

# ビタミンD強化牛乳がビタミンD栄養状態に与える効果の検討

順天堂大学大学院 スポーツ健康科学研究科：鈴木 良雄

順天堂大学 スポーツ健康科学部：長尾（丸山）麻子

順天堂大学大学院 スポーツ健康科学研究科：櫻庭 景植

河合 祥雄

## 要旨

学生寮に居住する女子大学生を対象に VD 栄養状態を把握するとともに、8 週間 VD を強化した牛乳を摂取したときの VD 栄養状態に与える影響を確認することを目的に実験を行った。49 名の女子大生に VD 強化牛乳(2 $\mu$ g/180ml/日)を1日に1本ずつ 8 週間摂取させ、試験の前後に採血、食事調査、骨密度測定を行った。VD 牛乳摂取前の血中 25-OH-VD 濃度は、23.1 $\pm$ 4.7ng/ml であり、全体の 32.7%(16/49)の被験者が、VD 欠乏状態とされる 20ng/ml 以下であったが、8 週間の摂取後は 36.0 $\pm$ 8.1ng/ml(24~64ng/ml)に上昇し(P=1.4 $\times$ 10<sup>-19</sup>)、欠乏状態の者はいなくなった(P<0.001)。このとき、高カルシウム血症を示す被験者は 1 名もなく、VD 過剰摂取による副作用は観察されなかった。VD 強化牛乳の摂取により、Ca は上昇し PTH は減少し、また BAP と NTx はともに減少した。このことから、VD 強化牛乳の摂取は食品からの Ca 吸収を促進し、骨からの Ca 吸収を抑制することで VD 栄養状態を改善したと考えられた。また、本研究での VD 強化牛乳の摂取率は全員が 80%以上(49 名中 35 名が 100%)であり、1 日 1 本の牛乳の摂取は VD 等の栄養素の補給に適していると考えられた。

## 1. 緒言

VD の栄養状態は血中活性型ビタミン D(25-OH-VD)の濃度が指標とされ、日本では成人において血中副甲状腺ホルモン(PTH)濃度の上昇を抑制し、骨密度の低下を抑制するのに最低限必要な濃度は 50 nmol/L(=20ng/ml)前後とされている<sup>1)</sup>。これは、米国カリフォルニア州にて、49~83 歳の女性 35 名を対象に行われた介入試験において、50,000 IU/週の VD<sub>2</sub>を 8 週間経口投与した結果、25-OH-VD の初期濃度が 50~60 nmol/L であったものは介入試験前後で PTH 濃度の変動はなかったが、それより初期濃度が低かったものは、介入試験により PTH 濃度が低下し介入前は VD が潜在的欠乏状態であったことが示唆された報告<sup>2)</sup>などをもとにしている。しかし、成長期については、カナダ小児科学会が 6~11 歳児では 75 nmol/L 未満では正常な成長と発達に不十分であるとしている<sup>3)</sup>。日本においては、18~29 歳の年代を対象に行われた研究では、血中 25-OH-VD 濃度の平均値は 34 nmol/L(=13.6 ng/ml)程度であり、潜在的なビタミン D 欠乏状態の存在が示唆されている<sup>4, 5)</sup>。日本人の食事摂取基準は、50~69 歳の年齢階級に対応する摂取量中央値を成人の目安量とみなし、アメリカの報告も参考として 5.5 $\mu$ g/日を摂取量の基準とし、18~29 歳、30~49 歳についても同じ値を基準としている<sup>1)</sup>が、日本人の 18~29 歳の年代につ

いては、摂取基準の根拠となる情報が乏しいのが現状である。

VD 強化食品の効果に関するメタ・アナリシスによれば、強化食品からの VD 摂取量に応じて血中 25-OH-VD 濃度は上昇することが確認されている<sup>6)</sup>。アジア人を対象にした研究では、北京と香港で 20~35 歳の女性を対象に 5 $\mu$ g の VD<sub>3</sub> を強化した粉乳の 3 か月間投与により血中 25-OH-VD 濃度が 12nmol/L 上昇したという報告がある<sup>7)</sup>。したがって、VD 強化食品の効果は、血中 25-OH-VD 濃度により評価が可能であると考えられる。

