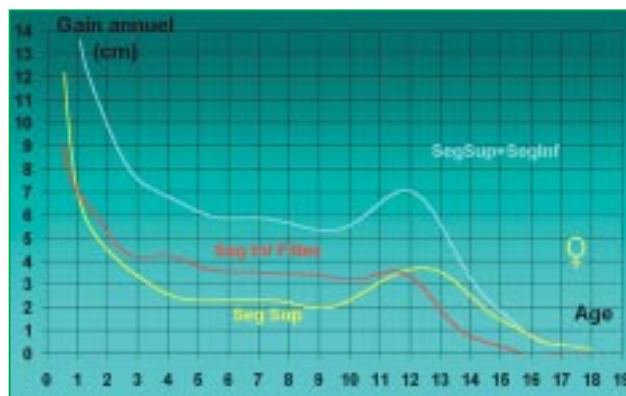


Figure 1. Gain de taille annuel des segments supérieur et inférieur chez la jeune fille, adapté de Sempé (1).

ÉVOLUTION DE LA MASSE VOLUMIQUE OSSEUSE

L'évolution de la masse volumique du tissu osseux cortical et trabéculaire a été étudiée au scanner, seule méthode permettant d'obtenir *in vivo* une mesure de densité vraie (g/cm^3), mais l'irradiation délivrée n'en permet pas une utilisation large. Une étude transversale chez 143 filles a montré une augmentation relativement régulière, du stade de Tanner I au stade V, de la densité trabéculaire du corps des vertèbres lombaires, alors que la densité corticale mesurée à la diaphyse fémorale ne varie pas (2).

ÉVOLUTION DES MESURES DENSITOMÉTRIQUES PAR DXA

Le rachis lombaire a été le site le mieux étudié, les autres sites (fémur, avant-bras et corps entier) n'ayant été concernés que par de rares études longitudinales.

Rachis lombaire

Plusieurs études transversales ont montré une augmentation rapide de la densité minérale osseuse (DMO, g/cm^2) ou du contenu minéral osseux (CMO, g) à partir de 10 ans environ, puis plus lente après 14 ans, pour atteindre un plateau situé, selon les auteurs, vers 16-17 ans ou 20-25 ans (figure 2). Cela a été confirmé par quelques études longitudinales (3-5), qui ont permis de préciser à quels moments se situaient les pics de gain de la taille, de la DMO et du CMO. Ainsi, une étude française (4) chez des jeunes filles âgées de 11 à 23 ans, revues après deux ans, a montré que la vitesse d'augmentation de la taille (segment supérieur + segment inférieur) était maximale 1,5 an avant la ménarche, alors que les pics d'augmentation de la DMO et du CMO au niveau lombaire (segment supérieur) se situaient 7 à 8 mois avant la ménarche, soit

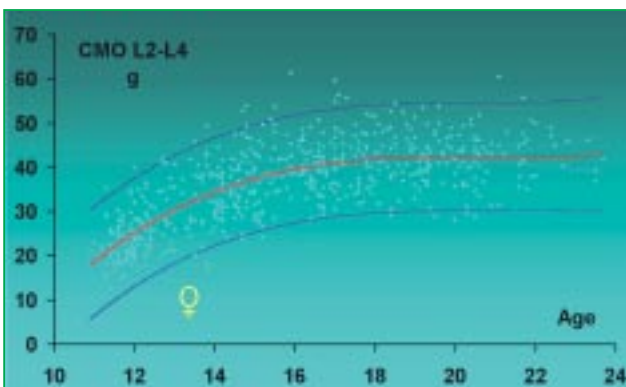


Figure 2. Contenu minéral osseux lombaire en fonction de l'âge chez la jeune fille (11).

au stade P3 (figure 3). Les pics d'augmentation de la surface de projection et de la hauteur du bloc lombaire L2-L4 avaient lieu respectivement environ 9 et 12 mois avant la ménarche. Il n'existe donc pas d'asynchronisme majeur entre l'évolution des dimensions du rachis lombaire et celle des paramètres densitométriques. Au cours des 4 années qui encadrent la ménarche, et qui suivent donc l'apparition des premiers signes pubertaires, près de 50 % de la masse osseuse adulte (lombaire tout du moins) seront acquis. Le plateau est atteint vers la fin de la seconde décennie (figure 4).

