

減量希望の若年男・女における4ヶ月間の牛乳摂取の増加が 体重、体脂肪量や筋肉量にどのような変化を及ぼすのか

辻学園中央研究室 広田 孝子・川崎 泉
青江 智子・池田 晴佳

【要 約】

20歳代の若年男性のメタボリックシンドロームはその予備群と合わせると13%にも達している。最大のリスクファクターである肥満はますます増えており、男性のメタボリックシンドロームの一層の増加が危惧されている。一方、若年女性は痩身願望が極めて強く、無謀なダイエットが横行し、病的な痩せ（BMIが18.5未満）が20%を占めている。このような社会背景下、若者達は栄養豊富な食品に対し、「太る」「メタボリックシンドロームになりやすい」などの誤ったイメージを持っている。そのため、良質のタンパク質、ビタミン・ミネラル類を豊富に含む牛乳・乳製品は、科学的根拠がないのに、若者には敬遠される食品の一つとなっているようである。

そこで今回、牛乳摂取は①メタボリックシンドロームのリスクを上昇させるか、②肥満を助長させるか、③骨粗鬆症の予防効果はないのかについて、若年男女を対象に、科学的検証を行った。すなわち4ヶ月間の牛乳摂取の有無によるメタボリックシンドローム、体脂肪量、骨密度への影響について前向きな観察研究を行った。

体脂肪量の減少または筋肉量の増加を希望する若年男女75名（18～32歳）を対象とし、食事と運動による適切なダイエット法を4ヶ月にわたり指導し、その間、牛乳を毎日摂取する牛乳群と自由摂取の対照群に分け、体重、体脂肪量、筋肉量、骨量、骨密度などの体組成、ウエスト径、ヒップ径、血圧、血中脂質、血糖など、メタボリックシンドロームの危険因子の変化を観察した。

その結果、若年男性の牛乳群において体脂肪量の減少傾向がより大きく、大腿骨骨密度の有意な増加、血中LDLコレステロールと中性脂肪の減少傾向が観察され、HDLコレステロールは対照群共に有意な増加、最低血圧は牛乳群に有意な減少が観察された。ウエスト径85cm以上に加えメタボリックシンドロームの危険因子を1つ以上保持していた6名（対照群2名、牛乳群4名）のメタボリックシンドロームまたは予備群は、4ヶ月の研究終了後には2名（対照群1名、牛乳群1名）に減少し、牛乳群においてメタボリック項目数の有意な減少が観察された。若年女性においては、牛乳群、対照群共に体重は減少傾向、ウエスト径、最高・最低血圧は有意な減少、そして体脂肪量は牛乳群にのみ有意な減少、対照群においてのみLDLコレステロールの有意な上昇やHDLコレステロールの有意な低下が観察された。

以上の結果より、牛乳摂取が肥満やメタボリックシンドロームを助長する科学的根拠は全く無く、むしろ毎日200mlの牛乳をタイミング良く摂取することにより、男性ではメタボリックシンドロームや骨粗鬆症の予防、女性においては骨密度や筋肉量を減少させないで体脂肪量を効果的に減少させられる可能性が示唆された。

キーワード：メタボリックシンドローム、体脂肪量、筋肉量、骨密度、ウエスト径、LDLコレステロール、HDLコレステロール、中性脂肪、血圧、血糖、DXA法、ダイエット

【緒言】

メタボリックシンドロームの診断基準が設定され、この4月から予防のための特定保健指導がスタートした。平成17年国民健康・栄養調査報告によると、メタボリックシンドロームが疑われる男性は予備群も合わせると30歳代で24%、40歳代36%、50歳代51%を占める¹⁾。このようにメタボリックシンドロームは中高年男性の半数近くを占めるものの、20歳代でも予備群を合わせると13%も存在する¹⁾。なぜなら内臓肥満は若年男性において年々増加しており、これからもさらに大きな増加が心配される。

これに反し、若年女性では極端な瘦身願望者が多く、体格指数（BMI）が18.5未満の痩せの者は20%以上を占め¹⁾、痩せる必要がないのに無理な減量を繰り返し、栄養不良による急激な体重減少、貧血、無月経、骨量減少^{2,3)}などの数々の健康障害を招いている。このまま放置されると拒食症、うつ病、虚弱、不妊、骨粗鬆症などが起こりうる。

このような現代の社会背景下では、ビタミン・ミネラル、タンパク質など栄養豊富な牛乳は「太る」「メタボリックシンドロームになりやすい」など、科学的根拠のない情報がまことしやかに信じられる風潮がある。しかしながら、最近の我々の研究では、若年女性や男性におけるダイエットにおいて、タイミングの良い牛乳摂取により、体脂肪量やウエスト径を減少させるが、筋肉量は増加させ、血圧も低下させ、LDLコレステロールは上昇させない結果^{4,5)}や、若年男性のスポーツ選手における牛乳摂取による筋肉量の効果的な増加も観察されている^{6,7)}。海外での研究では、体脂肪量の変化が乳製品やカルシウム摂取と負の相関を示した結果^{8,9)}や、牛乳や乳製品の摂取量が高いほどメタボリックシンドロームのリスクが低い可能性も示唆されており¹⁰⁻¹³⁾、乳製品やカルシウム摂取と総コレステロール、LDLコレステロール、中性脂肪、血圧とに負の相関も観察されている¹⁴⁾。他方、牛乳・乳製品と体脂肪減少とは関係がない¹⁵⁾、メタボリックシンドロームのリスクとも関係がない¹⁶⁾という報告もある。これらの海外の研究報告は、日常の牛乳摂取量や獣肉食の多い白人を対象としたもので、米を主食とする日本人に当てはまるかどうか大きな疑問が残る。また日本人を対象とする数少ない研究結果においても対象者数が限られているため、乳製品やカルシウムと体重や体脂肪、メタボリックシンドロームのリスク低下について十分な科学的根拠が示されているとは言えない。

そこで今回、より多くの新規の対象者を募集し、メタボリックシンドロームの増加を背景とする男性と強い瘦身願望を持つ女性、かつカルシウムの摂取量が最も少ない年代である若年者に対象を絞り、食事と運動による適切なダイエットを行いながら、牛乳を毎日摂取する群と自由摂取とする対照群とに分かれ、毎日の牛乳摂取が体重、体脂肪や筋肉、骨密度、ウエスト径、血圧、コレステロール、血糖値の変化にどのような影響を及ぼすか、果たして牛乳は減量や体脂肪の減

少をサポートし、メタボリックシンドロームのリスク低減に効果が認められるか、骨粗鬆症予防にも効果があるかについて検討した。

【対象と方法】

1) 対象者

大阪市内の専門学校に通う男・女子学生を対象とし、食生活と運動改善による体脂肪の減少や筋肉量の増加を希望する者を、チラシやポスター、掲示板において募集した。応募者は男性62名、女性63名であったが、中途退学者（男性1名、女性3名）、個人の都合により測定ができなかった者（男性12名、女性12名）、35歳以上の者（女性1名）研究参加が2度目の者（男性14名、女性7名）は今回の解析から除外した。最終的に男性35名（18～32歳）、女性40名（18～30歳）が今回の研究解析の対象となった。

上記の75名の対象者を年齢、BMIが同様になるよう無作為に①牛乳を夕食前に200ml以上毎日摂取する牛乳群と、②牛乳の摂取は自由とする対照群とに分けた。なお、牛乳摂取に同意が得られなかった者は対照群に再分類した。その結果、牛乳群（男性19名、女性19名）、対照群（男性16名、女性21名）となった。

対象者全員に本研究の目的、方法、具体的な実施内容を十分説明し、研究参加への同意を得た。本研究は学校法人辻学園倫理委員会の承認を得て行われた。

2) 方法

・食事調査法と栄養及び運動指導

対象者全員に研究調査開始前とダイエット期間中の平日3日間の食事内容を記録してもらい、熟達した管理栄養士が1日当たりの平均栄養素摂取量を計算した。栄養素摂取量は、五訂日本食品標準成分表に基づき、「栄養相談室Ver. 2.1」（OLYMPUS）により求めた。1日の牛乳摂取量については、摂取頻度と1回あたりの摂取量をアンケートにより調査し、概算した。

食事及び運動指導は、牛乳群や対照群の区別なく、管理栄養士が個別に指導した。食事は、各人の食事調査結果により栄養アセスメントを行い、具体的な食事の改善法について個別指導を行った。運動についても、運動や活動状況を把握した上で、歩行時間の増加、新たなスポーツの実施など個人に合った日常の運動量の増加を指導した。希望者には実践運動指導士による運動指導も行った。

観察期間中は各被験者自身により、毎日の体重、食事・運動状況、体調、牛乳の摂取量や摂取時間を記録してもらい、4週間毎の提出により実際の牛乳摂取頻度、その他の食事や運動の改善状況などをチェックした。気付いた問題点などは管理栄養士や実践運動指導士により指導や相談を行い、脱落者がでないよう4ヶ月間にわたり工夫した。

・牛乳摂取方法

牛乳群には、毎日夕食前にエネルギーが低い低脂肪乳を200ml以上摂取するよう指導した。低脂肪乳が嗜好に合わない者は、普通牛乳でも可とし、ただし研究期間中は同じ脂肪分の牛乳を飲用するよう指導した。なお、牛乳・乳製品の摂取上限量は設定しなかった。対照群においては、牛乳・乳製品は全く自由摂取とした。

・体脂肪量、筋肉量、骨量、骨密度など体組成の測定

研究開始時と終了時に、二重エネルギーX線吸収法（DXA法：GE Lunar社製 DPX）による体脂肪量（全身、体幹部）、筋肉量（全身、体幹部）、骨量、骨密度（第2-4腰椎及び大腿骨頸部）の測定を実施した。DXA法により測定した全身の体脂肪量、筋肉量、骨量の合計を体重とした。

・体重、ウエスト径、ヒップ径の測定

研究開始から4週毎に4ヶ月にわたり計5回、体重計（大和製衡株式会社 DF800）による体重測定及びメジャーによるウエスト径、ヒップ径の測定を行った。なお、時間は昼食前とした。