また、活性型 VD としては、25-OH-VD による評価が一般的であるが、実際に作用するのは 1,25-OH<sub>2</sub>VD である。最近、心臓血管外科手術患者を対象に血中活性 VD を測定し、25-OH-VD 濃度では 88%が 75nmol/L (30ng/ml) 未満であったが、1,25-OH<sub>2</sub>VD 濃度では 3%のみが不足 (<20 pg/ml) であったとの報告がある<sup>8)</sup>。1,25-OH<sub>2</sub>VD 濃度は、FGF-23 による制御も受けるので、25-OH-VD 濃度とは一致しないのかもしれないが、この点についても情報が乏しいのが現状である。

ところで、われわれが 2011 年に某大学の学生寮に居住する大学生を対象に食物摂取頻度調査 (BDHQ) を行った結果では、VD 摂取量の中央値は男子 5.06  $\mu$ g/日、女子 2.60  $\mu$ g/日であり、男子の 52.8%、女子の 83.7%の摂取量が 5.5 $\mu$ g/日未満であった。女子について、VD 摂取量が上位と下位の 25%を比較すると、下位 25%群は最大値が 0.95 $\mu$ g/日にすぎず、上位 25%群でも最低値は 4.23 $\mu$ g/日であり 5.5  $\mu$ g/日に達していなかった。そして、女子で VD 源となっている食品群を比較すると、上位 25%群では VD の 85%以上を魚介類から摂取しているのに対し、下位 25%群では卵類、菓子類が 27~28%であり、魚介類の摂取状況が大きく影響していることが示唆された<sup>9)</sup>。ただし、食事調査では、特に女子の場合は過少申告の可能性もあるため、BDHQ による食事調査のみから VD の栄養状態を評価することはできない。

そこで、某大学の学生寮に居住する女子学生を対象に VD 栄養状態を把握するとともに、8 週間 VD を強化した牛乳を摂取したときの VD 栄養状態に与える影響を確認することを目的に実験を行ったので報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 被験者

被験者は、某大学の学生寮に居住する女子大学生 50 名であった。対象者の年齢は 18.6 $\pm$ 0.9 歳 (範囲: 18~23 歳)、身長は 161.0 $\pm$ 6.0 cm (範囲: 148.9~175.0 cm)、体重は 55.0 $\pm$ 6.7 kg (範囲: 41.2~69.7 kg) であった。対象者は、研究に先だって、本研究の目的内容や考えられる危険性、また事故等が発生した場合の対処や保障について、口頭および書面によって説明を受け、書面により同意して試験に参加した。なお、被験者が未成年者の場合には、保護者からも同意も得た。

試験開始後 1 名が参加を辞退し、49 名が試験を完遂した。試験を完遂した被験者の被験食品である VD 強化牛乳の摂取率は平均 98.3%(範囲:85.7~100%)、年齢は 18.7±0.9 歳(範囲:18~23 歳)、身長は 161.0±6.1 cm(範囲:149.0~175.1cm)、体重は 55.4±6.7 kg(範囲:40.3~71.0 kg)であった。被験食品の摂取率は、49 名中 35 名が 100%であり、全員が 80%以上であったので、試験を完遂した被験者全員を解析対象とした。

本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科倫理委員会の了承(順大院ス倫第 25-1 号)を得て実施した。

## 2.2 実験方法

試験期間は 2013 年 5 月 13 日(木)から 2013 年 7 月 18 日(木)までの 8 週間であった。被験者は試験開始日の朝食前に、採血を行い、その後、VD を強化した牛乳を 1 日に 1 本ずつ摂取し、試験最終日の朝食前に再び採血を行った。また試験開始前後で、食物摂取頻度調査(BDHQ)および骨密度の評価を実施した。被験者は試験期間中、毎日、牛乳摂取の有無を日誌に記録した。

## 2.3 VD 強化牛乳

ビタミン D を強化した牛乳として、明治『ミルクで元気』を用いた。同商品は 1 本(180ml)あたり VD 2.0 $\mu$ g を含有している。これは、米国ではほとんどの牛乳に添加されている濃度(10 $\mu$ g/qt = 1.9 $\mu$ g/180ml)と同等の濃度である<sup>10)</sup>。同商品は『これ 1 本で 1 日分のカルシウムと鉄分!!』をコピーとした商品であり、VD の他にカルシウム、鉄、葉酸が強化されていた。表示されている栄養成分は表 1 のとおりであった。