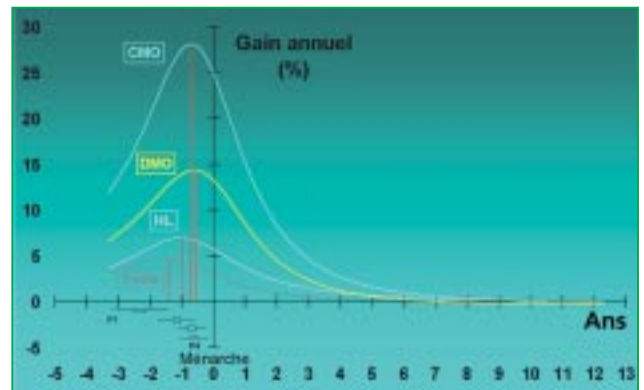


Figure 3. Chronologie, par rapport à la ménarche, des pics de gain relatif de la taille debout et des hauteurs, DMO et CMO du bloc vertébral L2-L4.

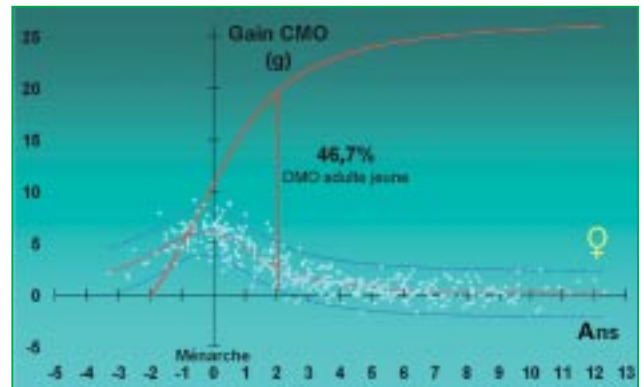


Figure 4. Gain cumulé du CMO lombaire dans les années péripubertaires (4).

Membres

La DMO maximale du col fémoral semble être atteinte vers 16-17 ans dans une étude longitudinale (3), ou vers 17-18 ans dans deux études transversales (6, 7), le gain maximal de DMO se situant vers 12-14 ans au niveau du col fémoral et vers 11-13 ans au niveau de la diaphyse fémorale (3). Toutefois, à cet âge où la longueur du col augmente, l'utilisation d'une région d'intérêt (ROI) prédéfinie, telle que les logiciels le proposent, sous-estime l'évolution réelle (8). Il serait donc important de définir une ROI dont la proportionnalité par rapport à la longueur du col soit fixe.

Une étude transversale (9) a suggéré un gain plus important au site ultradistal (essentiellement trabéculaire) du radius qu'au site diaphysaire (1/3), la différence étant plus grande pour le CMO que pour la DMO.

Une étude longitudinale de chaque site à partir de mesures du corps entier montre que l'évolution du gain de CMO apparaît semblable au fémur, au tibia, à l'humérus et au radius ; au niveau des membres inférieurs, le pic du gain de CMO survient environ un an (à 12 ans d'âge osseux) après celui du gain de longueur (10). Les auteurs suggèrent que la survenue, dans cette période intermédiaire, d'une affection interférant avec le métabolisme osseux peut engendrer un déficit de masse osseuse plus que de taille, d'où une éventuelle fragilité osseuse ultérieure. Le même asynchronisme rapporté au rachis total paraît plus discutable, d'autant plus que l'on sait que la vitesse de croissance est différente à chaque étage du rachis.

Corps entier

Dans une étude longitudinale, le pic de gain du CMO du corps entier a été observé à 12,5 ans, soit peu avant l'âge moyen de la ménarche (5), et apparaît donc contemporain de celui des autres sites. Il a été estimé que 26 % de la masse osseuse adulte du corps entier étaient acquis au cours des deux années qui encadrent le pic de gain.

MARQUEURS DU REMODELAGE OSSEUX

Les taux des marqueurs de formation et de résorption sont élevés dès le début du processus pubertaire, en relation avec le modelage de l'os et l'augmentation des dimensions des pièces osseuses, avec un pic au stade II de Tanner (2).

Le taux d'ostéocalcine (figure 5), marqueur de la formation osseuse, est très élevé des stades P2 à P4, son pic étant contemporain du pic d'acquisition de la masse osseuse (4, 11). Il correspond à la rétention maximale de calcium décrite dans une autre étude (12).

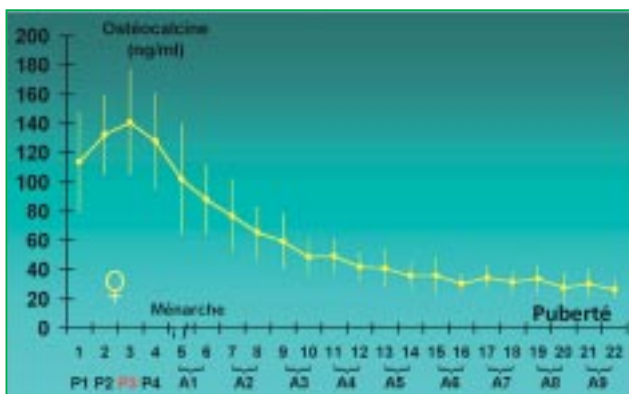


Figure 5. Taux sériques d'ostéocalcine en fonction du développement pubertaire (11).