・血液生化学検査及び血圧測定

研究開始時と終了時に血液生化学検査及び血圧測定を行った。血液生化学検査は早朝空腹時の血中脂質（総コレステロール、HDLコレステロール、中性脂肪）、血糖を測定した。LDLコレステロール値は、Friedewaldの式¹⁷⁾から求めた。また、ビタミンD栄養状態を25水酸化ビタミンD〔25(OH)D〕によりradioimmunoassay（Diasorin社、RIA）法で測定した。なお対象者のうち研究開始時に女性5名（対照群3名、牛乳群2名）、終了後に男性4名（対照群3名、牛乳群1名）、女性5名（対照群3名、牛乳群2名）は、個人の都合により採血する機会を逸した。カルシウム代謝の指標となる副甲状腺ホルモン（PTH）、アルカリフォスファターゼ（ALP）は男性対象者（前29名、後26名）においてのみ測定した。血圧は、水銀血圧計により聴診法で2回測定し平均値を用いた。

・食生活、運動、身体状況調査

研究開始前に、学童期から現在にわたる牛乳・乳製品を含む食生活、ダイエット歴、運動、ストレス、睡眠などの生活習慣や身体状況をアンケートにより調査した。

・統計解析

統計処理は、「SPSS 12.0J for Windows」を用いた。開始前後の経時的変化における差の検定には対応のあるt検定、2群間比較は対応のないt検定により行い、危険率5%を有意水準とした。なお、表中の数字は平均値±標準偏差により表した。

【結 果】

1) 対象者の研究開始前の特徴

全対象者の男子学生（35名）と女子学生（40名）の研究開始前の体組成、骨密度、血圧、血中脂質等を示す（表1）。対象者を国民健康・栄養調査報告における同年代（20～29歳）の日本人男女と比較すると¹⁾、対象の男子学生の身長はやや高く、体重、BMI、血圧、血中総コレステロール、血糖値はほぼ同様の値、中性脂肪は対象者が有意な低値を示した。女子学生においては身長がやや低く、BMIは1.1 (kg/m²) 高値を示し、最高血圧はやや高く、中性脂肪は低値を示した¹⁾。

表1 研究開始前の対象者の体組成、メタボリックシンドロームの項目（血圧、血中脂質、血糖）、カルシウム調節関連因子

	男性 (n= 35)		女性 (n=40)	
年齢 (歳)	21 ± 4	(18～32)	21 ± 4	(18～30)
身長 (cm)	172.1 ± 5.8	(161.0～186.0)	156.4 ± 5.1	(142.0～168.0)
体重 (DXA 法) (kg)	66.5 ± 10.1	(52.4～89.6)	52.7 ± 7.5	(37.6～72.9)
BMI (kg/m ²)	22.5 ± 3.6	(17.9～32.2)	21.5 ± 2.5	(15.7～27.9)
ウエスト径 (cm)	74.5 ± 9.6	(62.5～97.0)	66.0 ± 6.7	(56.5～86.0)
ヒップ径 (cm)	93.6 ± 6.3	(84.0～108.5)	92.6 ± 5.4	(80.4～105.5)
体脂肪量 (kg)				
全身	13.5 ± 8.4	(2.0～35.0)	17.1 ± 5.7	(4.3～31.2)
体幹	6.3 ± 4.2	(0.9～16.4)	7.0 ± 3.0	(1.4～15.0)
筋肉量 (kg)				
全身	50.1 ± 4.1	(42.3～59.6)	33.3 ± 2.9	(25.8～41.3)
体幹	22.9 ± 1.9	(19.2～27.0)	15.7 ± 1.5	(12.4～20.3)
骨量 (kg)				
全身	3.0 ± 0.4	(2.2～3.7)	2.3 ± 0.3	(1.8～3.2)
体幹	1.0 ± 0.2	(0.7～1.4)	0.7 ± 0.1	(0.5～0.6)
骨密度 (g/cm ²)				
L2-L4	1.209 ± 0.137	(0.963～1.513)	1.162 ± 0.141	(0.903～1.407)
大腿骨頸部	1.080 ± 0.122	(0.791～1.339)	0.960 ± 0.119	(0.677～1.227)
血圧 (mmHg)				
最高血圧	125 ± 14	(100～150)	110 ± 11	(92～133)
最低血圧	70 ± 13	(47～104)	68 ± 9	(41～87)
血中脂質 (mg/dL)				
総コレステロール	171 ± 34	(120～263)	182 ± 28 ¹⁾	(133～240)
LDL コレステロール	103 ± 28	(38～161)	100 ± 25 ¹⁾	(60～148)
HDL コレステロール	53 ± 10	(33～90)	71 ± 14 ¹⁾	(49～102)
中性脂肪	74 ± 60	(21～284)	55 ± 22 ¹⁾	(31～116)
血糖 (mg/dL)	96 ± 13	(77～159)	92 ± 7 ¹⁾	(79～108)
25(OH)D (ng/mL)	29 ± 4 ²⁾	(20～37)	21 ± 4 ¹⁾	(12～28)
PTH (pg/mL)	36 ± 14 ³⁾	(19～79)	—	
ALP (U/L)	239 ± 78 ³⁾	(146～420)	—	

平均値±標準偏差

¹⁾ n=35

²⁾ n=33

³⁾ n=29

25(OH)D: 25 水酸化ビタミン D

PTH: 副甲状腺ホルモン

ALP: アルカリフォスファターゼ

2) 対象者の研究開始前におけるメタボリックシンドロームの危険因子の該当項目

研究開始前にメタボリックシンドロームの危険因子（4項目）を持つ人数を表2に示す。メタボリックシンドロームの項目を1つ以上持つ者は男子学生では35人中21人、女子学生は40人中3人であった。

メタボリックシンドロームの診断基準（ウエスト径と2つ以上の項目）に該当する男子学生は2名、予備群（ウエスト径と1つの危険因子）は4名いたが、女子学生では、どちらも該当する者はいなかった（表2）。

表2 研究開始前における対象者のメタボリックシンドロームの項目該当者数と国民健康・栄養調査結果との比較

		男 性			
		対象者		20～29歳男性 ¹	
		該当者数	%	該当者数 (n)	%
ウエスト径	男性 85cm / 女性 90cm 以上	7	20	32 (130)	24.6
血圧	最高血圧 130mmHg 以上	11	31.4	26 (123)	21.1
	最低血圧 85mmHg 以上	4	11.4	39 (123)	31.7 ²
血中脂質	中性脂肪 150mg/dL 以上	4	11.4	31 (117)	26.5
	HDL コレステロール 40mg/dL 未満	2	5.7	9 (117)	7.7
空腹時血糖値	110mg/dL 以上	2	5.7	7 (101)	6.9
メタボリックシンドロームが強く疑われる者 ³		2	5.7	1 (116)	0.9
メタボリックシンドローム予備群 ⁴		4	11.4	14 (116)	12.1

		女 性			
		対象者		20～29歳女性 ¹	
		該当者数	%	該当者数 (n)	%
ウエスト径	男性 85cm / 女性 90cm 以上	0	0	2 (162)	1.2
血圧	最高血圧 130mmHg 以上	2	4.9	0 (159)	0
	最低血圧 85mmHg 以上	1	2.4	9 (159)	5.7 ²
血中脂質	中性脂肪 150mg/dL 以上	0	0	10 (155)	6.5
	HDL コレステロール 40mg/dL 未満	0	0	1 (155)	0.6
空腹時血糖値	110mg/dL 以上	0	0	8 (126)	6.3
メタボリックシンドロームが強く疑われる者 ³		0	0	0 (141)	0
メタボリックシンドローム予備群 ⁴		0	0	2 (141)	1.4

¹ 国民健康・栄養調査結果より

² ただし、国民健康・栄養調査結果の区分により、最低血圧 80mmHg 以上の割合を表示

³ ウエスト径男性 85cm 以上、女性 90cm 以上かつ項目 2 つ以上該当

⁴ ウエスト径男性 85cm 以上、女性 90cm 以上かつ項目 1 つ該当

3) 対象者の研究開始前の栄養素及び牛乳摂取状況

研究開始前における対象者の1日あたりの栄養素摂取量を表3に示す。国民健康・栄養調査による同年代の男女と比較すると、男子学生においては、エネルギー摂取量は変わらなかったが、脂質エネルギー比率、ビタミンE摂取量は高値を示し、食物繊維と食塩摂取量は低値を示した。また、対象者の牛乳摂取量は高い傾向が認められたが、カルシウム摂取量の差は無く(表3)、対象者、国民健康・栄養調査の若年男性共に、日本人の食事摂取基準(18~29歳男性)の目安量900mg/日¹⁸⁾の半分程度しか摂取できていないことが確認された。女子学生においては、エネルギー、脂質エネルギー比率、ビタミンA・E、コレステロール摂取量は有意な高値を示し、牛乳摂取量及びカルシウム摂取量はほぼ同様の値であった(表3)。女性のカルシウム摂取量は、対象者と国民健康・栄養調査結果共、目安量700mg/日¹⁸⁾の65%しか摂れていなかった。

表3 研究開始前における対象者の1日あたりの栄養素及び牛乳摂取状況と国民健康・栄養調査結果における同年代男女との比較

	男 性		女 性	
	対象者 (n=35)	20~29歳男性 (n=480) ¹	対象者 (n=40)	20~29歳女性 (n=470) ¹
エネルギー (kcal)	2097 ± 497	2147 ± 726	1945 ± 390**	1685 ± 511
たんぱく質 (g)	72.8 ± 23.0	77.2 ± 29.2	68.5 ± 18.5	63.6 ± 21.3
脂肪エネルギー比 (%)	32.1 ± 5.9***	27.2 ± 7.5	33.5 ± 4.5***	28.9 ± 7.5
炭水化物エネルギー比 (%)	51.3 ± 6.9***	58.3 ± 8.3	50.3 ± 5.1***	55.8 ± 8.3
カリウム (mg)	2134 ± 758	2177 ± 890	2074 ± 598	1988 ± 819
カルシウム (mg)	468 ± 249	495 ± 289	455 ± 147	451 ± 244
リン (mg)	1033 ± 374	1044 ± 406	979 ± 259	886 ± 317
鉄 (mg)	6.9 ± 2.8	7.8 ± 3.5	7.0 ± 1.9	6.9 ± 2.9
ビタミンA (μg)	572 ± 348	494 ± 508	721 ± 402*	494 ± 508
ビタミンD (μg)	6.6 ± 6.4	6.7 ± 8.6	5.8 ± 4.0	6.6 ± 8.7
ビタミンE (mg)	9.1 ± 3.5***	7.1 ± 3.5	9.4 ± 3.6***	6.6 ± 3.1
ビタミンB ₁ (mg)	0.94 ± 0.35	1.04 ± 0.90	0.87 ± 0.26	0.80 ± 0.38
ビタミンB ₂ (mg)	1.14 ± 0.40	1.23 ± 0.70	1.15 ± 0.30	1.04 ± 0.45
ビタミンC (mg)	63 ± 35	84 ± 130	77 ± 36	81 ± 67
コレステロール (mg)	369 ± 170	377 ± 235	405 ± 193**	311 ± 186
食物繊維 (g)	10.9 ± 5.0**	13.3 ± 6.3	11.5 ± 3.1	12.6 ± 5.5
食塩 (g)	8.4 ± 2.9**	11.4 ± 5.1	8.8 ± 2.4	9.3 ± 3.8
牛乳 (mL)	164 ± 142	111 ± 181 ²	121 ± 123	106 ± 137 ²

