

# 若年女性の骨密度に及ぼす食習慣を中心とする生活習慣の探索研究

## —母子相関を含めて—

東京女子医科大学産婦人科学教室 太田 博明

Key words : bone mineral density, lifestyle, nutrition intake, exercise, heritability

### 要 約

骨密度は思春期から若年期に増加し、一定期間一定値を保った後、閉経を起点として急速な減少を示すことが知られており、その結果、骨粗鬆症が発症する。骨粗鬆症の罹患後に発生する骨折には年齢や既存骨折とともに骨密度が強く影響するため、薬物治療による介入が行なわれている。骨粗鬆症そのものを発症予防するためには、若年期に高い骨密度を獲得しておくことが重要である。特に、若年期における骨密度はライフスタイルに影響されるため、適切な栄養素を摂取することや、適度な身体活動量を維持することが重要であり、近年それらの介入効果も検証されている。一方で骨密度の家族間の相関は 46-62 %あるといわれ、その大部分が遺伝的に規定されているとの報告もあるが、わが国ではそれらの影響度を評価した報告はない。

我々は、骨量の獲得期にある思春期の日本人の女子生徒とその母親（387 ペア）を対象とするコホートを構築し横断調査を実施した。対象の年齢、腰椎骨密度（BMD）、出生時・初経の情報、身長、体重およびライフスタイルを調査した。BMD、身長、体重は年齢を調整するため、SD 値を用いた。女子生徒の平均年齢は  $14.6 \pm 1.8$  歳、母の平均年齢は  $46.1 \pm 4.0$  歳であり、女子生徒のうち、初経の未発来者は 49 例（12.7 %）であった。母子間の相関解析において、初経前の対象では BMD-SD、身長-SD、ビタミン D、K の摂取量が有意に相関した ( $p < 0.05$ )。一方で初経後の対象では BMD-SD、出生時体重、初経年齢、身長-SD、体重-SD、およびライフスタイルのうち食習慣および運動習慣のすべての項目が母子間で有意に相関した ( $p < 0.05$ )。女子生徒の BMD-SD は、初経前の対象では自身の身長-SD、体重-SD と有意に相関した。しかし、初経後の対象では、自身の初経年齢、身長-SD、体重-SD および運動習慣のすべての項目が有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。有意な相関が認められた因子を用いて女子生徒の BMD-SD に対する影響因子を探索するために、ステップワイズ法による多変量解析を実施した。その結果、初経前の女子生徒の BMD-SD には母親の BMD-SD ( $R^2 = 0.069$ ,  $p = 0.033$ ) と自身の身長-SD ( $R^2 = 0.199$ ,  $P < 0.001$ ) が独立して影響した（モデル  $R^2 = 0.341$ ）。初経後の BMD-SD には、母の BMD-SD ( $R^2 = 0.074$ ,  $p < 0.001$ )、自身の初経年齢 ( $R^2 = 0.018$ ,  $p = 0.002$ )、身長-SD ( $R^2 = 0.023$ ,  $p < 0.001$ )、体重-SD ( $R^2 = 0.082$ ,  $p < 0.001$ )、運動の強さ ( $R^2 = 0.011$ ,  $p < 0.015$ ) が独立して影響することが確認された。上記モデル全体での  $R^2$  は 0.368 であった。

今回の検討で、初経前後で腰椎 BMD への関与因子が異なる可能性が確認された。また母親の腰椎 BMD は子どもの腰椎 BMD と遺伝的に相関性があり、初経後ではこれらに加え、自身の初経年齢、体重や運動が影響する可能性が示唆された。以上より、本研究では対象者の栄養環境は充足下にあったので、初経後においては母親の腰椎 BMD と本人の初経年齢を指標とし、体重とライフスタイルでは食習慣の管理よりも運動の強さを管理することでより高い腰椎 BMD が獲得できる可能性があると考えられた。

## 緒 言

NIH の報告によれば骨粗鬆症は骨強度の低下を特徴とし、骨折リスクが増大しやすくなる疾患と定義されている [1]。骨粗鬆症の進行にともなって骨折が発生すると、QOL, ADL が著しく損なわれるため、その予防が重要となる [2-4]。骨折に影響を及ぼす骨の強度は骨密度 (Bone mineral density: BMD) と骨質の 2 つの要因からなっている。骨強度は 2 つの要因のうち BMD で 70 % が説明されるという [1]。そのため、骨粗鬆症と診断された場合には、薬物を用いて BMD を高めることで骨折を予防することが必要になる。BMD は閉経周辺期から急速に低下することが知られており、骨粗鬆症の予防には、それ以前でより高い BMD を獲得しておくことが重要である [5-8]。