## 2.4 分析

血清の 1,25-(OH)<sub>2</sub> ビタミン D、25-OH ビタミン D、カルシウム(Ca)、無機リン(P)、TRACP-5b、I 型コラーゲン架橋 N-テロペプチド(NTx)、骨型アルカリフォスファターゼ(BAP)、副甲状腺ホルモン(PTH)-インタクト、FGF-23、カルシトニン、オステオカルシン(OC)、低カルボキシル化オステオカルシン(ucOC)を SRL にて測定した。開始時については、検体量が少なかったため、カルシトニンは希釈して分析(検出限界は 20pg/ml)を行い、50 名中 15 名が検出限界以下となった。

## 2.5 BDHQ

BDHQ の回答からの摂取量の評価は、DHQ サポートセンター(東京)にて行った。回答票から算出された摂取エネルギー量が、日本人の食事摂取基準(2010 年版)の基礎代謝基準値(22.1kcal/kg 体重/日;18~29 歳、女性)と体重から計算した推定エネルギー必要量のレベル I の 0.5 倍以上、かつ、レベル III の 1.5 倍未満の場合に解析に含めることとした<sup>11)</sup>。その結果、VD 牛乳摂取前では 4 名が解析対象から除外された。栄養素摂取量は、粗値から密度

法によりエネルギー量(1000kcal)で調整した値を求め、日本人の食事摂取基準(2010年版)の基準値との比較は密度法により行った。ただし、脂質と炭水化物はエネルギー比率とし、ビタミン B<sub>6</sub>はたんぱく質で調整した。

## 2.6 骨密度の評価

骨密度の評価は、音波式骨評価装置(日立アロカメディカルの AOS-100NW)により踵骨部の骨量を測定することにより行った。本機種では、音速と透過指標を測定し、そこから総合的に算出された音響的骨評価値を用いて骨量の評価を行っている。音速は、超音波の電動速度が密度によって異なることを利用して、踵骨部分を透過する超音波の音速を計算するもので、密度が高いほど高い値を示す。透過指標は、超音波の透過度が骨量によって異なることを利用して、踵骨部分を透過した超音波から算出した指標で、骨密度が高いほど高い値を示す。そして、音響的骨評価値を音速と透過度から算出している。この音響的骨評価値は DXA 法により測定される踵骨、大腿骨の骨密度(BMD)と高い相関を示すことが報告されている<sup>12)</sup>。

## 2.7 統計解析

データは、平均値±標準偏差で示す。投与前後の比較は対応のある t 検定によって行った。二つの値の相関関係はピアソンの相関係数により評価した。有意水準を P<0.05 とした。

## 3. 結果

### 3.1 VD 栄養状態とその改善

VD 強化牛乳摂取前の被験者の 25-OH-VD 濃度は、23.1±4.7ng/ml(範囲: 13~34 ng/ml)で、全体の 26.5%(16/49)の被験者が、VD 欠乏状態とされる 20ng/ml 以下であったが、8 週間の摂取後は 36.0±8.1ng/ml(24~64ng/ml)に上昇し(P=1.4×10<sup>-19</sup>)、欠乏状態の者はなくなった(P<0.001)。PTH は投与前後で 36.9±13.5pg/ml(範囲:15~71pg/ml)から、32.0±8.7pg/ml(範囲:18~52pg/ml)に減少(P=0.011)し、カルシウムは 9.38±0.25 mg/dL(8.8~9.9 mg/dL)から、9.48±0.26 mg/dL(8.7~10.2 mg/dL)に増加した(P=0.048)。また、このとき BAP は 14.8±6.0µg/L(範囲: 6.4~28.3µg/L)から 13.7±3.8µg/L(範囲: 6~24.6µg/L)に、NTx は 23.0±5.9 nmol BCE/L(範囲:11.5~37.5 nmol BCE/L)から 20.7±4.8 nmol BCE/L(範囲:12.2~33.3 nmol BCE/L)にそれぞれ減少した(P=0.012、P=0.0020)。他の測定値も含めて、投与前後の血清生化学データを表 2 にまとめた。