ACQUISITION DE LA MASSE OSSEUSE CHEZ LE GARÇON

L'évolution de la taille chez le garçon est comparable à celle décrite chez la fille, avec un décalage d'un an et demi (1), mais le pic de gain est plus élevé et la durée de la période pubertaire est plus longue ($3,2 \pm 0,71$ ans versus $2,7 \pm 0,54$) (13), d'où un gain statural et pondéral plus important chez le garçon.

La densité du tissu spongieux mesurée au corps vertébral lombaire par scanner n'est pas différente entre les deux sexes tout au long de la puberté, de même que la densité de l'os cortical mesurée à la diaphyse fémorale (2, 13). Par contre, la surface de la coupe transversale des corps vertébraux est significativement plus élevée dès le début de la puberté chez le garçon (d'environ 23 %). Cette différence s'accroît au cours de la puberté et reste significative après ajustement pour le poids.

Quant à la surface de la section de la diaphyse fémorale ou de celle de la corticale, la différence entre les sexes n'apparaît qu'au cours de la puberté, pour atteindre environ 17 % à la fin de celle-ci (13). Les mesures densitométriques par DXA sont donc plus élevées chez le garçon. Dans une population australienne, le gain maximal de la taille et de la hauteur des pièces osseuses survient vers 13 ans, soit un an plus tôt que le gain maximal de CMO observé au radius et pour le corps entier (14).

INTERPRÉTATION DES MESURES DENSITOMÉTRIQUES EN PRATIQUE

À l'heure actuelle, le rachis lombaire et le col fémoral sont les sites de référence. À la différence de l'adulte, chez lequel seules les variations de densité ou d'architecture interviennent dans l'évaluation du contenu minéral osseux, la croissance étant finie depuis longtemps, chez l'enfant, l'interprétation des mesures densitométriques doit prendre en compte la modification des dimensions des pièces osseuses, qui s'ajoute à leur ossification. C'est pourquoi la mesure du CMO est plus utile chez le jeune que celle de la DMO.

Le développement pubertaire étant différent d'un sujet à l'autre, la notion d'âge chronologique ne peut avoir le même sens que chez l'adulte. Du fait de la variabilité de l'âge de la ménarche selon les sujets et de l'influence des hormones sexuelles sur l'évolution de la taille et de la masse osseuse, il importe de tenir compte du développement physiologique, qui peut être estimé soit par le stade pubertaire ou le temps écoulé depuis la ménarche, soit par l'âge osseux.

Au cours de l'adolescence, la masse osseuse lombaire est fortement corrélée à la taille, au poids et au développement pubertaire ($r^2 = 0,81$) (15). L'interprétation de la mesure de masse osseuse par absorptiométrie biphotonique devrait donc être effectuée par un score ajusté pour ces paramètres. Quant au calcul du T score, s'il est très utile chez l'adulte, son utilisation est sans fondement chez l'enfant et l'adolescent.

.../...

.../...

CONCLUSION

L'acquisition de la masse osseuse est largement dépendante de l'évolution des paramètres anthropométriques. L'importante augmentation des mesures de DMO ou CMO observées au cours de la période pubertaire est essentiellement le reflet de l'expansion volumétrique du squelette et de l'augmentation de l'épaisseur de l'enveloppe corticale, alors que la densité vraie corticale n'évolue pas de façon significative et que la densité trabéculaire augmente peu, mais de façon significative. La croissance n'est pas linéaire, et les modifications hormonales de la puberté ont un retentissement important sur cette croissance. L'os trabéculaire apparaît plus sensible à la sécrétion hormonale sexuelle péripubertaire que l'os cortical, cela s'expliquant par sa plus grande vitesse de remodelage. Sept à 8 ans après la survenue des premières règles, soit vers la fin de la deuxième décennie, la masse osseuse ne varie plus de façon significative.