BMD は 1～4 歳と 12～17 歳の 2 つの時期に増加し、思春期にスパートが見られることが報告されているが [9,10]、若年期の BMD に対する、栄養素の摂取量や身体活動の介入の成果はすでに review として報告されており [11]、栄養素ではカルシウムが [12-15]、身体活動では荷重的な運動の励行がより高い BMD の獲得に重要とされている [16-18]。またこれらの栄養と運動の相乗効果も報告されている [19]。一方で BMD は遺伝的な影響も受け、家族間の相関性は高いとされている [20,21]。そのため BMD の遺伝と環境の両者をあわせた管理が必要である。このように、若年期における生活習慣への介入や家庭内における生活習慣の改善による高骨密度獲得効果が今後期待される場所であるが、そのような研究報告は国内外には殆どなく、その上、母子間における影響を見たものはさらに少ない。我々は以前に閉経後骨粗鬆症の家族歴を調査し、母親が骨粗鬆症と診断された若年成人女性の骨密度が有意に低いこと見出している。がしかし少なくともわが国においては、遺伝的要因とライフスタイルとして食習慣と運動習慣の両者を併せた評価は行なわれていないため、横断研究による日本人を対象として検討を行なった。

## 対象および方法

### 1) 被験者

本研究は 2006 年 7～9 月に実施した。研究に参加した被験者は東京にある私立女子中学・高等学校に通学する 12 歳～18 歳までの女子生徒およびその母親 (387 ペア) であり、骨代謝に影響する疾患を有しているもの、そのため治療中のものは除外した。なお、本研究の計画書は東京女子医大の倫理委員会にて承認を得ており、すべての被験者 (および被験者が未成年の場合は保護

者も含む)には調査開始前にインフォームドコンセントを取得している。

## 2) 骨格指標

被験者の BMD は、第 2-4 腰椎部位について Hologic 社製 QDR-4500 を用いて計測した。また、身長および体重を計測した。さらに同時期に採血を行い、得られたサンプルを用いて、血中カルシウム、リンを測定した。

## 3) 出生時および初経の情報

被験者の出生時週数、出生時体重、初経の有無および初経年齢を問診により確認した。

## 4) ライフスタイルの調査

食習慣として栄養素摂取量の調査には佐々木らの開発した自己記入式の Diet History Questionnaire (DHQ) [22,23] を用い、1 日あたりの摂取カロリー量、各種栄養素別の摂取量、朝食の欠食回数を算出した。運動習慣については問診による簡便な検出を目指して、現在の運動の有無および種目別の月あたりの回数、時間および強度カテゴリー (1: のんびり, 2: 息が弾む程度, 3: 激しく) を調査した。複数の運動種目を実施している対象者の強さについては、最大値を用いた。

## 5) 統計解析

女子生徒は初経前と初経後に区分して評価した。BMD および身長、体重は年齢や初経からの女性ホルモンの暴露期間の影響を受ける可能性があるため、被験者の各年齢における standard deviation (SD) 値に置き換えて評価した。第一に BMD-SD, 身長-SD, 体重-SD, 出生時情報および初経年齢およびライフスタイルに関する母子間の相関を Spearman の順位相関で評価した。次に、女子生徒の BMD-SD と母・子の身長-SD・体重-SD, 出生時情報および初経年齢およびライフスタイルの相関性を Spearman の相関で評価した。女子生徒の BMD-SD に対して有意な相関があった項目を候補因子として、ステップワイズ法による多変量解析にて独立した影響因子を評価した。後天的に介入可能な影響因子は ANOVA を用いて有意差の検定を行った。差は  $p < 0.05$  を有意とした。上記のすべての統計作業は SAS 社製 JMP, Version 5.1.2. を用いて行なった。