平均値±標準偏差

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ (国民健康・栄養調査結果と比較)

¹ 国民健康・栄養調査結果より

² ただし、国民健康・栄養調査結果の分類により、牛乳、チーズ、発酵乳・乳酸菌飲料、その他の乳製品・乳類の合計の重量(g)を表示

4) 研究開始前における対照群と牛乳群

研究開始前の対照群と牛乳群間には、男女共、身長、体重、ウエスト・ヒップ径、体脂肪、筋量、骨量、骨密度、血圧、血中脂質、血糖、25(OH)D、PTH、ALPに差は認められなかった（表4）。

栄養素摂取量は、男女共、エネルギー、タンパク質、脂質摂取などにおいて2群間に差は認められなかったが、男子学生ではカルシウムや牛乳摂取において、女子学生ではビタミンB₂・Cにおいて、牛乳群に高値が観察された（表5）。この差は、無作為に群分けをしたが、実際には牛乳摂取に対するコンプライアンスの低さから牛乳群から対照群に移った者が数名いたためだと考えられる。

表4 研究開始前の対照群と牛乳群における体組成、メタボリックシンドロームの項目（ウエスト径、血圧、血中脂質、血糖）、カルシウム調節関連因子

	男 性		女 性	
	対照群 (n=16)	牛乳群 (n=19)	対照群 (n=21)	牛乳群 (n=19)
年齢 (歳)	20 ± 9	22 ± 4	21 ± 4	21 ± 4
身長 (cm)	172.2 ± 6.9	172.1 ± 4.8	156.0 ± 5.7	156.8 ± 4.5
体重 (DXA 法) (kg)	64.1 ± 8.4	68.6 ± 11.3	52.2 ± 8.0	53.3 ± 7.1
BMI (kg/m ²)	21.8 ± 3.8	23.1 ± 3.5	21.4 ± 2.8	21.6 ± 2.2
ウエスト径 (cm)	72.3 ± 9.4	76.4 ± 9.5	65.9 ± 6.7	66.0 ± 6.9
ヒップ径 (cm)	91.9 ± 5.5	95.1 ± 6.8	92.6 ± 6.4	92.7 ± 4.3
体脂肪量 (kg)				
全身	11.7 ± 7.9	15.0 ± 8.9	16.5 ± 6.4	17.7 ± 4.8
体幹	5.3 ± 3.8	7.1 ± 4.5	6.8 ± 3.2	7.3 ± 2.8
筋肉量 (kg)				
全身	49.4 ± 3.5	50.6 ± 4.7	33.4 ± 2.9	33.3 ± 3.0
体幹	22.7 ± 1.8	23.0 ± 2.2	15.6 ± 1.4	15.7 ± 1.6
骨量 (kg)				
全身	2.9 ± 0.4	3.0 ± 0.4	2.3 ± 0.4	2.3 ± 0.2
体幹	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.1
骨密度 (g/cm ²)				
L2-L4	1.228 ± 0.151	1.194 ± 0.130	1.150 ± 0.136	1.163 ± 0.144
大腿骨頸部	1.107 ± 0.133	1.058 ± 0.115	0.947 ± 0.129	0.981 ± 0.102
血圧 (mmHg)				
最高血圧	123 ± 12	125 ± 15	111 ± 11	110 ± 11
最低血圧	65 ± 10	75 ± 13	67 ± 9	69 ± 10
血中脂質 (mg/dL)				
総コレステロール	175 ± 37	168 ± 32	175 ± 28 ⁴	190 ± 28 ⁵
LDLコレステロール	103 ± 35	103 ± 22	92 ± 26 ⁴	108 ± 22 ⁵
HDLコレステロール	56 ± 12	51 ± 9	70 ± 16 ⁴	72 ± 11 ⁵
中性脂肪	86 ± 72	65 ± 47	60 ± 24 ⁴	50 ± 20 ⁵
血糖 (mg/dL)	92 ± 8	100 ± 16	93 ± 8 ⁴	90 ± 5 ⁵
25(OH)D (ng/mL)	29 ± 4	30 ± 5 ¹	21 ± 5 ⁴	21 ± 3 ⁵
PTH (pg/mL)	40 ± 15 ²	33 ± 11 ³		
ALP (U/L)	246 ± 91 ²	244 ± 69 ³		

平均値±標準偏差 全ての項目において対照群と牛乳群間において有意差無し

¹ n=17, ² n=15, ³ n=14, ⁴ n=18, ⁵ n=17

表5 研究開始前の対照群と牛乳群における1日あたりの栄養素、牛乳摂取、日照時間及び運動時間

	男 性			
	対照群 (n=16)		牛乳群 (n=19)	
エネルギー (kcal)	2074 ± 630	(960~2936)	2116 ± 378	(1744~3393)
たんぱく質 (g)	66.3 ± 22.8	(29.7~115.0)	77.9 ± 21.7	(42.9~131.1)
脂肪エネルギー比率 (%)	32.9 ± 6.6	(25.2~50.4)	31.5 ± 5.4	(18.7~38.8)
炭水化物エネルギー比率 (%)	51.8 ± 7.4	(31.5~61.9)	50.9 ± 6.8	(40.2~63.6)
カリウム (mg)	1912 ± 652	(798~2867)	2265 ± 806	(837~4281)
カルシウム (mg)	365 ± 148	(151~694)	543 ± 283*	(222~1389)
リン (mg)	914 ± 327	(484~1492)	1144 ± 390	(511~2223)
鉄 (mg)	6.6 ± 2.2	(3.3~10.0)	6.9 ± 3.1	(2.9~13.5)
ビタミン A (µg)	503 ± 287	(120~1193)	622 ± 387	(97~1678)
ビタミン D (µg)	7.3 ± 6.3	(0.1~21.9)	6.1 ± 6.7	(0.0~26.4)
ビタミン E (mg)	9.9 ± 4.3	(3.8~18.6)	8.7 ± 2.8	(3.4~15.9)
ビタミン B ₁ (mg)	0.84 ± 0.32	(0.31~1.50)	1.45 ± 0.36	(0.47~1.84)
ビタミン B ₂ (mg)	1.05 ± 0.39	(0.55~1.70)	1.18 ± 0.41	(0.71~2.45)
ビタミン C (mg)	64 ± 33	(22~139)	62 ± 38	(9~173)
コレステロール (mg)	413 ± 193	(150~959)	327 ± 145	(147~702)
食物繊維 (g)	10.0 ± 3.6	(4.2~16.6)	11.7 ± 5.9	(5.8~25.5)
食塩 (g)	8.3 ± 3.6	(3.1~15.6)	8.5 ± 2.3	(4.1~13.8)
牛乳 (mL)	99 ± 103	(9~400)	218 ± 149*	(0~600)
日照時間 (分/日)	54 ± 30	(15~150)	56 ± 25	(15~120)
運動時間 (分/週)	23 ± 62	(0~180)	176 ± 395	(0~1470)

	女 性			
	対照群 (n=21)		牛乳群 (n=19)	
エネルギー (kcal)	1877 ± 320	(1088~2365)	2021 ± 452	(1205~2756)
たんぱく質 (g)	65.7 ± 17.6	(32.6~103.4)	71.6 ± 19.6	(41.7~113.2)
脂肪エネルギー比率 (%)	33.6 ± 3.8	(23.3~40.0)	33.4 ± 5.4	(24.4~46.0)
炭水化物エネルギー比率 (%)	49.9 ± 4.6	(42.9~60.1)	50.8 ± 5.7	(39.9~58.1)
カリウム (mg)	1906 ± 572	(592~3111)	2261 ± 584	(1085~3210)
カルシウム (mg)	413 ± 146	(101~746)	502 ± 137	(311~793)
リン (mg)	914 ± 211	(455~1257)	1052 ± 294	(575~1746)
鉄 (mg)	6.5 ± 1.5	(4.3~11.1)	7.6 ± 2.1	(4.6~13.1)
ビタミン A (µg)	659 ± 305	(200~1362)	790 ± 488	(341~2545)
ビタミン D (µg)	5.0 ± 3.6	(0.2~11.8)	6.6 ± 4.3	(1.7~15.7)
ビタミン E (mg)	8.7 ± 2.9	(5.0~15.6)	10.3 ± 4.2	(4.4~19.7)
ビタミン B ₁ (mg)	0.85 ± 0.26	(0.44~1.38)	0.90 ± 0.27	(0.45~1.67)
ビタミン B ₂ (mg)	1.05 ± 0.28	(0.37~1.52)	1.25 ± 0.29*	(0.71~1.78)
ビタミン C (mg)	64 ± 28	(5~115)	91 ± 39*	(35~186)
コレステロール (mg)	406 ± 214	(39~698)	405 ± 174	(106~758)
食物繊維 (g)	10.6 ± 2.4	(5.9~15.7)	12.5 ± 3.6	(6.5~19.0)
食塩 (g)	8.3 ± 2.2	(5.2~15.7)	9.4 ± 2.5	(5.9~13.7)
牛乳 (mL)	87 ± 109	(0~400)	158 ± 131	(0~600)
日照時間 (分/日)	45 ± 21	(15~75)	38 ± 24	(15~90)
運動時間 (分/週)	23 ± 44	(0~140)	17 ± 50	(0~180)

平均値±標準偏差

* $p < 0.05$

5) 観察期間中の対照群と牛乳群の栄養素や牛乳摂取量と日照時間、運動量の変化

研究開始前と観察期間中4ヶ月間の栄養素摂取量などの変化を観察すると、男性対照群はエネルギー摂取が 153 ± 546 kcal/日減少し、その他ほとんどの栄養素摂取量においても減少が観察された(表6-A)。一方、牛乳群ではエネルギーは 156 ± 503 kcal/日増加し、ほとんどの栄養素摂取量の増加が観察され、カリウム、ビタミンE・B₂、食塩において対照群に比べ有意な増加が認められた(表6-A)。なお牛乳摂取量は研究開始前に比べ、対照群で 50 ± 103 ml/日の減少、牛乳群では $48 \text{ ml} \pm 182 \text{ ml/日}$ の増加が認められ、牛乳群の摂取量(265 ± 190 ml/日)は、対照群の約5倍量であった(図1)。男子学生の運動量は、両群とも観察期間中は約40分/週の増加傾向を示した(表6-A)。