### 3.2 食生活と VD 栄養状態

BDHQ により評価した VD 強化牛乳摂取前の食事からの VD 摂取量は 3.3±2.7µg/日(2.5

±2.1µg/1000kcal)で解析対象の45名中28名(62.2%)が目標摂取量未満であった(表3)。エネルギー調整済のVD摂取量と血清25-OH-VDおよびその他の生化学項目との間に有意な相関関係は認められなかった。(表4)。

### 3.3 VD 栄養状態と骨密度

VD 牛乳摂取前後で音波式骨評価装置により測定した音速、透過指標、音響的骨評価値に差は認められなかった(表5)。BDHQで評価したVD摂取量(密度法)とVD牛乳摂取前の骨評価指標との間に有意な相関は認められなかった(表6)。音速、透過指標、音響的骨評価値には、いずれも血中25-OH-VDと有意な正の相関関係が認められた(表7)。

## 4. 考察

VD牛乳摂取前に血中25-OH-VD濃度が20ng/ml以下の被験者が32.7%(16/49)いたことから、対象となった女子大生の集団にVD欠乏状態が存在することが確認された。ただしこの集団での平均値は23.1±4.7ng/mlであり、同年齢の日本人女性の平均値が13.6ng/ml程度であるとする中村らの報告<sup>4,5)</sup>や、18~19歳の日本人女性(n=319)では、63%が20ng/ml以下であるとする岡野・津川らの報告<sup>13)</sup>と比較すると、VD栄養状態は平均的な日本女性の集団よりは悪くないと考えられる。これは、今回の被験者が医学・体育系大学の学生であったため、他の集団よりも健康に気を使っているためであるかもしれない。

被験者の25-OH-VDは8週間のVD強化牛乳摂取により全例で上昇し20ng/ml超となった。これまでアジア人(20~35歳、女性)を対象に5µgのVD強化粉乳を3か月間投与したときに血中25-OH-VD濃度が上昇したという報告<sup>7)</sup>があったが、今回は2µg/日、8週間の投与であり、VD強化食品の効果が比較的短期間で確認できることが明らかとなった。

また、VD強化牛乳の摂取後の25-OH-VD濃度の最高値は64ng/mlであったが、このときのCa濃度は9.3mg/dLと検査会社の基準値(8.5~10.2mg/dL)であった。また全被験者でCaの最高値は10.2mg/dLであり、これも基準値内であった。以上より、今回のVD強化牛乳摂取によりVD過剰によるカルシウム血症は発生していないと考えられた。

VD強化牛乳の摂取により、Caは上昇しPTHは減少したが、これはVD低栄養状態に起因する低CaによりPTH分泌の亢進した者があったが、VD強化牛乳の摂取によりCa濃度が上昇しPTH分泌が抑制されたことを示唆している。また、このときBAPとNTxがともに減少しているので、血中Caの上昇は骨からのCa吸収によるものではなく、腸管からのCa吸収が促進された結果であると考えられる。以上より、今回の被験者では8週間のVD強化牛乳の摂取は食品からのCa吸収を促進し、骨からのCa吸収を抑制することでVD栄養状態を改善したと考えられる。

今回の実験ではVD強化牛乳(180ml/本)を1日1本ずつ摂取することでVDの補給を行ったが、被験者の被験食品摂取率は全員が80%以上であり、49名中35名が100%であった、このこ

とから 1 日 1 本の牛乳の摂取は容易に継続可能であり、VD 等の栄養素の補給に適していると考えられた。

BDHQ で評価した VD 摂取量は 57% (28 /49) が基準値未満であり、この集団での VD 栄養状態に問題があることを示唆していた。2011 年に同じ学生寮で調査した結果でも VD 栄養状態の問題が示唆されており<sup>9)</sup>、今回、実際に血中 25-OH-VD を測定し全体の 26.5% の被験者が VD 欠乏状態であったことが確認されたので、BDHQ による食事調査はその集団の栄養状態の把握に有効であると考えられた。しかし、BDHQ により評価した VD 摂取量と血中 25-OH-VD との間には相関関係を認めなかったため、BDHQ により個々の被験者の VD 栄養状態の評価を行うことは困難であると考えられる。