# 成 績

## 1) 母子間の相関状況

調査を実施した被験者の測定結果を Table 1 に示す。女子生徒の年齢は  $14.6 \pm 1.8$  歳 (12 ~ 18 歳) であり、初経前の女子生徒は  $12.8 \pm 1.0$  歳 ( $n=49$ ), 初経後のそれは  $14.8 \pm 1.7$  歳 ( $n=338$ ) であった。また母親の年齢は  $46.1 \pm 4.0$  歳 (36 ~ 56 歳) であった。初経前後では BMD, 身長・体重, 運動習慣の回数, 最大の強さに有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。母子の出生時体重には有意差は認められなかったが ( $p=0.711$ ), 出生時週数および初経年齢の平均値は生徒の値が母親に比較して有意に小さかった ( $p < 0.001$ )。血清のカルシウム, リンに異常値はなかった。

母子間での各パラメーターの間の相関を Table 2 に示す。BMD は初経前後のいずれも母子間で有意な相関が認められた ( $p=0.048$ ,  $p < 0.001$ )。初経前の対象では身長, BMD, 総エネルギー摂

取量, ビタミン D, K 摂取量が母子間で有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。一方, 初経後の対象とその母では出生時週数を除くすべての項目で有意な相関が確認された ( $p < 0.05$ )。

## 2) 女子生徒の BMD-SD との相関因子

女子生徒の BMD-SD に対する関連因子を見出すために, 他のパラメーターとの単回帰を行なった。その結果を Table 3 に示す。初経前の対象では自身の身長-SD, 体重-SD が BMD-SD と有意な相関を示した ( $p < 0.001$ )。一方で初経後の対象では, 自身の初経年齢, 身長-SD, 体重-SD, 運動の回数, 時間, 運動の強さが BMD-SD と有意な相関を示した ( $p < 0.05$ )。出生時の体重, 週数および食習慣における栄養素摂取量は BMD-SD と相関を示さなかった。

## 3) 多変量解析

以上の結果から, 初経前の女子生徒の BMD-SD に対する説明候補因子として, 母親の BMD-SD, 自身の身長-SD, 体重-SD を, 初経後の女子生徒の BMD-SD に対する説明候補因子として, 母親の BMD-SD, 自身の初経年齢, 身長-SD, 体重-SD, 運動回数, 運動時間, 運動の強さを選出し, ステップワイズ法による多変量解析を実施した。初経前の女子生徒の BMD-SD には母親の BMD-SD ( $R^2 = 0.069$ ,  $p = 0.033$ ), 自身の身長-SD ( $R^2 = 0.199$ ,  $P < 0.001$ ) が独立して影響した (model  $R^2 = 0.341$ , Table 4-1)。初経後の BMD-SD には母の BMD-SD ( $R^2 = 0.074$ ,  $p < 0.001$ ), 自身の初経年齢 ( $R^2 = 0.018$ ,  $p = 0.002$ ), 身長 ( $R^2 = 0.023$ ,  $p < 0.001$ ), 体重-SD ( $R^2 = 0.082$ ,  $p < 0.001$ ), 運動の強さ ( $R^2 = 0.011$ ,  $p < 0.015$ ) が独立して影響することが確認された (Table 4-2)。上記モデル全体での  $R^2$  は 0.368 であった。

## 4) 初経後の女子生徒における体重-SD および運動の強さと BMD-SD との関係

4 分位解析を用いた体重の 4 カテゴリー区分による BMD-SD の平均値を figure 1 に示した。BMD-SD の平均値は quartile 3, 4 が正の値を示し, quartile 4 が最も大きかった。運動強度の最大値のカテゴリー区分と BMD-SD の平均を figure 2 に示した。レベル 2: 息が弾む程度およびレベル 3: 激しく, の回答が得られたグループの骨密度が正であり, レベル 4 が最も高い BMD-SD を示した。

## 考 察

更年期以降の急速な BMD 低下とそれに伴う骨折リスクの増加を避けるため, 最大骨量 (peak bone mass : PBM) を増しておくことは有効とされている [24]。PBM に対しては, 遺伝的な先天的要因と後天的な要因の両者が影響するとされ [9,10], この 2 つの要因に関する管理の方法を明確化することは有用と考えられる。BMD の遺伝率は 40-80 % とする報告があり一定していないが, いずれにしろ影響度は大きい [25,26] とされている。他のいくつかの研究では, 子供と母親の骨量に有意な正相関が報告されているが [27-29], Bounds W ら [30] の研究では, 僅かに有意な正相関を認めるにすぎなかった。さらに, 母親のトータル BMC や BMD は, 身長, 体重, 年齢, 性を含めた他の変数を考慮すると, 子供のトータル BMC や BMD を予測する多変量モデルにおいて有意ではなかったという。しかしながら, 身長・体重を含めたこれら他の変数のいくつかもま