女子学生においては対照群と牛乳群共、エネルギー摂取量は有意に減少し、ビタミンDを除く全ての栄養素の減少傾向が観察された(表6-B)。牛乳摂取量は研究開始前に比べ、対照群で 37 ± 119 ml/日の減少、牛乳群では 42 ± 95 ml/日の有意な増加が認められ(表6-B)、牛乳群の摂取量(200 ± 59 ml/日)は、対照群の約4倍量であった(図1)。なお、女性の運動量は両群とも増加傾向を示した(表6-B)。

表6-A 観察期間中の対照群と牛乳群における1日あたりの栄養素、牛乳摂取、日照時間及び運動時間の変化量 (男性)

	男 性			
	対照群 (n=16)		牛乳群 (n=19)	
エネルギー (kcal)	-153 ± 546	(-869~973)	156 ± 503	(-741~1446)
たんぱく質 (g)	-3.4 ± 17.3	(-32.3~23.9)	7.4 ± 21.7	(-25.6~50.3)
脂肪エネルギー比率 (%)	-3.6 ± 7.3	(-17.6~5.2)	-1.3 ± 8.6	(-13.4~18.5)
炭水化物エネルギー比率 (%)	1.5 ± 9.6	(-14.6~19.2)	1.3 ± 9.0	(-17.4~13.6)
カリウム (mg)	-364 ± 512#	(-989~771)	173 ± 683**	(-908~1488)
カルシウム (mg)	1.0 ± 161	(-239~262)	50 ± 258	(-347~478)
リン (mg)	-95 ± 294	(-671~385)	114 ± 275	(-309~545)
鉄 (mg)	-0.6 ± 2.0	(-4.7~3.3)	0.3 ± 2.8	(-7.0~5.8)
ビタミンA (μg)	-112 ± 251	(-527~387)	153 ± 481	(-750~870)
ビタミンD (μg)	-2.1 ± 8.4	(-19.1~13.4)	0.9 ± 6.2	(-13.8~11.4)
ビタミンE (mg)	-2.7 ± 4.1#	(-12.0~2.2)	2.1 ± 6.2*	(-6.6~15.9)
ビタミンB ₁ (mg)	-0.11 ± 0.33	(-0.67~0.50)	0.13 ± 0.40	(-0.55~0.83)
ビタミンB ₂ (mg)	-0.10 ± 0.32	(-0.65~0.37)	0.22 ± 0.48*	(-0.89~1.03)
ビタミンC (mg)	-8 ± 77	(-83~249)	7 ± 62	(-94~127)
コレステロール (mg)	-66 ± 233	(-435~450)	26 ± 223	(-542~539)
食物繊維 (g)	-0.9 ± 2.8	(-5.6~4.7)	1.1 ± 5.3	(-11.5~10.7)
食塩 (g)	-1.4 ± 3.8	(-8.9~4.0)	1.1 ± 3.2*	(-2.5~10.0)
牛乳 (mL)	-50 ± 103	(-343~71)	48 ± 182*	(-200~600)
日照時間 (分/日)	-7 ± 42	(-135~45)	14 ± 69	(-75~270)
運動時間 (分/週)	41 ± 122	(-180~270)	42 ± 150	(-330~300)

平均値±標準偏差

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (対照群と比較)

$p < 0.05$ (観察開始時と終了時の比較)

表6-B 観察期間中の対照群と牛乳群における1日あたりの栄養素、牛乳摂取、日照時間及び運動時間の変化量 (女性)

	女性	
	対照群 (n=21)	牛乳群 (n=19)
エネルギー (kcal)	-265 ± 413 ^{##} (-966~471)	-183 ± 483 ^{##} (-710~966)
たんぱく質 (g)	-8.0 ± 21.8 (-45.9~31.2)	-9.2 ± 24.8 (-38.3~51.0)
脂肪エネルギー比率 (%)	-2.1 ± 6.2 (-14.1~9.6)	-1.3 ± 6.2 (-12.8~16.1)
炭水化物エネルギー比率 (%)	1.9 ± 8.0 (-14.2~16.2)	0.9 ± 8.3 (-19.7~19.0)
カリウム (mg)	-114 ± 703 (-1034~1350)	-285 ± 663 (-1369~996)
カルシウム (mg)	-40 ± 205 (-470~306)	-57 ± 188 (-354~355)
リン (mg)	-98 ± 315 (-653~521)	-171 ± 309 (-657~462)
鉄 (mg)	-0.3 ± 1.8 (-2.7~4.8)	-1.2 ± 3.0 (-6.4~5.6)
ビタミンA (μg)	-44 ± 309 (-658~437)	-75 ± 742 (-1669~1915)
ビタミンD (μg)	2.1 ± 7.0 (-8.2~17.4)	1.0 ± 8.9 (-11.2~26.9)
ビタミンE (mg)	-0.8 ± 4.9 (-8.1~13.5)	-1.8 ± 3.9 (-8.6~4.3)
ビタミンB1 (mg)	-0.06 ± 0.46 (-0.86~1.11)	-0.09 ± 0.29 (-0.56~0.46)
ビタミンB2 (mg)	-0.11 ± 0.40 (-0.73~0.71)	-0.28 ± 0.33 ^{##} (-0.98~0.24)
ビタミンC (mg)	-4 ± 40 (-84~59)	-26 ± 47 (-110~86)
コレステロール (mg)	-94 ± 204 (-496~309)	-64 ± 229 (-543~288)
食物繊維 (g)	-0.9 ± 2.4 (-6.2~4.0)	-1.2 ± 4.3 (-6.4~8.0)
食塩 (g)	-0.5 ± 1.9 (-5.2~3.9)	-1.3 ± 2.4 (-4.9~3.5)
牛乳 (mL)	-37 ± 119 (-371~114)	42 ± 95* (-200~200)
日照時間 (分/日)	-4 ± 27 (-60~60)	3 ± 21 (-30~30)
運動時間 (分/週)	20 ± 65 (-140~150)	32 ± 77 (-80~240)

平均値±標準偏差

* $p < 0.05$ (対照群と比較)

^{##} $p < 0.01$ (観察開始時と終了時の比較)

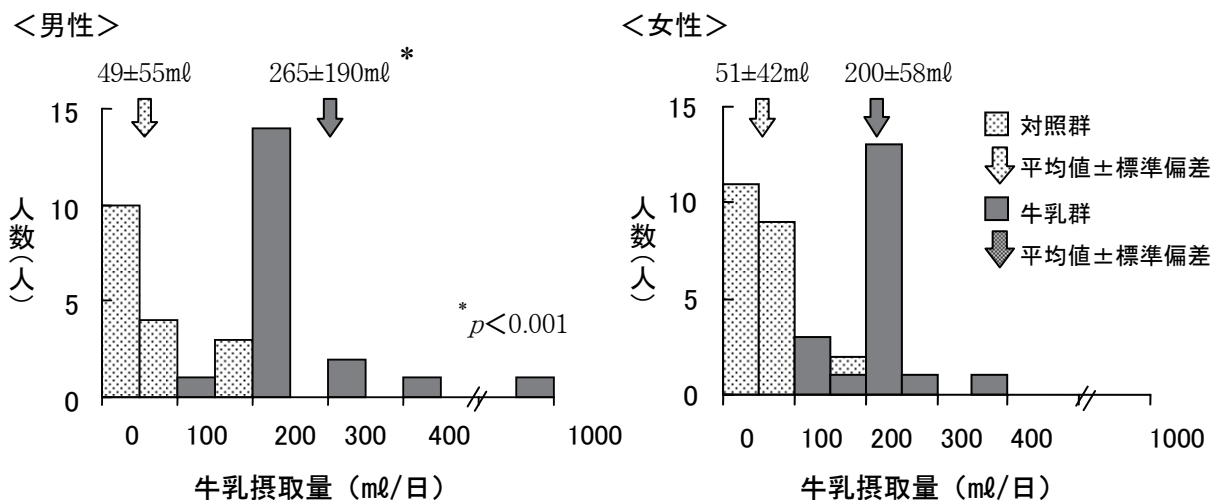


図1 観察期間中の牛乳摂取量の分布

対照群と牛乳群の観察期間中の1日あたりの牛乳摂取量の分布を示す。男性において、牛乳群の平均摂取量は対照群の約5倍量の265±190mlと、有意に高かった($p < 0.001$)。女性において、牛乳群の平均摂取量は対照群の約4倍量の200±58mlが観察された。

6) 研究期間中の対照群と牛乳群の体重変化

研究開始から4週毎に体重の経過観察では、男性は開始4週後に変化はみられなかったが、対照群では8週後から以降16週後まで体重の増加傾向が観察され（図2）、牛乳群では8週後に体重の減少（ $-0.5 \pm 3.2\text{kg}$ ）傾向が観察され、その後も維持された（図2）。