一方、音波式骨評価装置を用いた骨評価では、音速、透過度、音響的骨評価値のすべての指標が血中 25-OH-VD と正の相関を示したことから、VD 栄養状態が骨密度に影響を及ぼしていることが確認され、本装置による骨評価が妥当であることが示唆された。

## 5. 謝辞

本研究で使用した VD 強化牛乳を提供して下さった株式会社明治に感謝いたします。本研究は J-ミルクからの研究助成と順天堂大学の学内研究費により実施された。すべての発表者には利益相反に該当する関係はない。本研究の一部を、Arch Osteoporos 誌に発表した<sup>14)</sup>。

## 6. 文献

- 1) 日本人の食事摂取基準[2010年版](第一出版、2009) 5.1.2 ビタミン D p.124~132
- 2) Malabanan A, Veronikis IE, Holick MF. Redefining vitamin D insufficiency. *Lancet*. 351(9105): 805-6, 1998
- 3) Vitamin D supplementation: Recommendations for Canadian mothers and infants. *Paediatr Child Health*. 12(7): 583-98, 2007
- 4) Nakamura K, Nashimoto M, Tsuchiya Y, Obata A, Miyanishi K, Yamamoto M. Vitamin D insufficiency in Japanese female college students: a preliminary report. *Int J Vitam Nutr Res*. 71(5): 302-305, 2001
- 5) Nakamura K, Nashimoto M, Matsuyama S, Yamamoto M. Low serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D in young adult Japanese women: a cross sectional study. *Nutrition* 17(12): 921-925, 2001
- 6) Black LJ, Seamans KM, Cashman KD, Kiely M. An updated systematic review and meta-analysis of the efficacy of vitamin D food fortification. *J Nutr*. 142(6): 1102-1108, 2012.
- 7) Woo J, Lau W, Xu L, Lam CW, Zhao X, Yu W, Xing X, Lau E, Kuhn-Sherlock

- B, Pocock N, Eastell R. Milk supplementation and bone health in young adult chinese women. *J Womens Health (Larchmt)*. 16(5): 692-702, 2007
- 8) Tsutsumi Y, Sanui M, Shimojima A, Ishioka H, Urashima M. A Cross-Sectional Study of the Association between Circulating 25-Hydroxyvitamin D Levels and Predicted Operative Mortality of Patients with Cardiovascular Disease. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 58(5): 327-332, 2012
- 9) 鈴木良雄、目加田優子、慶徳理子. 大学寮生の栄養素摂取状況と学生食堂の利用頻度. 第7回日本食育学会・学術大会. 演題番号: 37, 東京: 東京聖栄大学. 2013年5月18-19日.
- 10) Patterson KY, Phillips KM, Horst RL, Byrdwell WC, Exler J, Lemar LE, Holden JM. Vitamin D content and variability in fluid milks from a US Department of Agriculture nationwide sampling to update values in the National Nutrient Database for Standard Reference. *J Dairy Sci*. 93(11): 5082-5090, 2010.
- 11) Sasaki S, Katagiri A, Tsuji T, Shimoda T, Amano K.. Self-reported rate of eating correlates with body mass index in 18-y-old Japanese women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 27(11): 1405-1410, 2003.
- 12) Sasaki M, Harata S, Kumazawa Y, Mita R, Kida K, Tsuge M. Bone mineral density and osteo sono assessment index in adolescents. *J Orthop Sci*. 5(3):185-191, 2000.
- 13) 岡野登志夫、津川尚子. 骨粗鬆症 日常診療に潜む骨折危険性. 治療学 42(8): 873-876, 2008.
- 14) Suzuki Y, Maruyama-Nagao A, Sakuraba K, Kawai S. Milk fortified with vitamin D could reduce the prevalence of vitamin D deficiency among Japanese female college students. *Arch Osteoporos*.9(1):188, 2014, doi: 10.1007/s11657-014-0188-x.