Les mesures densitométriques chez l'adolescente sont à interpréter pour chaque individu en fonction de sa taille, de son poids et de son développement pubertaire. La charpente osseuse s'adaptant aux contraintes auxquelles elle est soumise, une activité physique en charge régulière est particulièrement importante au cours de l'adolescence, et devra être poursuivie tout au long de la vie. La masse osseuse acquise en fin d'adolescence est un phénotype complexe et multifactoriel, résultant de l'intrication de facteurs génétiques et environnementaux. ■

Bibliographie

1. Sempé M, Pédrón G, Roy-Perrot M. *Auxologie : méthode et séquences*. Lyon, Méditations, 1997.

2. Mora S, Pitukcheewanont P, Kaufman FR, Nelson JC, Gilsanz V. Biochemical markers of bone turnover and the volume and the density of bone in children at different stages of sexual development. *J Bone Miner Res* 1999; 14 (10) : 1664-71.

3. Theintz G, Buchs B, Rizzoli R, Slosman D, Clavien H, Sizonenko PC, Bonjour JP. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents : evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. *J Clin Endocrinol Metab* 1992; 75 (4) : 1060-5.

4. Sabatier JP et al. Evolution of lumbar bone mineral content during adolescence and adulthood : a longitudinal study in 395 healthy females 10-24 years of age and 206 premenopausal women. *Osteoporosis Int* 1999; 9 : 476-82.

5. Bailey DA, McKay HA, Mirwald RL, Crocker PRE, Faulkner RA. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children : the University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. *J Bone Miner Res* 1999; 14 (10) : 1672-9.

6. Matkovic V, Jelic T, Wardlaw GM et al. Timing of peak bone mass in Caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis. *J Clin Invest* 1994; 93 : 799-808.

7. Faulkner RA, Bailey DA, Drinkwater DT, McKay HA, Arnold C, Wilkinson AA. Bone densitometry in Canadian children 8-17 years of age. *Calcif Tissue Int* 1996; 59 : 344-51.

8. McKay HA, Petit MA, Bailey DA, Wallace WM, Schutz RW, Khan KM. Analysis of proximal femur DXA scans in growing children : comparisons of different protocols for cross-sectional 8-months and 7-year longitudinal study. *J Bone Miner Res* 2000; 15 (6) : 1181-8.

9. Kardinaal AFM, Hoorneman G, Väänänen K et al. Determinants of bone mass and bone geometry in adolescent and young adult women. *Calcif Tissue Int* 2000; 66 : 81-9.

10. Bass S, Delmas PD, Pearce G, Hendrich E, Tabensky A, Seeman E. The differing tempo of growth in bone size, mass, and density in girls is region specific. *J Clin Invest* 1999; 104 (6) : 795-804.

11. Sabatier JP et al. Bone mineral acquisition during adolescence and early adulthood : a study in 574 healthy females 10-24 years of age. *Osteoporosis Int* 1996; 6 : 141-8.

12. Abrams SA et al. Changes in calcium kinetics associated with menarche. *J Clin Endocrinol Metab* 1996; 81 (6) : 2017-20.

13. Loro ML, Sayre J, Roe TF, Goran MI, Kaugman FR, Gilsanz V. Early identification of children predisposed to low peak bone mass and osteoporosis later in life. *J Clin Endocrinol Metab* 2000; 85 (10) : 3908-18.

14. Bradney M, Karlsson MK, Duan Y, Stuckey S, Bass S, Seeman E. Heterogeneity in the growth of the axial and appendicular skeleton in boys : implications for the pathogenesis of bone fragility in men. *J Bone Miner Res* 2000; 15 (10) : 1871-8.

15. Sabatier JP et al. Densitométrie rachidienne chez la jeune fille : étude transversale chez 574 sujets témoins âgés de 10 à 24 ans. *Médecine Nucléaire* 1997; 21 : 15-23.

AUTOQUESTIONNAIRE FMC

1. Évolution de la taille chez la jeune fille en période pubertaire :

- le gain du segment supérieur est constant jusqu'à un an environ avant la ménarche, puis décroît, alors que celui du segment inférieur passe par un pic
- le gain des deux segments passe par un pic un an avant la ménarche
- le gain du segment inférieur est constant jusqu'à un an environ avant la ménarche, puis décroît, alors que celui du segment supérieur passe par un pic
- le gain des deux segments est constant jusqu'à un an avant la ménarche, puis décroît.

2. Chez le jeune, les mesures de densitométrie devraient être interprétées en fonction :

- du stade pubertaire
- du délai depuis la ménarche
- de l'âge légal
- de l'âge osseux
- de la taille et du poids

3. La DMO est plus élevée chez le garçon que chez la fille car :

- la densité volumique est plus élevée
- la dimension des pièces osseuses est plus grande
- la densité volumique est plus élevée et la dimension des pièces osseuses est plus grande

RÉPONSES FMC
1. c ; 2. a, b, d, e ; 3. b.