女性では、8週後まで両群とも同様に体重減少が認められ、対照群ではその後も減少、牛乳群ではその後は維持されていた（図2）。

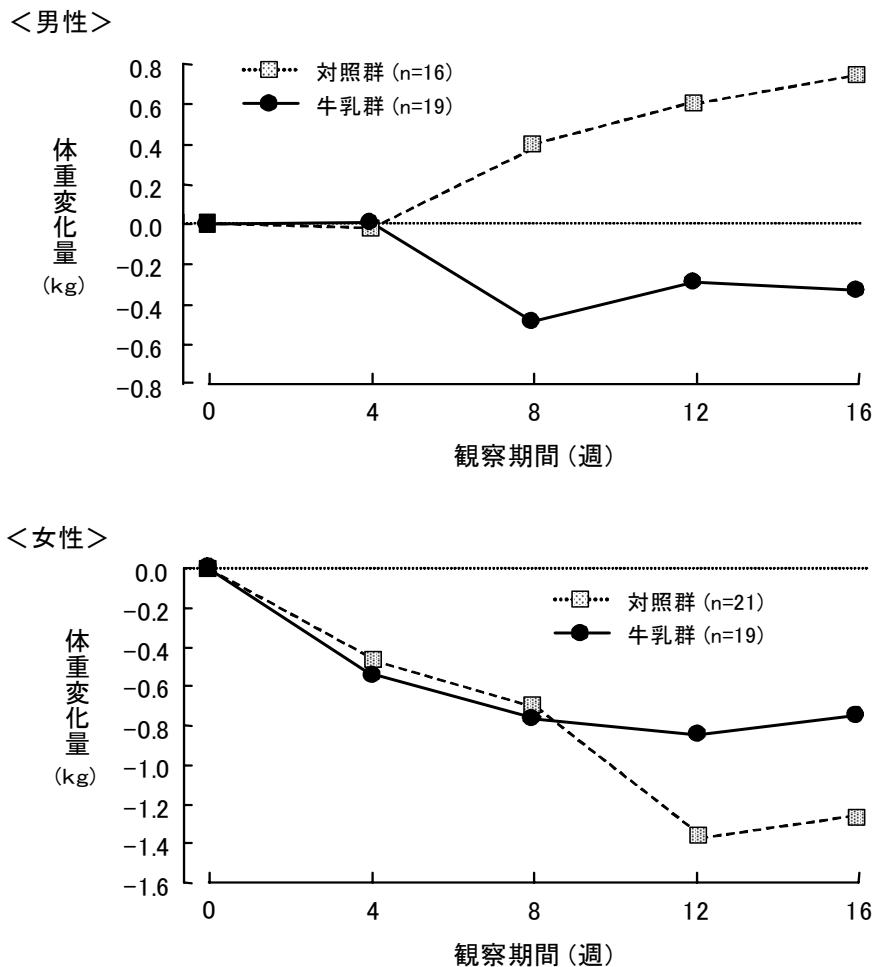


図2 観察期間中の体重の変化

対照群と牛乳群の観察開始0、4、8、12、16週後の体重計による測定体重変化を示す。男性において、開始4週後に変化はみられなかったが、対照群で8週から16週後まで体重増加が観察され、16週後には $0.8 \pm 2.3\text{kg}$ 増加、牛乳群は8週後 $0.5 \pm 3.2\text{kg}$ の体重減少が観察され、その後も体重減少が維持された。女性において、両群とも4週後に減少が認められ、対照群では12週後まで、牛乳群では8週後まで減少傾向が観察され、16週後では対照群 $1.3 \pm 1.6\text{kg}$ 、牛乳群 $0.8 \pm 1.4\text{kg}$ の減少が観察された。

7) 研究期間4ヶ月後の体組成、ウエスト・ヒップ径、血圧、血中脂質等の変化

研究期間4ヶ月後の変化を比較すると、男性において体重は対照群 $0.6 \pm 1.6\text{kg}$ の増加、牛乳群 $0.5 \pm 4.9\text{kg}$ の減少、ウエスト径及びヒップ径は対照群 $-1.0 \pm 2.4\text{cm}$ 、 $-0.3 \pm 4.4\text{cm}$ 、牛乳群 $-1.6 \pm 5.0\text{cm}$ 、 $-0.8 \pm 4.0\text{cm}$ とどちらも減少傾向が観察された(表7-A、図3)。女性の体重変化は対照群 $1.1 \pm 1.9\text{kg}$ の有意な減少、牛乳群 $0.5 \pm 1.3\text{kg}$ の減少傾向が観察され、ウエスト・ヒップ径は両群とも有意な減少が観察された(表7-B、図3)。

男子学生の体脂肪量は、対照群 $0.7 \pm 2.6\text{kg}$ の減少、牛乳群 $1.5 \pm 3.3\text{kg}$ の減少が観察され、体脂肪の減少量のうち内臓脂肪を含む体幹部の減少によるものが、対照群ではわずか10%であったのに対し、牛乳群では40% (0.6kg) を占めていた(表7-A、図4)。筋肉量は両群とも増加した(対照群 $1.2 \pm 1.6\text{kg}$ 、牛乳群 $0.9 \pm 3.2\text{kg}$) (表7-A、図4)。腰椎(L₂-L₄)の骨密度は対照群に有意な減少、大腿骨頸部骨密度は牛乳群に有意な増加が認められた(表7-A、図5)。女子学生においては、全身の体脂肪量は対照群 $0.8 \pm 2.5\text{kg}$ 、牛乳群 $1.0 \pm 1.8\text{kg}$ の減少が観察され、有意差は牛乳群にのみ認められた(表7-B、図4)。その他、牛乳群の筋肉量に増加傾向が認められた(表7-B、図4)。全身骨量は対照群に有意な減少、骨密度は両群共に変化が認められなかった(表7-B、図4・5)。

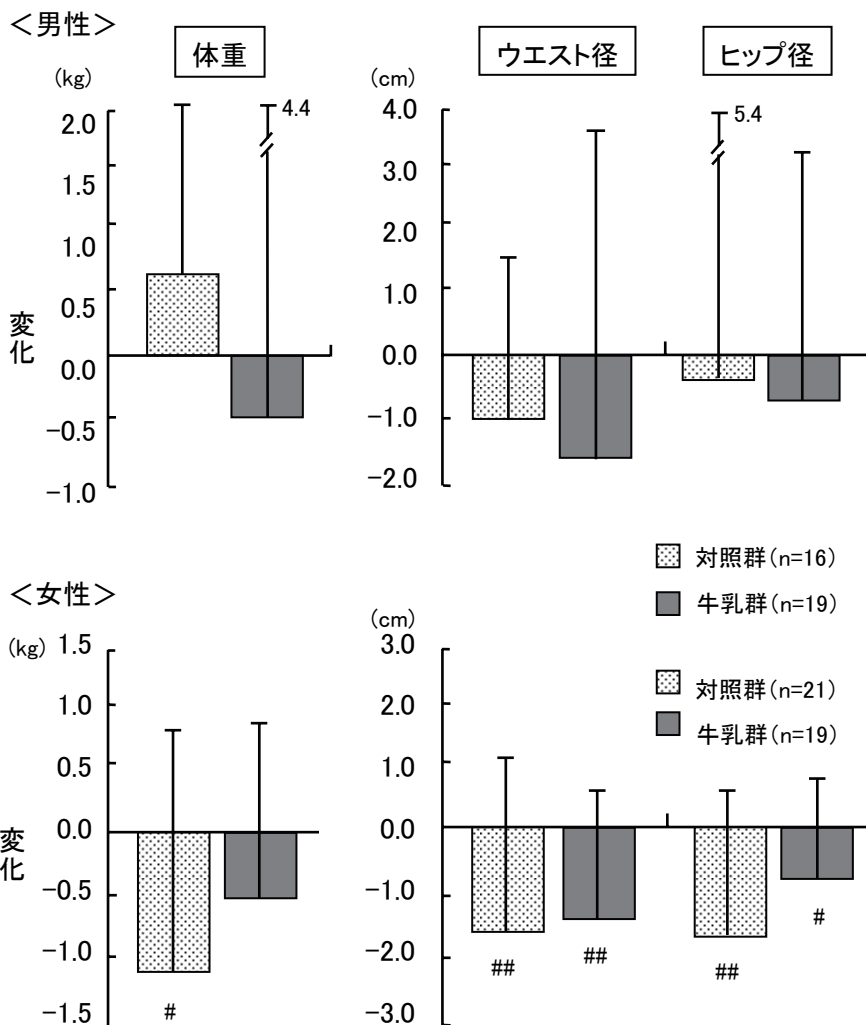


図3 4ヵ月後の体重とウエスト径、ヒップ径の変化

値は平均値±標準偏差。対照群と牛乳群における観察期間4ヶ月の変化を示す。男性において、体重は対照群では $0.6 \pm 1.6\text{kg}$ の増加、牛乳群では $0.5 \pm 4.9\text{kg}$ の減少、ウエスト径及びヒップ径は対照群では $1.0 \pm 2.4\text{cm}$ 、 $0.3 \pm 4.4\text{cm}$ の減少、牛乳群では $1.6 \pm 5.0\text{cm}$ 、 $0.8 \pm 4.0\text{cm}$ の減少が観察されたが、いずれも有意差は認められなかった。

女性において、体重は対照群では $1.1 \pm 1.9\text{kg}$ ($p < 0.05$)、牛乳群では $0.5 \pm 1.3\text{kg}$ の減少が観察され、ウエスト径及びヒップ径は対照群では $1.7 \pm 2.7\text{cm}$ 、 $1.7 \pm 2.3\text{cm}$ の減少、牛乳群では $1.4 \pm 2.1\text{cm}$ 、 $0.9 \pm 1.7\text{cm}$ の有意な減少が観察された。

$p < 0.05$, ## $p < 0.01$ (観察開始時と終了時の比較)

表7-A 4ヶ月後の対照群と牛乳群における体組成、メタボリックシンドロームの項目（血圧、血中脂質、血糖）、カルシウム調節関連因子の変化（男性）

	男 性			
	対照群 (n=16)		牛乳群 (n=19)	
体重 (DXA 法) (kg)	0.6 ± 1.6	(-2.9~3.6)	-0.5 ± 4.9	(-17.7~4.5)
BMI (kg/m ²)	0.2 ± 0.5	(-1.0~1.2)	-0.2 ± 1.7	(-6.1~1.5)
ウエスト径 (cm)	-1.0 ± 2.4	(-4.5~3.5)	-1.6 ± 5.0	(-17.0~5.5)
ヒップ径 (cm)	-0.3 ± 4.4	(-13.5~7.0)	-0.8 ± 4.0	(-10.0~7.0)
体脂肪量 (kg)				
全身	-0.7 ± 2.6	(-3.7~5.6)	-1.5 ± 3.3	(-9.4~3.1)
体幹	-0.1 ± 1.1	(-1.5~2.8)	-0.6 ± 1.7	(-5.6~1.6)
筋肉量 (kg)				
全身	1.2 ± 1.6 [#]	(-2.0~4.2)	0.9 ± 3.2	(-8.1~5.6)
体幹	0.5 ± 1.0	(-0.9~2.2)	0.5 ± 1.7	(-4.2~3.2)
骨量 (kg)				
全身	0.01 ± 0.04	(-0.09~0.08)	-0.01 ± 0.06	(-0.15~0.07)
体幹	0.00 ± 0.03	(-0.05~0.06)	0.00 ± 0.05	(-0.11~0.08)
骨密度 (g/cm ²)				
L ₂ -L ₄	-0.010 ± 0.023 [#]	(-0.072~0.023)	0.003 ± 0.035	(-0.046~0.071)
大腿骨頸部	-0.000 ± 0.044	(-0.064~0.078)	0.057 ± 0.101 [#]	(-0.061~0.115)
血圧 (mmHg)				
最高血圧	-3 ± 13	(-23~23)	-5 ± 11	(-33~17)
最低血圧	2 ± 13	(-14~33)	-8 ± 9 ^{*,##}	(-27~3)
血中脂質 (mg/dL)				
総コレステロール	3 ± 19 ¹	(-42~33)	-2 ± 21 ²	(-39~35)
LDL コレステロール	-3 ± 21 ¹	(-51~23)	-6 ± 16 ²	(-37~16)
HDL コレステロール	7 ± 4 ^{1,###}	(-1~12)	5 ± 9 ^{2,#}	(-10~21)
中性脂肪	-1 ± 69 ³	(-123~129)	-6 ± 35 ²	(-97~43)
血糖 (mg/dL)	1 ± 12 ⁴	(-31~15)	0 ± 8 ²	(-21~13)
25(OH)D (ng/mL)	-11 ± 4 ^{1,###}	(-20~-6)	-6 ± 9 ^{5,#}	(-20~15)
PTH (pg/mL)	2 ± 12 ¹	(-16~32)	8 ± 9 ^{1,##}	(-11~24)
ALP (U/L)	5 ± 33 ¹	(-62~59)	-1 ± 37 ¹	(-62~55)