表1 ビタミン D 強化牛乳の栄養成分

---

ミルクで元気 栄養成分(1本 180ml あたり)

---

エネルギー	109kcal
たんぱく質	6.7g
脂質	4.1g
炭水化物	11.3g
ナトリウム	87mg
カルシウム	700mg
鉄分	7.5mg
ビタミン D	2.0 $\mu$ g
葉酸	60 $\mu$ g

---



表 2 VD 強化牛乳摂取前後の血液生化学

項目	単位	投与前				投与後				対応のあるt検定**	
		mean	SD	min	max	mean	SD	min	max	P	判定
1.25-(OH)2 ビタミン D	pg/mL	64.8	15.6	35.4	99.2	60.3	16.9	30.6	114	0.107	n.s.
25-OH ビタミン D	ng/mL	23.1	4.7	13	34	36.0	8.1	24	64	1.43×10 <sup>-19</sup>	**
副甲状腺ホルモン (PTH)	pg/mL	36.9	13.5	15	71	32.0	8.7	18	52	0.011	*
カルシトニン *	pg/mL	34.1	22.3	20	150	24.1	13.0	10	81	6.88×10 <sup>-7</sup>	**
FGF23	pg/mL	43.2	10.3	25	78	58.4	19.6	24	105	1.42×10 <sup>-7</sup>	**
Ca(カルシウム)	mg/dL	9.38	0.25	8.8	9.9	9.48	0.26	8.7	10.2	0.048	*
P(無機リン)	mg/dL	4.2	0.4	3.4	4.9	4.0	0.5	3	5	0.156	n.s.
血清 NTX(骨粗鬆症)	nmolBCE/ L	23.02	5.93	11.5	37.5	20.67	4.76	12.2	33.3	0.012	*
骨型アルカリ フォスファターゼ(BAP)	µg/L	14.8	5.0	6.4	28.3	13.7	3.8	6	24.6	0.0020	**
TRACP-5b	mU/dL	267.8	64.6	159	437	278.8	70.9	147	421	0.124	n.s.
オステオカルシン	ng/mL	7.52	4.47	1	16	9.62	2.63	4.8	18	0.006	**
低カルボキシル化オステオカルシン(ucOC)	ng/mL	7.85	4.48	1.49	24.9	7.63	3.80	1.88	17.8	0.556	n.s.
ucOC/OC	%	245.2	381.0	37.6	1778	76.7	24.3	36.2	137.8	0.0030	**

