

研究ノート

カルシウム800mgを含む乳製品を喫食した女子大学生の骨代謝

石井 智美・辻口 ひとみ・渋谷 千春・田川 奈津紀

酪農学園大学酪農学部食品科学科

江別市, 069-8501

A diet of the dairy products including 800 mg of calcium stimulates the bone metabolism in healthy young women.

Satomi ISHII, Hitomi TUGIGUCHI, Tiharu SHIBUYA, Natuki TAGAWA

Department of Dairy Science, Rakuno Gakuen University

Ebetsu, 069-8501

キーワード：カルシウム・乳製品・コレステロール・食事調査・骨代謝

Key words : Calcium, Dairy product, Cholesterol, Diet survey, Bone Metabolism

要 約

牛乳, 乳製品は, 骨, 歯の形成に欠かせないカルシウムを豊富に含んでいる. 現在わが国では, 成人女性の1日のカルシウム摂取目標量を600mg/dayとしているが, カルシウムの摂取は不足し目標量に達していない. 骨粗鬆症の予防の観点から, カルシウム摂取総量を継続して上げて行く必要があるといわれている.

本研究は, 乳製品を用いたカルシウム摂取を調べるため, ボランティアの女子学生 (18 ~ 28歳) 30名に, カルシウムバランスを考え, 発酵乳とスキムミルクから800mg/dayのカルシウムを2ヶ月間摂取してもらい骨代謝を検討した. コントロール群は30名である. 実験開始日と, 終了日に採血, 24時間尿を分析し, 脂質代謝の検討, 骨代謝の検討を行った. あわせて実験開始日に食事調査票 (FFQ) を用いた食事摂取調査等を行った.

その結果, 両群で脂質代謝に大きな変化はなかったが, テスト群で骨形成マーカーの骨型アルカリフォスファターゼ (BAP) は, 実験開始日に比べ終了日に有意 ($p < 0.05$) に低下し, テスト群で骨形成マーカーのソマトメジンCは実験開始日に比べ終了日に有意 ($p < 0.01$) に増加した. オステオカルシン濃度に有意な変化はみられなかった. 24時間尿を分析した結果, 尿中カルシウムはテスト群で終了日に有意 ($p < 0.05$) に低下していた. これは体内にカルシウムが蓄積され

たためと考えた. 骨吸収マーカーのデオキシピリジノリン (DPD) は, テスト群で終了日に有意 ($p < 0.01$) に増加していたが, I型コラーゲン架橋N-テロペプチド (NTX) は, テスト群で終了日に有意 ($p < 0.05$) に低下した. これらの骨吸収・形成マーカーの値から, 骨代謝の改善が認められ, これはカルシウムの体内濃度の上昇が寄与しているものと推定された.

結 言

世界の乳利用はバター, チーズなどに加工しての消費が多いが (雪印健康生活研究所, 1994; 足立, 2002), わが国では生産された牛乳の約60%が飲用されている (磯貝, 2007).

牛乳は骨, 歯の形成に深く関わるカルシウムを多く含む食品である. しかしその消費は近年, 他の飲料に押されて減少している. カルシウムは, わが国の栄養政策の基本となる「国民健康栄養調査」(健康・栄養情報研究会, 2006)で唯一不足している栄養素である. 骨粗鬆症の予防から, 最大骨塩量を高めることが注目されている (GARNERO and CELMAS, 1993). そのためには継続的にカルシウムを摂取することが必要と報告されている (松本, 1994; 米田, 2004).