た、遺伝的構成要素を有する [31] とされている。一方で BMD の増加ピークは思春期に認められるが、この時期に後天的な栄養素の摂取量や運動に対する介入を行うことでさらに高い BMD が得られる可能性がある [19-21]。今回の研究では、思春期の女子生徒とその母親の BMD、出生・初経情報、骨格指標、ライフスタイルの相関性を確認するとともに、女子生徒の BMD に対する影響因子および影響度を調査した。

初経前後とも母親の BMD-SD は女子生徒の BMD-SD と有意に相関した。初経前の R は 0.284 で、初経後の R は 0.301 であり、初経前後での影響度はほぼ等しいものと想定された。初経前の女子生徒と閉経前の母親のペア (n=72) を対象とする横断研究において大腿骨頸部と腰椎の BMD の相関性が評価されており、遺伝率は各々 0.56 および 0.70 と報告されている [21]。遺伝率は  $R^2$  に近似するといわれており、今回の結果から腰椎 BMD の遺伝率を計算すると、初経前で 0.56、初経後で 0.60 となる。本研究の対象者においても既存の報告とほぼ類似した影響度があるものと考えられた。

女子生徒の初経年齢の平均値は母子間で有意な相関があったが、母親の値に比較して有意に小さかったことから、初経年齢は先天的な要因が大きいが、後天的な環境の影響も受けている可能性が示唆される。初経年齢は女子生徒の BMD に独立して影響するという結果を認めたが、通常初経は 10～15 歳といわれているが、その中でも最も若い 10 歳に初経を迎えた群が最も高い BMD を示した (ANOVA  $p < 0.05$ 、データ未提示)。このことから初経年齢が遅いことは低 PBM のリスクファクターとして用いることができるかもしれない。そしてこのことはエストロゲンの暴露期間に影響するので、上記との矛盾はない。

自身の身長は初経の有無に関わらず母子間で有意な相関があり、BMD に対する独立した説明因子として抽出された。一方で自身の体重は初経後の女子生徒のみで抽出された。身長と体重は良く相関するが、年齢別の身長の差を比較すると、14 歳以降で身長の増加が認められず (データ未提示)、それ以上の年齢では身長の伸長が止まり、BMD に対する関与度が低下するものと推測された。

ライフスタイルに関しては、初経前においては栄養素におけるビタミン D、K の摂取量だけが母子間で相関し、運動習慣は相関しなかった。また、これらはいずれも BMD-SD とは相関しなかった。ところが初経後では、食習慣、運動習慣の全ての項目が母子間での相関を認めた。しかし、BMD-SD と相関したものは運動習慣のみであり、栄養の充足下においてはより良い食習慣より運動習慣の方が BMD により影響を与えうるものと推定された。カルシウム摂取量は BMD-SD に影響しなかった。女子生徒のカルシウムの平均摂取量は 593.7mg / 日であったが、カルシウム摂取の有用性を示唆する報告 [12-15] と比較し低値であった。Kelly らの報告では、“カルシウムの効用とは、骨格が遺伝および身体活動のような環境双方による影響に対する反応を許容する役割なのかもしれない” [32] としており、運動量の多いと想定される今回の対象では影響が少ないのかもしれない。そして食習慣および運動習慣は BMD に対して相互に影響を及ぼし合っている

ことから、本研究対象の栄養環境からいうと、ほぼ充足下にあると考えられるため、さらなる充足よりも運動習慣の方がより BMD に強い影響を及ぼした可能性が考えられる。

また本研究においては運動習慣の 3 つの構成要素のうちで、運動強度が BMD-SD に独立して有意に影響した。若年期における運動の BMD への影響に関しては多くの報告があり、特に荷重負担のある運動が BMD に影響することが報告されており [16-18]、このことはコンセンサスを得ているようである、しかし今回は簡単な管理指標として 3 カテゴリーの自己評価での調査から 3: 激しい、に対する回答があった対象で BMD-SD への影響がもっとも強く確認されたことから、従来の考え方から矛盾はなく、学校や家庭などの問診における簡単かつしかも有用な質問となる可能性が示唆された。