平均値±標準偏差

**p*<0.05 (対照群と比較)

#*p*<0.05, ##*p*<0.01, ###*p*<0.001 (観察開始時と終了時の比較)

¹ n=13

² n=18

³ n=12

⁴ n=14

⁵ n=17

表7-B 4ヶ月後の対照群と牛乳群における体組成、メタボリックシンドロームの項目（血圧、血中脂質、血糖）、カルシウム調節関連因子の変化（女性）

	女 性	
	対照群 (n=21)	牛乳群 (n=19)
体重 (DXA 法) (kg)	-1.1 ± 1.9 ^{##} (-5.1~2.1)	-0.5 ± 1.3 (-2.4~3.0)
BMI (kg/m ²)	-0.4 ± 0.8 ^{##} (-2.2~0.9)	-0.2 ± 0.5 (-1.0~1.2)
ウエスト径 (cm)	-1.7 ± 2.7 ^{##} (-10.4~2.0)	-1.4 ± 2.1 ^{##} (-5.5~2.0)
ヒップ径 (cm)	-1.7 ± 2.3 ^{##} (-6.5~1.5)	-0.9 ± 1.7 [#] (-4.0~4.0)
体脂肪量 (kg)		
全身	-0.8 ± 2.5 (-9.9~2.7)	-1.0 ± 1.8 [#] (-6.2~1.5)
体幹	-0.3 ± 1.1 (-4.0~1.0)	-0.4 ± 1.1 (-3.3~1.1)
筋肉量 (kg)		
全身	-0.1 ± 2.4 (-3.9~7.3)	0.5 ± 1.9 (-2.2~4.9)
体幹	0.0 ± 1.1 (-1.9~3.7)	0.1 ± 1.5 (-5.2~2.4)
骨量 (kg)		
全身	-0.04 ± 0.10 [#] (-0.35~0.09)	-0.04 ± 0.16 (-0.54~0.06)
体幹	-0.02 ± 0.03 (-0.09~0.04)	0.00 ± 0.07 (-0.26~0.13)
骨密度 (g/cm ²)		
L ₂ -L ₄	-0.010 ± 0.024 (-0.049~0.034)	-0.010 ± 0.020 (-0.054~0.021)
大腿骨頸部	0.005 ± 0.037 (-0.056~0.057)	0.002 ± 0.029 (-0.054~0.067)
血圧 (mmHg)		
最高血圧	-8 ± 10 ^{###} (-27~15)	-10 ± 10 ^{###} (-27~6)
最低血圧	-8 ± 10 ^{##} (-32~11)	-8 ± 11 ^{##} (-30~15)
血中脂質 (mg/dL)		
総コレステロール	4 ± 15 ¹ (-29~38)	0 ± 14 ¹ (-22~25)
LDL コレステロール	9 ± 15 ^{1, #} (-20~37)	6 ± 11 ¹ (-13~26)
HDL コレステロール	-6 ± 6 ^{1, ##} (-15~9)	-5 ± 12 ¹ (-33~17)
中性脂肪	5 ± 20 ¹ (-30~39)	1 ± 15 ² (-34~20)
血糖 (mg/dL)	-1 ± 6 ¹ (-11~11)	1 ± 7 ¹ (-14~16)
25(OH)D (ng/mL)	6 ± 5 ² (-11~11)	6 ± 3 ³ (-14~16)

平均値±標準偏差

$p < 0.05$, ## $p < 0.01$, ### $p < 0.001$ (観察開始時と終了時の比較)

¹ n=15

² n=14

³ n=13

男子学生の最低血圧は牛乳群にのみ有意な減少（表7-A、図6）、LDLコレステロールと中性脂肪は両群とも減少傾向、HDLコレステロールは両群とも有意な増加が認められた（表7-A、図7）。女子学生の血圧は両群とも有意な減少が観察された（表7-B、図6）。女性の対照群においてLDLコレステロールは有意な増加、HDLコレステロールの有意な減少が観察された（表7-B、図7）。

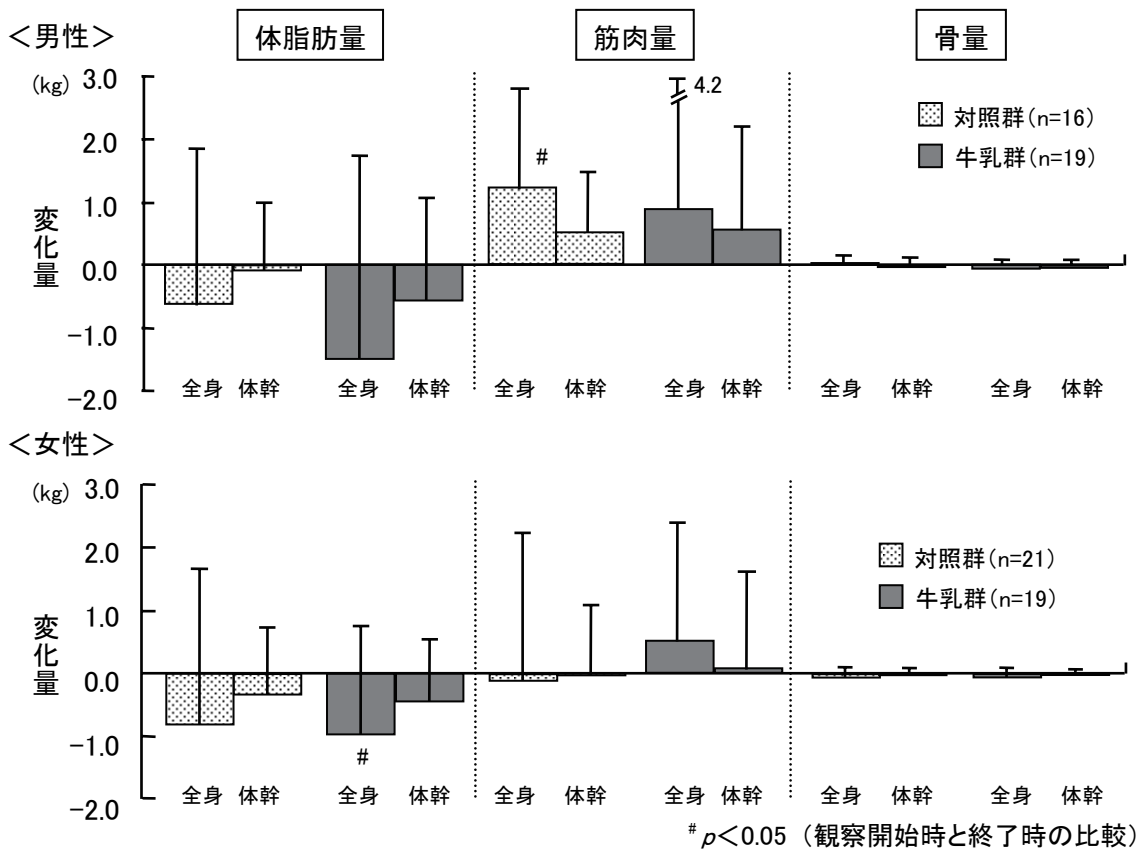


図4 4ヶ月後の全身と体幹の体脂肪量、筋肉量、骨量の変化

値は平均値±標準偏差。対照群と牛乳群における観察期間4ヶ月の変化を示す。男性において、全身の体脂肪量は、対照群 $0.7 \pm 2.6\text{kg}$ の減少、牛乳群 $1.5 \pm 3.3\text{kg}$ の減少傾向が観察され、減少量のうち体幹部の減少によるものが各群10%、40%であった。筋肉量は、両群共増加傾向が観察された。骨量は、両群共変化は認められなかった。女性において全身の体脂肪量は、対照群 $0.8 \pm 2.5\text{kg}$ の減少傾向、牛乳群 $1.0 \pm 1.8\text{kg}$ の有意な減少が観察された。筋肉量は、対照群では減少傾向が観察されたが、牛乳群では増加傾向を示した。骨量は、両群共変化は認められなかった。

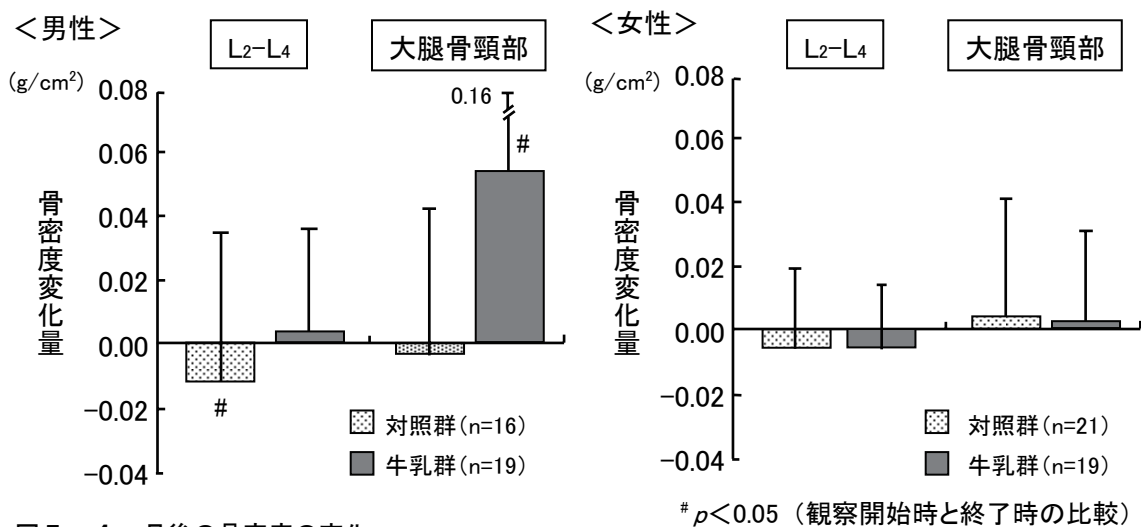


図5 4ヶ月後の骨密度の変化

値は平均値±標準偏差。対照群と牛乳群における観察期間4ヶ月の変化を示す。男性において、L2-L4の骨密度は対照群にのみ有意な減少が認められ、大腿骨頸部の骨密度は牛乳群にのみ有意な増加が観察された。女性において、L2-L4の骨密度は両群とも減少傾向が認められたが、大腿骨頸部では減少は認められなかった。