本研究は, 骨粗鬆症の予防の見地から, 女子学生における有効なカルシウム摂取の方法と量を検討する上で, カルシウム含有量が高く, 摂取が容易な乳製品に注目した. その摂取量について『食事摂取基準2005』(健康・栄養情報研究会2006)では, 18歳~29歳女子

のカルシウム摂取の「目安量」を700mg/day, 「目標量」は600mg/dayとしているが, 本研究では乳製品から摂取するカルシウム量を, 体内の吸収率を考慮したカルシウムバランスと, 鈴木らが報告したアメリカ, カナダにおける1日の摂取量を参考に(鈴木, 1994) 800mg/dayと設定し, 発酵乳, スキムミルクの2ヶ月間の摂取による骨代謝への影響を検討した。

実験方法

本研究はヘルシンキ宣言に従って行った。すなわち研究の趣旨, 方法を説明し, 趣旨に賛同した健康な女子学生ボランティア(年齢18~28歳)60名と同意書を交わし, 2006年10月より64日間実施した。本研究は酪農学園大学大学院疫学研究倫理審査委員会の承認(06-1)を受けた。

カルシウム800mgを含有する乳製品を毎日摂取する群(以後テスト群と記す)30名, 摂取しない群(以後コントロール群と記す)30名とした。テスト群は実験期間中, 雪印毎日骨太MBP®スキム32g(カルシウム704mg)と, M社のヨーグルト100g(カルシウム109mg)の摂取を依頼した。乳製品の摂取方法, 摂取時間の指定はしていない。両群に通常通りの生活を依頼した。

実験開始日, および終了日に体重, 身長, 体組成(TANITA体組成計BC-118D)および血圧を測定した。同時に空腹時採血とアリコートカップを用い24時間尿を採取した。

採取した血液は生化学的検査を行うとともに, 骨形成マーカーである骨型アルカリフォスファターゼ(以後BAPと記す), ソマトメジンC, オステオカルシンの血清中濃度の定量に用いた。24時間尿から尿中のカルシウム, 骨吸収マーカーとしてデオキシピリジノリン(以後DPDと記す), I型コラーゲン架橋N-テロペプチド(以後NTXと記す)を測定し, 骨代謝について検討した。

実験開始日に, 食事調査票(FFQg)を用いた食事摂取調査と乳製品の摂取に関する調査を行った。実験期間中の14日間, 万歩計(YAMASA manpo mk-365)を着装し歩数の計測を依頼した。実験期間中の食生活, 便通等の記録を依頼し, 毎週月曜日に記録を回収した。分析した数値は平均値±標準偏差で示した。さらにStat View(Ver5.0)を用いてStudent's T-testを行い, コントロール群に対して $p < 0.05$ を有意とした。

結果および考察

各群30名計60名中, すべてのデータが揃った各群22名計44名のデータを用いて以下の検討を行った。身体計測の結果を表1に示した。両群とも実験開始日, 終了日に大きな変動はなかった。本実験の乳製品(エネルギー換算;178kcal)の摂取による体重増加はなかった。血液の生化学的値にも大きな変化はなかった。

実験開始時の食事摂取調査の結果, テスト群のエネルギー摂取量は 1613.3 ± 281.1 kcal/day, コントロール群は 1609.4 ± 383.3 kcal/dayで, 「国民健康栄養調査」の同年代の女子の平均 1659 ± 457 kcal/dayと比べ, ともにエネルギー摂取量に差はなかった。便通はテスト群で実験開始当初, 数名から便がゆるくなったとの報告があったが, 1週間以内に症状は消失し, 便秘または便秘傾向と回答した被験者では, 終了日には全て改善されていた。一定量の乳製品の連続的な摂取によって, 乳製品中の乳糖などの効果で, 腸内菌叢が変化した可能性があるのではないかと考えられる。

実験開始日のカルシウム摂取量は, テスト群 497.5 ± 149.7 mg/day, コントロール群 448.1 ± 152.6 mg/dayであった。「国民健康栄養調査」の同年代の女子平均 424.6 ± 206.3 mg/dayと近似で, 両群ともにカルシウム摂取量は低かった。