以上の結果より、遺伝的な要因から女子生徒の PBM を予測する方法として、母親の BMD を測定することが有用と考えられた。また初経発来年齢の遅れは、エストロゲン暴露期間の短縮につながり将来的な BMD 獲得に対してリスクとなることが示唆された。加えて後天的に、PBM を増す目的でライフスタイルに対する介入を考える場合、標準体重を目標とした体重の管理が有用な指標となるとともに、運動習慣の構成要素の中では、強度を意識して運動の励行を図ることの重要性が示唆された。

## 結 論

本研究結果から、母子間においては、特に初経後における食習慣および運動習慣のライフスタイルに相関性が確認された。本研究対象は栄養環境は充足下にあったが、初経後の女子生徒の BMD には母親の BMD および、自身の初経年齢、体重や運動が食習慣よりもより影響する可能性が示唆された。これらの中で体重および運動強度の管理は介入可能であるため、栄養環境の充足下においてはこれらのライフスタイルの管理を通じ、さらに高い BMD が獲得できる可能性があると考えられた。

## 謝 辞

本研究に対しまして平成 20 年度牛乳栄養学術事業による助成を賜りましたことを感謝申し上げます。また本研究の施行にあたり、共同研究者の東京大学 医学系研究科 疫学保健学 佐々木 敏先生、原田亜紀子先生、および東京女子医科大学 看護学部 久米美代子先生のご協力に感謝いたします。

## 文 献

1. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. JAMA. (2001) 285 : 785-795.
2. Oleksik A, Lips P, Dawson A, Minshall ME, Shen W, Cooper C, Kanis J. Health-related quality

- of life in postmenopausal women with low BMD with or without prevalent vertebral fractures. *J Bone Miner Res.* (2000) 15 : 1384-1392.
3. Kanis JA, McCloskey EV. Epidemiology of vertebral osteoporosis. *Bone.* (1992) 13 Suppl 2:S1-10.
  4. Center JR, Nguyen TV, Schneider D, Sambrook PN, Eisman JA. Mortality after all major types of osteoporotic fracture in men and women : an observational study. *Lancet.* (1999) 353 : 878-882.
  5. Bonjour JP, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab.* (1991) 73 : 555-563.
  6. Hansen MA, Overgaard K, Riis BJ, Christiansen C. Role of peak bone mass and bone loss in postmenopausal osteoporosis : 12 year study. *BMJ.* (1991) 303 : 961-4.
  7. Takahashi Y, Minamitani K, Kobayashi Y, Minagawa M, Yasuda T, Niimi H. Spinal and femoral bone mass accumulation during normal adolescence : comparison with female patients with sexual precocity and with hypogonadism. *J Clin Endocrinol Metab.* (1996) 81 : 1248-53.
  8. Sabatier JP, Guaydier-Souquierès G, Benmalek A, Marcelli C. 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. *Osteoporos Int.* (1999) 9 : 476-482.
  9. Southard RN, Morris JD, Mahan JD, Hayes JR, Torch MA, Sommer A, Zipf WB. Bone mass in healthy children : measurement with quantitative DXA. *Radiology.* (1991) 179 : 735-738.
  10. Eastell R, Lambert H. Diet and healthy bones. *Calcif Tissue Int.* (2002) 70 : 400-404.
  11. Ondrak KS, Morgan DW. Physical activity, calcium intake and bone health in children and adolescents. *Sports Med.* (2007) 37 : 587-600.
  12. Ruiz JC, Mandel C, Garabedian M. Influence of spontaneous calcium intake and physical exercise on the vertebral and femoral bone mineral density of children and adolescents. *J Bone Miner Res.* (1995) 10 : 675-682.
  13. Zhu K, Du X, Greenfield H, Zhang Q, Ma G, Hu X, Fraser DR. Bone mass in Chinese premenarcheal girls : the roles of body composition, calcium intake and physical activity. *Br J Nutr.* (2004) 92 : 985-993.
  14. Lee WT, Leung SS, Ng MY, Wang SF, Xu YC, Zeng WP, Lau J. Bone mineral content of two populations of Chinese children with different calcium intakes. *Bone Miner.* (1993) 23 : 195-206.
  15. Mølgaard C, Thomsen BL, Michaelsen KF. The influence of calcium intake and physical activity on bone mineral content and bone size in healthy children and adolescents. *Osteoporos Int.* (2001) 12 : 887-894.
  16. Bradney M, Pearce G, Naughton G, Sullivan C, Bass S, Beck T, Carlson J, Seeman E. Moderate exercise during growth in prepubertal boys : changes in bone mass, size, volumetric density, and bone