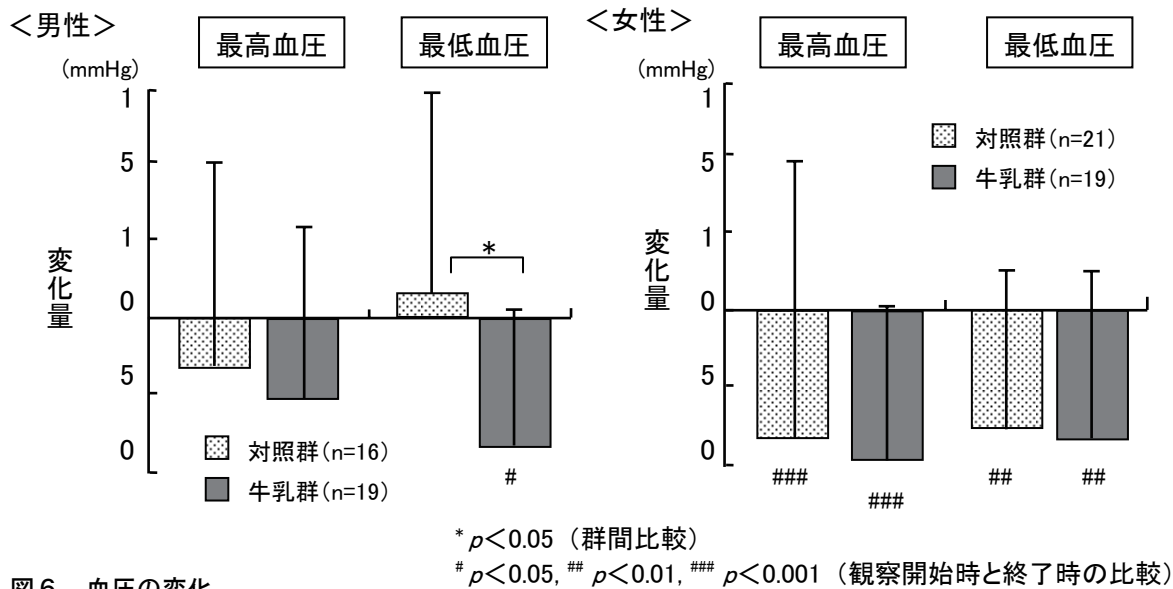


図6 血圧の変化

値は平均値±標準偏差。対照群と牛乳群における観察期間4ヶ月の変化を示す。男性において、最高血圧は両群共減少傾向が観察され、最低血圧は対照群 2 ± 13 mmHgの増加、牛乳群 8 ± 9 mmHgの有意な減少が観察された。女性において、最高及び最低血圧は両群共 $8 \sim 10$ mmHgの有意な減少が観察された。

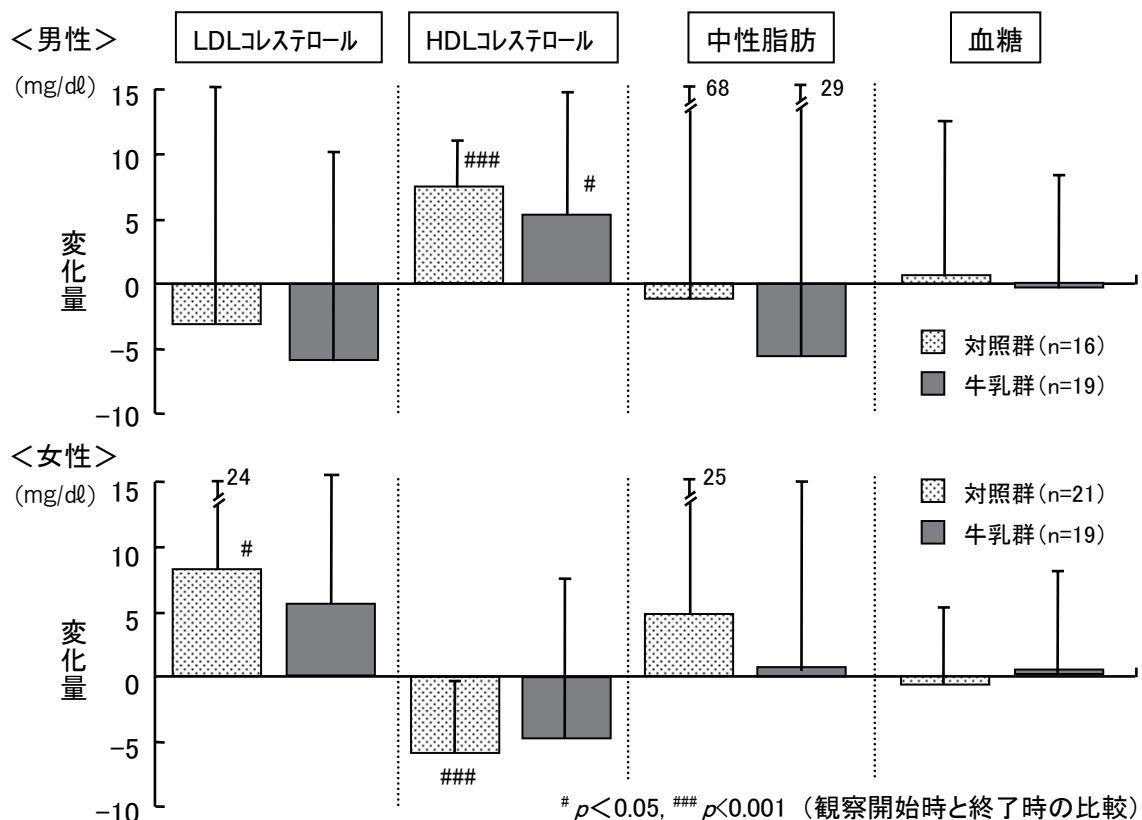


図7 4ヵ月後の血中脂質と血糖の変化

値は平均値±標準偏差。対照群と牛乳群における観察期間4ヶ月の変化を示す。男性において、LDLコレステロール及び中性脂肪は両群共減少傾向、HDLコレステロールは両群共有意な増加が観察され、血糖は変化は認められなかった。女性においては、対照群にLDLコレステロールの有意な増加とHDLコレステロールの有意な低下が観察され、血糖は変化が認められなかった。

8) メタボリックシンドロームの危険因子の変化

研究開始前・後でメタボリックシンドロームの4つの危険因子（ウエスト径、高血圧、高脂血症、高血糖）に該当した男子学生の割合を比較すると、研究開始前では対照群12項目（9人）、牛乳群15項目（12人）が該当したが、4ヶ月の研究終了後、対照群では10項目（8人）、牛乳群では7項目（6人）へと減少しており、メタボリックシンドロームの危険因子の項目変化数において牛乳群に有意な減少が認められた（図8）。また、研究開始前に存在した対照群（2名）、牛乳群（4名）のメタボリックシンドロームあるいは予備群に該当する者は、研究終了後には各群ともそれぞれ1名に減少した（表8）。

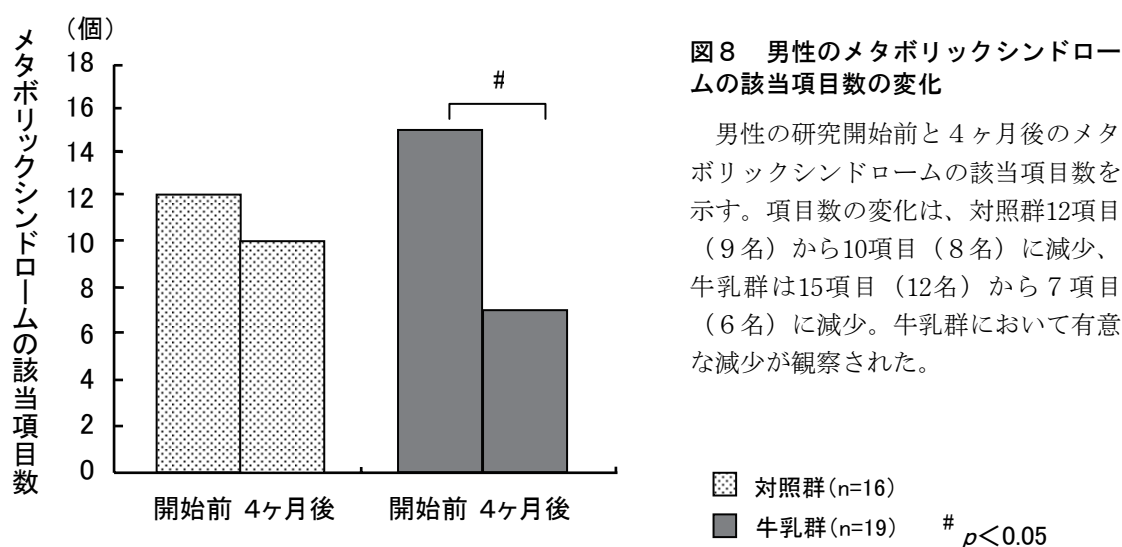


表8 メタボリックシンドロームの項目該当者における4ヶ月後の変化（男性）

		対照群				牛乳群			
		開始前		4ヶ月後		開始前		4ヶ月後	
		該当者数	%	該当者数	%	該当者数	%	該当者数	%
ウエスト径	85cm 以上	3	18.8	2	12.5	4	21.1	2	10.5
血圧	最高血圧 130mmHg 以上	5	31.3	6	37.5	6	31.6	5	26.3
	最低血圧 85mmHg 以上	0	0	0	0	4	21.1	1	5.3
血中脂質	中性脂肪 150mg/dL 以上	3	18.8	1	8.3	1	5.3	0	0
	HDL コレステロール 40mg/dL 未満	0	0	1	7.7	2	10.5	0	0
空腹時血糖値	110mg/dL 以上	1	6.3	0	0	1	5.3	0	0
メタボリックシンドロームが強く疑われる者 ¹		1	6.3	0	0	1	5.3	0	0
メタボリックシンドローム予備群 ²		1	6.3	1	8.3	3	15.8	1	5.6