乳製品に関する調査で, 骨粗鬆症について実験協力者全員が知っていたが, 普段の食生活において, 毎日

表1 実験開始および終了時における被験者の身長, 体重, 血圧および体組成について

項目	各群(n=22)	実験開始日	実験終了日
身長(cm)	テスト群	159.5 ± 5.2	159.5 ± 5.2
	コントロール群	157.3 ± 3.4	157.3 ± 3.4
体重(kg)	テスト群	54.2 ± 9.2	54.7 ± 9.5
	コントロール群	51.7 ± 7.1	51.7 ± 7.2
収縮期血圧(mmHg)	テスト群	108.5 ± 10.7	107.5 ± 10.0
	コントロール群	104.1 ± 7.1	106.4 ± 8.3
拡張期血圧(mmHg)	テスト群	69.3 ± 8.7	68.2 ± 7.3
	コントロール群	66.2 ± 6.8	68.7 ± 7.0
体脂肪率	テスト群	29.3 ± 4.2	30.7 ± 4.4
	コントロール群	28.7 ± 4.1	29.3 ± 4.5
BMI	テスト群	21.2 ± 2.7	21.4 ± 2.8
	コントロール群	20.9 ± 2.5	20.8 ± 2.5

平均値±SD

牛乳を飲むとの回答率は低く、乳製品の摂取量、頻度も低かった。意識して乳・乳製品をとってはいない状態だった。また好きな乳製品についてはヨーグルトを挙げていた。骨粗鬆症予防の見地から、若い頃から女性のカルシウム摂取総量を上げるために、積極的な乳製品の摂取が必要と考える。その方法として牛乳の飲用だけでなく、ヨーグルトへの嗜好性を生かし各種発酵乳の摂取を勧めるにあたり、その効能紹介を併用することが必要と考えられる。

カルシウム吸収には運動が欠かせないといわれている(松本, 1997)。1日の平均歩数はテスト群で9099±3316歩、コントロール群で8772±2140歩であり、ともに「国民健康栄養調査」の18~29歳の女子の平均である6948±3897歩と比べて多かった。こうしたある程度の運動量に加え、テスト群では、カルシウム源として雪印毎日骨太MBP®スキム32g(カルシウム704mg)を摂取したことで、カルシウムがより吸収されることになったのではないかと考えられる。

表2に示したように、骨形成マーカーであるBAPの血清中濃度はTOBIUMEらが報告(TOBIUME *et al.* 1997)しているのと同様に、テスト群で実験開始日(22.7±4.5 U/L)と比べ、終了日(20.7±3.7 U/L)に有意(p<0.05)に低下した。一方同じく骨形成マーカーであるソマトメジンCの血清濃度には、実験開始日(292.3±78 ng/dl)と比べ終了日(344.0±60.1 ng/dl)に有意(p<0.01)に増加した。オステオカルシンは、テスト群

で終了日も変化がなかった。

表3に示したように、24時間尿から尿中のカルシウムを測定した結果、テスト群で実験開始日(16.9±8.1 mg/dl)と比べ、終了日(12.3±8.2 mg/dl)に有意(p<0.05)に低下した。この低下は、体内にカルシウムが蓄積されたためではないかと考えた。そしてDPDは、テスト群で実験開始日(5.1±0.6 nmol/nmol CRE)が終了日(6.9±1.8 nmol/nmol CRE)に有意(p<0.05)に増加した。これはSONEら(SONEら, 1995)が、骨吸収マーカー濃度は骨量の増加を反映していると報告したのと同様の結果であった。NTXはテスト群で実験開始日(35.7±7.8 nmol BCE/nmol CRE)に比べ、終了日(29.7±12.2 nmol BCE/nmol CRE)に有意(p<0.01)に低下した。

これらのことから、乳製品を用いて800mgのカルシウム摂取を行うことにより、カルシウム総量を上げる方法を2ヶ月行くと、体内に蓄積されるカルシウム量が多くなったため骨代謝が改善したことが明らかになった。

実験協力者に個人データの還元を行い、個別に結果を説明するとともに、乳製品の効用を記したパンフレットを配布した。テスト群では実験終了後もヨーグルトを継続的に食べるようになり、毎日の食に乳製品を取り入れる習慣がついたことが、実験終了後の調査で明らかになった。