- strength : a controlled prospective study. *J Bone Miner Res.* (1998) 13 : 1814-1821
17. McKay HA, Petit MA, Schutz RW, Prior JC, Barr SI, Khan KM. Augmented trochanteric bone mineral density after modified physical education classes : a randomized school-based exercise intervention study in prepubescent and early pubescent children. *J Pediatr.* (2000) 136 : 156-162.
  18. Bakker I, Twisk JW, Van Mechelen W, Roos JC, Kemper HC. Ten-year longitudinal relationship between physical activity and lumbar bone mass in (young) adults. *J Bone Miner Res.* (2003) 18: 325-332.
  19. Courteix D, Jaffré C, Lespessailles E, Benhamou L. Cumulative effects of calcium supplementation and physical activity on bone accretion in premenarchal children : a double-blind randomised placebo-controlled trial. *Int J Sports Med.* (2005) 26 : 332-338.
  20. Krall EA, Dawson-Hughes B. Heritable and life-style determinants of bone mineral density. *J Bone Miner Res.* (1993) 8 : 1-9.
  21. Runyan SM, Stadler DD, Bainbridge CN, Miller SC, Moyer-Mileur LJ. Familial resemblance of bone mineralization, calcium intake, and physical activity in early-adolescent daughters, their mothers, and maternal grandmothers. *J Am Diet Assoc.* (2003) 103 : 1320-1325.
  22. Sasaki S, Yanagibori R, Amano K. Self-administered diet history questionnaire developed for health education : a relative validation of the test-version by comparison with 3-day diet record in women. *J Epidemiol.* (1998) 8 : 203-215.
  23. Sasaki S, Ushio F, Amano K, et al. Serum biomarker-based validation of a self-administered diet history questionnaire for Japanese subjects. *J Nutr Sci Vitaminol.* (2000) 46 : 285-296.
  24. Suzan I Barr, Heather A McKay. Nutrition, exercise, and bone status in youth. *Int J Sport Nutrition.* (1998) 8 : 124-142.
  25. Obermayer-Pietsch B. Genetics of osteoporosis. *Wien Med Wochenschr.* 2006 156 (5-6) : 162-7.
  26. Heaney RP, Abrams S, Dawson-Hughes B, Looker A, Marcus R, Matkovic V, Weaver C. Peak bone mass. *Osteoporos Int.* (2000) 11 : 985-1009.
  27. Ferrari S, Rizzoli R, Slosman D, Bonjour JP. Familial resemblance for bone mineral mass is expressed before puberty. *J Clin Endocrinol Metab.* (1998) 83 : 358-361.
  28. Jouanny P, Guillemin F, Kuntz C, Jeandel C, Pourel J. Environmental and genetic factors affecting bone mass. *Arthritis Rheum.* (1995) 38 : 61-67.
  29. Margarey AM, Boulton TJC, Chatterton BE, Schultz C, Nordin BEC. Familial and environmental influences on bone growth from 11-17 years. *Acta Paediatr.* (1999) 88 : 1204-1210.
  30. Bounds W, Skinner J, Carruth BR, Ziegler P. The Relationship of Dietary and Lifestyle Factors to Bone Mineral Indexes in Children. (2005) 105 : 735-741.
  31. Rubin K, Schiruan V, Gendreau P, Sarfarazi M, Mendola R, Dalsky G. Predictors of axial and peripheral bone mineral density in healthy children and adolescents, with special attention to the role of



puberty. J Pediatr. (1993) 123 : 863-870.

32. Kelly PJ, Eisman JA, Sambrook PN. Interaction of genetic and environmental influences on peak bone density. Osteoporos Int. (1990) 1 : 56-60.