★ 摂取前のカルシトニンには、検出限界 (20 pg/mL) 以下の者が 15 名おり、これらの被験者の値を 20 pg/mL として計算した。

★★ 対応のあるt検定の判定は、\* P<0.05、\*\* P<0.01とした。

表 3 VD 強化牛乳摂取前の栄養素摂取量

栄養素	単位	粗値				調整済				基準値を外れた者			
		mean	SD	min	max	単位	mean	SD	min	max	基準値	(人)	(%)
たんぱく質	g/日	40.6	14.5	12.7	93.2	g/1000kcal	30.3	5.2	20.9	42.4	EAR	0	0.0
											RDA	4	8.9
脂質	%	25.2	6.4	11.6	38.5	%	25.2	6.4	11.6	38.5	FAT <20%	10	22.2
											FAT 30%<	11	24.4
n-3系脂肪酸	g/日	1.4	0.7	0.4	3.2	g/1000kcal	1.0	0.4	0.3	1.8	DG	18	40.0
n-6系脂肪酸	g/日	7.0	3.0	2.5	16.2	g/1000kcal	5.2	1.5	2.3	9.3	AI	16	35.6
											DG	0	0.0
飽和脂肪酸	g/日	11.4	4.6	3.2	22.9	g/1000kcal	0.08	0.02	0.04	0.14	DG LL	3	6.7
											DG UL	26	57.8
コレステロール	mg/日	187.1	90.9	50.8	405.4	mg/1000kcal	139.6	54.0	40.3	301.0	DG	2	4.4
炭水化物	g/日	210.0	91.1	71.0	566.6	%	61.6	7.0	49.2	77.5	DG LL	1	2.2
											DG UL	6	13.3
総食物繊維	g/日	7.6	3.8	2.8	18.5	g/1000kcal	5.6	2.1	3.2	13.0	DG	40	88.9
ビタミンA	μg/日	368	218	89	1165	μg/1000kcal	272	117	111	646	EAR	43	95.6
(レチノール当量)											RDA	45	100.0
ビタミンD	μg/日	3.3	2.7	0.2	9.9	μg/1000kcal	2.5	2.1	0.2	8.6	AI	28	62.2
ビタミンE	mg/日	4.7	2.2	1.5	10.4	mg/1000kcal	3.5	1.1	1.3	6.6	AI	15	33.3
(αトコフェロール)													
ビタミンK	μg/日	204.2	171.4	27.7	811.2	μg/1000kcal	150.5	119.1	17.1	627.3	AI	1	2.2
ビタミンB1	mg/日	0.49	0.21	0.16	1.13	mg/1000kcal	0.36	0.09	0.20	0.69	EAR	37	82.2
											RDA	44	97.8
ビタミンB2	mg/日	0.79	0.35	0.21	1.86	mg/1000kcal	0.59	0.20	0.26	1.20	EAR	13	28.9
											RDA	27	60.0
ナイアシン	mg/日	7.01	3.35	2.55	17.18	mg/1000kcal	5.17	1.53	2.51	9.71	EAR	20	44.4
											RDA	32	71.1
ビタミンB6	mg/日	0.63	0.30	0.22	1.51	mg/PRT	0.02	0.00	0.01	0.03	EAR	42	93.3
											RDA	44	97.8
ビタミンB12	μg/日	2.82	1.64	0.22	7.72	μg/1000kcal	2.12	1.07	0.29	4.26	EAR	4	8.9
											RDA	8	17.8
葉酸	μg/日	194.5	119.1	43.5	522.3	μg/1000kcal	143.6	76.4	60.7	456.3	EAR	13	28.9
											RDA	18	40.0
											UL	0	0.0
パントテン酸	mg/日	4.2	1.7	1.3	10.1	mg/1000kcal	3.1	0.7	2.1	5.4	AI	8	17.8
ビタミンC	mg/日	74.1	49.1	7.1	233.8	mg/1000kcal	54.0	32.8	10.3	204.2	EAR	16	35.6
ナトリウム	g/日	6.7	2.2	2.8	11.4	g/1000kcal	5.1	1.2	2.5	7.8	DG	38	84.4
(食塩相当量)													
カリウム	mg/日	1488	737	360	3423	mg/1000kcal	1104	434	520	2991	AI	19	42.2
											DG	30	71.1
カルシウム	mg/日	384	188	85	916	mg/1000kcal	293	131	113	666	EAR	19	42.2
											RDA	25	55.6
マグネシウム	mg/日	146	64	51	332	mg/1000kcal	109	34	66	238	EAR	26	57.8
											RDA	36	80.0
リン	mg/日	622	234	214	1475	mg/1000kcal	465	102	305	697	AI	14	31.1
鉄	mg/日	4.4	2.2	1.6	10.2	mg/1000kcal	3.3	1.1	1.6	7.4	EAR	8	17.8
											RDA	41	91.1
											UL	0	0.0
亜鉛	mg/日	5.2	2.0	1.7	13.5	mg/1000kcal	3.8	0.5	2.8	4.9	EAR	3	6.7
											RDA	32	71.1
											UL	0	0.0
銅	mg/日	0.76	0.33	0.27	1.96	mg/1000kcal	0.56	0.12	0.35	0.95	EAR	0	0.0
											RDA	0	0.0
											UL	0	0.0
マンガン	mg/日	2.01	1.10	0.56	5.06	mg/1000kcal	1.46	0.53	0.59	2.87	AI	34	75.6
											UL	0	0.0
											RDA	18	40.0

表 4 VD 強化牛乳摂取前の VD 摂取量 ( $\mu\text{g}/1000\text{kcal}$ ) と血液生化学検査値との関係

血液生化学検査項目	相関係数	P値(両側確率)	P 判定 *
1,25-(OH) <sub>2</sub> ビタミン D	0.113	0.460	n.s.
25-OH ビタミン D	0.006	0.970	n.s.
Ca(カルシウム)	-0.152	0.320	n.s.
P(無機リン)	-0.246	0.104	n.s.
TRACP-5b	-0.140	0.359	n.s.
血清 NTX(骨粗鬆症)	-0.230	0.128	n.s.
骨型アルカリ フォスファターゼ(BAP)	-0.138	0.366	n.s.
副甲状腺ホルモン (PTH)-インタクト	-0.013	0.932	n.s.
カルシトニン	-0.083	0.587	n.s.
オステオカルシン	-0.148	0.333	n.s.
低カルボキシル化オステオカルシン(ucOC)	-0.156	0.305	n.s.
ucOC/OC	-0.206	0.175	n.s.