表2 血清からの各種分析値

項目	各群 (n=22)	実験開始日	実験終了日
コレステロール (mg/dl)	テスト群	183.3 ± 29.0	180.7 ± 23.6
	コントロール群	197.3 ± 25.8	194.1 ± 23.1
トリグリセリド (mg/dl)	テスト群	58.0 ± 24.1	59.0 ± 27.1
	コントロール群	67.6 ± 37.4	70.4 ± 29.7
骨型アルカリフォスファターゼ (U/L)	テスト群	22.7 ± 4.5	20.7 ± 3.7*
	コントロール群	20.7 ± 6.2	22.4 ± 5.6
ソマトメジンC (ng/ml)	テスト群	292.3 ± 78.0	344.0 ± 60.1**
	コントロール群	277.3 ± 60.9	268.3 ± 71.4
オステオカルシン (ng/ml)	テスト群	5.1 ± 1.1	5.1 ± 1.1
	コントロール群	4.3 ± 1.3	4.5 ± 1.6

平均値±SD

* p<0.05 実験開始日と終了日で有意 ** p<0.01 実験開始日と終了日で有意

表3 24時間尿からの各種分析値

項目	各群 (n=22)	実験開始日	実験終了日
尿中カルシウム (mg/dl)	テスト群	16.9 ± 8.1	12.3 ± 8.2*
	コントロール群	12.4 ± 8.0	10.1 ± 6.1
デオキシピリジノリン (nmol/nmol CRE)	テスト群	5.1 ± 0.6	6.9 ± 1.8*
	コントロール群	5.0 ± 1.9	7.0 ± 2.1
I型コラーゲン架橋N-テロペプチド (nmol BCE/mmol CRE)	テスト群	35.7 ± 7.8	29.7 ± 12.2**
	コントロール群	41.1 ± 15.3	55.2 ± 30.7

平均値±SD

* p<0.05 実験開始日と終了日で有意 ** p<0.01 実験開始日と終了日で有意

謝 辞

本研究にご協力いただいた酪農学園大学の学生の皆様に感謝いたします。採血に協力を賜りました酪農学園大学酪農学部食品科学科寺井格教授、酪農学園大学保健室野越保健師に感謝いたします。本実験に貴重なご助言をいただきました酪農学園大学酪農学部食品科学科小野寺秀一教授に感謝いたします。

引用文献

足立達 (2002) 乳製品の世界外史. 798-1075. 東北大学出版会, 仙台.

GARNERO, P and DELMAS P. D. (1993) Assessment of the serum levels of bone alkaline phosphatase with a new immunoradiometric assay in patients with metabolic bone disease. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 77:1046-1053.

磯貝保 (2007) 牛乳需要の拡大対策の現状. 畜産コンサルタント. 511: 10-13.

健康・栄養情報研究会 (2006) 厚生労働省平成16年国民健康・栄養調査報告. 第1版, 146, 152-157, 182, 238, 247, 249, 254. 第一出版株式会社, 東

京.

松本俊夫 (1994) 臨床医のための実験医学シリーズ16. 42, 48, 72. 株式会社羊土社, 東京.

松本俊夫 (1997) イラスト医学&サイエンスシリーズ骨. 12-15, 72, 75. 株式会社羊土社, 東京.

野田政樹 (2000) 実験医学バイオサイエンスBS27. 22. 株式会社羊土社, 東京.

SONE *et al.* (1995) Urinary excretion of type I collagen crosslinked N-telopeptides in healthy Japanese adults: Age- and sex-related changes and reference limits. *Bone*, 17: 335-339.

鈴木継美・和田攻 (1994) ミネラル・微量元素の栄養学. 第1版, 297-311. 第一出版株式会社, 東京.

TOBIUME *et al.* (1997) Serum bone alkaline phosphatase isoenzyme levels in normal children and children with growth hormone (GH) deficiency: A potential marker for bone formation and the response to GH therapy. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, in press. 6.

米田俊之 (2004) 新しい骨のバイオサイエンス. 第1版, 111. 株式会社羊土社, 東京.

雪印乳業健康生活研究所編石毛直道・和仁皓明編著 (1992) 乳利用の民族誌. 第1版, 267-29. 中央法規出版社, 東京.