Table 1 母子における背景情報（初経の有無別）

項目	女子生徒		
	初経前	初経後	母親
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	0.81±0.08	0.94±0.12	1.02±0.13
出生時体重 (g)*1	3013.5±422.8	3055.9±431.7	3037.8±415.9
出生時週数 (wk)*2	38.8±2.0	39.1±1.9	39.7±1.7
初経年齢 (years)*3		11.9±1.2	12.5±1.2
身長 (cm)	151.4±7.4	157.1±5.4	158.1±4.7
体重 (kg)	39.7±5.4	49.0±6.9	52.8±7.5
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	17.0±1.4	19.8±2.4	21.1±3.7
摂取エネルギー量 (kcal/day)	1965.4±466.0	2025.2±570.1	1952.4±478.6
カルシウム摂取量 (mg/day)	573.7±238.6	596.6±268.7	581.4±219
ビタミンD摂取量 (µg/day)	7.0±4.0	7.1±4.4	7.5±3.9
ビタミンK摂取量 (µg/day)	278.7±148.8	274.5±145.2	324.4±161.3
運動回数 (/month)	11.5±10.1	8.4±9.8	6.6±9.2
運動時間 (hour/month)	17.3±22.3	12.3±18.0	6.8±11.8
運動強度最大値*4	1.87±1.31	1.32±1.28	0.99±1.05

Data are expressed as mean value ± SD

\*1 初経前 n=48, 初経後 n=298, 母親 n=312

\*2 初経前 n=17, 初経後 n=277, 母親 n=284

\*3 初経前 n=338, 初経後 n=383

\*4 運動強度: 1: のんびり, 2: 息がはずむ程度, 3: はげしく

Table 2 母子間の相関関係（Spearman の順位相関）

項目	初経前女子生徒 vs 母親 (n=49)		初経後女子生徒 vs 母親 (n=338)	
	R	p	R	p
BMD-SD	0.284	0.048	0.301	<0.001
出生時体重	0.029	0.863	0.286	<0.001
出生時週数	0.166	0.356	0.160	0.1<9
初経年齢	-	-	0.298	<0.001
身長-SD	0.458	0.001	0.498	<0.001
体重-SD	0.114	0.435	0.246	<0.001
BMI-SD	-0.050	0.731	0.259	<0.001
摂取エネルギー量	0.489	0.000	0.323	<0.001
カルシウム摂取量	0.261	0.071	0.387	<0.001
ビタミンD摂取量	0.686	<0.001	0.458	<0.001
ビタミンK摂取量	0.577	<0.001	0.407	<0.001
運動回数	0.131	0.171	0.143	0.009
運動時間	-0.015	0.918	0.163	0.003
運動強度最大値*	0.041	0.779	0.139	0.011

SD: standard deviation value calculated by each age category in this study

\*運動強度: 1: のんびり, 2: 息がはずむ程度, 3: はげしく

**Table 3 女子生徒の骨密度と各因子との相関関係 (Spearman の順位相関)**

Table 3 女子生徒の骨密度と各因子との相関関係 (Spearman の順位相関)

項目	初経前女子生徒 vs. 母親 (n=49)				初経後女子生徒 vs. 母親 (n=338)			
	母親		母親		母親		母親	
	R	p	R	p	R	p	R	p
出生時体重	0.278	0.056	0.222	0.174	0.065	0.261	-0.059	0.352
出生時週数	<b>0.136</b>	0.363	-0.025	0.888	-0.011	0.850	-0.026	0.688
初経年齢			-0.143	0.327	-0.195	0.000	-0.101	0.066
身長-SD	0.561	<0.001	-0.029	0.841	0.323	<0.001	0.163	0.003
体重-SD	0.544	<0.001	0.103	0.480	0.433	<0.001	0.186	0.001
BMI-SD	0.211	0.141	0.047	0.746	0.292	<0.001	0.117	0.031
摂取エネルギー量	0.080	0.584	0.051	0.727	-0.078	0.155	0.099	0.071
カルシウム摂取量	-0.026	0.862	-0.122	0.403	0.058	0.286	0.078	0.153
ビタミンD摂取量	0.175	0.229	0.007	0.960	-0.041	0.842	0.075	0.168
ビタミンK摂取量	0.059	0.687	-0.069	0.637	0.007	0.899	0.037	0.504
運動回数	0.021	0.889	-0.037	0.802	0.133	0.015	0.027	0.619
運動時間	0.144	0.323	-0.116	0.453	0.146	0.007	0.016	0.771
運動強度最大値*	0.166	0.255	-0.101	0.490	0.191	0.000	0.053	0.333

SD: standard deviation value calculated by each age category in this study.