\* P 値の判定は、\*  $p < 0.05$  とした。

表 5 VD 牛乳摂取前後の骨密度(音響的骨評価)

指標	単位	摂取前				摂取後				対応のあるt検定	
		mean	SD	min	max	mean	SD	min	max	P	判定
透過指標		1.223	0.107	1.005	1.478	1.221	0.095	1.013	1.488	0.714	n.s.
音響的骨評価値	( $\times 10^6$ )	3.140	0.370	2.417	4.032	3.128	0.328	2.452	3.934	0.535	n.s.

(n=49)

表6 VD 強化牛乳摂取前の VD 摂取量( $\mu\text{g}/1000\text{kcal}$ )と骨評価指標との関係

	相関係数	P値(両側確率)	判定
音速	0.101	0.511	n.s.
透過指標	0.045	0.770	n.s.
音響的骨評価値	0.068	0.658	n.s.

(n=49)

表7 VD 強化牛乳摂取前の骨評価指標と血液指標との関係

骨指標	血液指標	相関係数	P値	判定	
音速	1,25-(OH)2 $\nu$ 2D	-0.110	0.454	n.s.	
	25-OH $\nu$ 2D	0.293	0.041	*	
	Ca(カルシウム)	0.033	0.819	n.s.	
	P(無機リン)	-0.019	0.899	n.s.	
	TRACP-5b	-0.068	0.641	n.s.	
	血清 NTX(骨粗鬆症)	-0.242	0.094	n.s.	
	骨型アルカリ フォスファターゼ(BAP)	-0.087	0.552	n.s.	
	副甲状腺ホルモン (PTH)-インタクト	-0.109	0.455	n.s.	
	カルシトニン	-0.203	0.163	n.s.	
	オステオカルシン	-0.100	0.496	n.s.	
	低カルボキシル化オステオカルシン(ucOC)	-0.274	0.057	n.s.	
	ucOC/OC	-0.059	0.685	n.s.	
	透過指標	1,25-(OH)2 $\nu$ 2D	-0.007	0.960	n.s.
		25-OH $\nu$ 2D	0.315	0.027	*
Ca(カルシウム)		0.158	0.278	n.s.	
P(無機リン)		-0.047	0.748	n.s.	
TRACP-5b		0.125	0.390	n.s.	
血清 NTX(骨粗鬆症)		-0.105	0.472	n.s.	
骨型アルカリ フォスファターゼ(BAP)		0.095	0.516	n.s.	
副甲状腺ホルモン (PTH)-インタクト		-0.043	0.767	n.s.	
カルシトニン		-0.133	0.362	n.s.	
オステオカルシン		-0.098	0.503	n.s.	
低カルボキシル化オステオカルシン(ucOC)		-0.191	0.189	n.s.	
ucOC/OC		0.006	0.969	n.s.	
音響的骨評価値		1,25-(OH)2 $\nu$ 2D	-0.041	0.779	n.s.
		25-OH $\nu$ 2D	0.324	0.023	*
	Ca(カルシウム)	0.129	0.379	n.s.	
	P(無機リン)	-0.047	0.750	n.s.	
	TRACP-5b	0.069	0.636	n.s.	
	血清 NTX(骨粗鬆症)	-0.145	0.320	n.s.	
	骨型アルカリ フォスファターゼ(BAP)	0.040	0.787	n.s.	
	副甲状腺ホルモン (PTH)-インタクト	-0.060	0.681	n.s.	
	カルシトニン	-0.155	0.286	n.s.	
	オステオカルシン	-0.105	0.472	n.s.	
	低カルボキシル化オステオカルシン(ucOC)	-0.226	0.118	n.s.	
	ucOC/OC	-0.018	0.903	n.s.	

n=49、P 値の判定は、\* p<0.05 とした。