\*運動強度: 1. のんびり 2. 息がはずむ程度 3. はげしい

**Table 4 女子生徒の骨密度への影響因子 (Stepwise 多変量解析)**

**(1). 初経前女子生徒**

変数	Parameter estimate	p	R <sup>2</sup>	Model R <sup>2</sup>
女子生徒: 身長-SD	0.287	0.001	0.199	0.340
母親: BMI-SD	0.244	0.033	0.069	

SD: standard deviation value calculated by each age category in this study.

**(2) 初経後女子生徒**

変数	Parameter estimate	p	R <sup>2</sup>	Model R <sup>2</sup>
女子生徒: 初経年齢	-0.117	0.002	0.018	0.368
女子生徒: 身長-SD	0.178	0.001	0.023	
女子生徒: 体重-SD	0.353	<0.001	0.082	
女子生徒: 運動強度最大値*	0.084	0.015	0.011	
母親: BMI-SD	0.294	<0.001	0.074	

SD: standard deviation value calculated by each age category in this study.

\*運動強度: 1. のんびり 2. 息がはずむ程度 3. はげしい

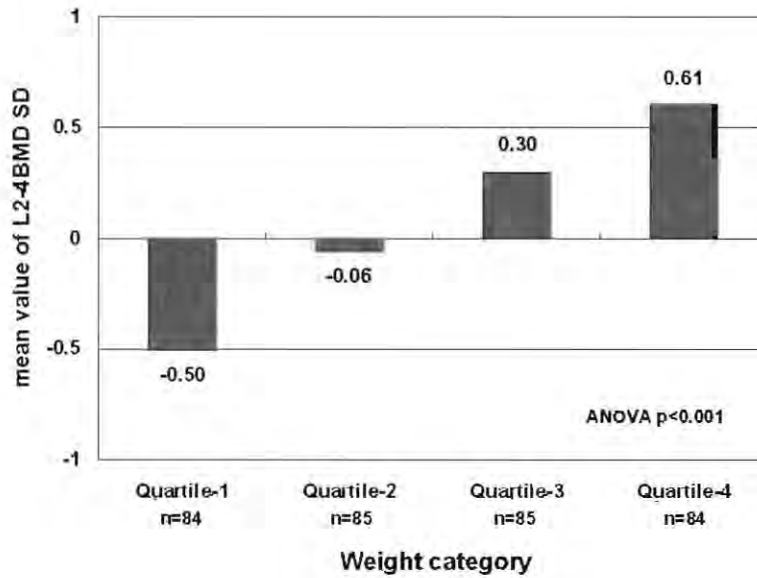


Figure 1 初経後女子生徒の体重と平均骨密度との関係  
 体重の四分位解析において、初経後では体重の中央値以上で高い骨密度が認められた (ANOVA p < 0.001)

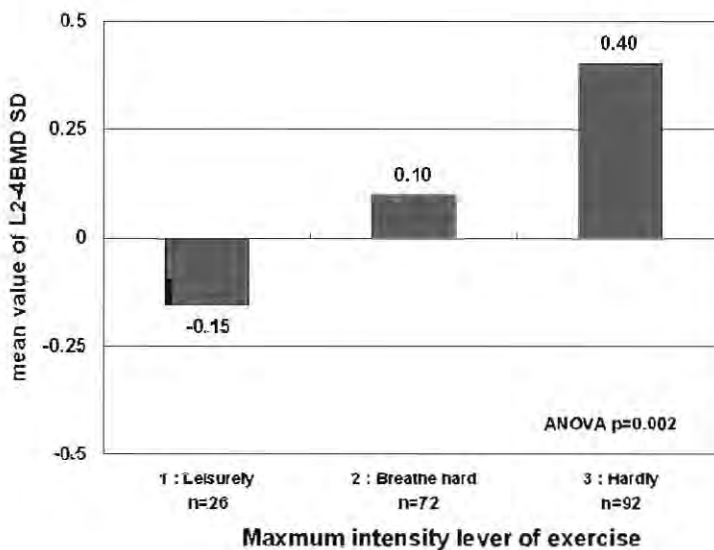


Figure 2 初経後女子生徒の運動強度と平均骨密度との関係  
 初経後女子生徒の運動強度と平均骨密度との関係初経後女子生徒では、運動強度“3: はげしく”のレベルで高い骨密度が認められた (ANOVA p = 0.002)