全ての項目において両群とも有意差無し

¹ ウエスト径 85cm 以上かつ項目 2 つ以上該当

² ウエスト径 85cm 以上かつ項目 1 つ該当

【考 察】

牛乳摂取は肥満や高コレステロールなどメタボリックシンドロームのリスクを高めるのか、また、骨粗鬆症の予防効果は期待できるのかについて、一般人や医師の間でも広く疑問が持たれている。そこで男性で筋肉増加や女性の痩せ願望の強い若者たちを対象とし、4ヶ月にわたり牛乳摂取による体脂肪やメタボリックシンドロームへの影響を、体組成分析、骨密度測定、血液生化学検査値の変化を観察することにより検証した。

これまでの我々の研究から、4ヶ月間の栄養と運動改善によるダイエットにおいて、牛乳をタイミングよく摂取することにより、筋肉量は保持または増加させながら、体脂肪量を減少させ、ウエスト径や血圧、LDLコレステロールを低下させる効果が観察されている⁴⁷⁾。しかしながら、個体差によるバラつき、対象数の不足から統計的に有意差が出ないことが多く、科学的根拠は十分とは言えない。そこで今回、新しく対象者を募り、さらに検討を重ねた。

男子学生(18~32歳)35名と女子学生40名(18~30歳)を対象に、4ヶ月間の適切な食生活と運動指導を行い、加えて牛乳を毎日1本(200ml)夕食前に飲む牛乳群と飲まなくてもよい対照群に分かれ観察したところ、牛乳群において、男女共に体脂肪量は減少傾向が示され(表7、図4)、血圧は低下し、LDLコレステロールと中性脂肪は増加せず(図6・7)、骨密度(大腿骨頸部)は増加が示唆された(表7、図5)。特にメタボリックシンドロームの該当項目を多く持つ若年男性において、牛乳摂取による該当項目の有意な減少効果が認められた(表8、図8)。これらのことから、4ヶ月にわたり食事や運動など適切な生活習慣を継続しながら毎日1本(200ml)以上の牛乳を飲み続けることは、体脂肪量の減少、血圧低下、骨密度上昇効果がある可能性が示唆された。このように誰でも簡単に安価に実行できる牛乳を毎日摂取する習慣は、メタボリックシンドローム予防や治療のためには極めて経済的で有効な栄養療法の一つであろう。

牛乳による血圧低下効果は、今回の研究では男性において顕著に表れたが(図7)、先行研究では女性の牛乳群においても同様に最低血圧の低下が認められたことから⁴⁾、おそらく牛乳成分であるカルシウムなどに血圧降下作用があるのでないかと考えられる¹⁹⁾。なお、先行研究とは異なり今回の結果では、女性の対照群においても牛乳群と同様の血圧低下が観察された。これは今回の対照群において体脂肪の顕著な減少が観察されたため、血圧低下に影響を与えた可能性が推測される。

骨密度において、男性では対照群の腰椎(L₂-L₄)に有意な減少、牛乳群の大腿骨頸部に増加(図5)が観察されたが、女性では男性のように牛乳摂取による差は認められなかった。これは、観察期間中の牛乳群の摂取量は、男性265±190ml/日、女性200±58ml/日であり、対照群に比べると牛乳を4~5倍多く摂取していたものの(図1)、女性での牛乳摂取が200ml/日とさほど多くなかったためか、あるいは女性の運動量の増加が少なかったためかもしれない(表6)。

何より興味深かった結果は、男性対象者のうち、観察開始前に既にメタボリックシンドロームが2名(対照群1名、牛乳群1名)、予備群が4名(対照群1名、牛乳群3名)も存在したこと、

しかし、研究終了後にはメタボリックシンドロームは0名、予備群は2名（対照群1名、牛乳群1名）に減少したことである。わずか4ヶ月間、食事など生活習慣を改善したことによりこの成果を挙げられたことは驚くべきことである（表8）。研究開始前のメタボリックシンドロームあるいは予備群に該当した6名全員において、危険因子の改善効果が認められ、とりわけ牛乳摂取によるメタボリックシンドローム改善効果が顕著となったことは驚くべき結果であった。国による特定健康検査・特定保健指導実施がこの4月から始まったが、その成果などが既に危ぶまれている。今回のこれらの研究結果をぜひ参考にしてほしい。

女性対象者の中には、メタボリックシンドロームや予備群に該当者はいなかったが、ダイエットを希望する学生であり、減量ばかりを目的にして応募した者が多かった。中にはBMIが18.5未満の痩せ者も5名いた（12.2%）。病的な痩せであるにも関わらず、さらに痩せたいという願望をもつ対象者がこのように高頻度で存在していることは、若年女性における将来の健康への大きな不安因子である。このような対象者にこそ牛乳摂取による筋量の増加を勧めなければならない。

なお、牛乳摂取を4ヶ月にわたり毎日継続するという、コンプライアンスを得るためには、全く無作為に2群に分けることは不可能であり、研究開始前から対照群の牛乳摂取量は低い傾向が観察された（表3）。しかし、4ヶ月のダイエット中には、対照群において牛乳摂取量が一層減少していた（表6）ことから、ダイエットや食事制限、痩せたいという願望は、牛乳の摂取量をより一層減少させてしまう実態を再認識させられた。

以上のことから、今回の4ヶ月にわたる若年男女を対象とした介入研究から、毎日の牛乳摂取は筋肉量を維持したまま体脂肪を減少させ、血圧の低下、LDLコレステロールや中性脂肪を維持し、牛乳摂取がメタボリックシンドローム予防に有効である可能性が強く示唆された。加えて、男性の骨密度の増加が観察されたことから、短期間の牛乳摂取でも骨代謝に良好な影響を及ぼす可能性も示唆された。メタボリックシンドロームを減少させることは医療費高騰、保険財政の危機に面している日本にとって最大の命題の一つであろう。今回の結果より、若年時からの牛乳摂取による体脂肪減少、筋量の増加、血圧低下などによるメタボリックシンドロームのリスクの低減効果が示唆されたことは心強い。なお今回の研究成果だけでなく、これまでの数年にわたる研究成果を合わせ、全ての対象数によって、より一層の綿密な統計的な解析を行いたい。今後、さらに問題点（開始時の牛乳摂取量の偏り、牛乳や乳製品の質的差、少ない体重減少、観察期間など）を考慮した研究計画や栄養、運動指導を行い、より確実で的確な科学的根拠を得られるよう研究したい。

【参考文献】

- 1) 厚生労働省 健康局総務課生活習慣病対策室：平成 17 年国民健康・栄養調査結果。
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoubu07/01.html>. 厚生労働省, 2007.
- 2) Hirota T, Nara M, Ohguri M, Manago E, Hirota K., Effect of diet and lifestyle on bone mass in Asian young women. *Am J Clin Nutr* 55(6): 1168-1173, 1992.
- 3) 広田孝子, 広田憲二: 女性と生活習慣. 新女性医学大系 11 リプロダクティブヘルス: 30-51, 2001.
- 4) 広田孝子, 友兼泉, 青江智子, 池田晴佳: ダイエット (減量)中の若年女性において牛乳・乳製品の摂取は体脂肪の減少に影響を与えるか? 平成 15 年度牛乳栄養学術研究会委託研究報告書: 191-206, 2004.
- 5) 広田孝子, 川崎泉, 池田晴佳, 青江智子: 若年男性における 4 ヶ月間の牛乳の増加が体脂肪量と筋肉量にどのような影響を及ぼすのか—牛乳摂取によるメタボリックシンドロームのリスク低下の検討—. 平成 18 年度牛乳乳製品機能性実証調査事業報告書, 2007.
- 6) 広田孝子, 今井奈保子, 越山香里, 楠知子, 村田斉潔, 濱田健次郎: 社会人アメリカンフットボール選手において練習直後の牛乳摂取を伴った栄養指導は疲労回復や競技力向上に有効であろうか. 平成 13 年度牛乳栄養学術研究会委託研究報告書: 199-211, 2002
- 7) 広田孝子, 今井奈保子, 越山香里, 楠知子: 現代社会における若年スポーツ選手貧困な食生活の是正と練習効果向上のための疲労の軽減を目的とした食事介入効果の判定. *デサントスポーツ科学* 24: 162-169, 2003.
- 8) Lin YC, Lyle RM, McCabe LD, McCabe GP, Weaver CM, Teegarden D: Dairy calcium is related to changes in body composition during a two-year exercise intervention in young women. *J Am Coll Nutr* 19(6): 754-760, 2000.
- 9) Zemel MB, Shi H, Greer B, Dirienzo D, Zemel PC: Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB* 14(9): 1132-1138, 2000.
- 10) Elwood PC, Pickering JE, Fehily AM: Milk and dairy consumption, diabetes and the metabolic syndrome: the Caerphilly prospective study. *J Epidemiol community Health* 61(8): 695-698, 2007.
- 11) Ruidavets JB, Bongrard V, Dallongeville J, Arveiler D, Ducimetiere P, Perret B, Simon C, Amouyel P, Ferrieres J: High consumption of grain, fish, dairy products and combination of these are associated with a low prevalence of metabolic syndrome. *J Epidemiol community Health* 61(9): 810-817, 2007.
- 12) Liu S, Song Y, Ford ES, Manson JE, Buring JE, Ridker PM: Dietary calcium, vitamin D, and the prevalence of metabolic syndrome in middle-aged and older U.S. women. *Diabetes Care* 28(12): 2926-2932, 2005.
- 13) Azadbakht L, Mirmiran P, Esmailzadeh A, Azizi F: Dairy consumption is inversely associated with the prevalence of the metabolic syndrome in Tehran adults. *Am J Clin Nutr* 82(3): 523-530, 2005
- 14) Jacqmain M, Doucet E, Despres JP, Bouchard C, Tremblay A: Calcium intake, body composition, and lipoprotein-lipid concentrations in adults. *Am J Clin Nutr* 77(6): 1448-1452, 2003.
- 15) Gunther CW, Legowski PA, Lyle RM, McCabe GP, Eagan MS, Peacock M, Teegarden D: Dairy products do not lead to alterations in body weight or fat mass in young women in a 1-y intervention. *Am J Clin Nutr* 81(4): 751-756, 2005.

- 16) Snijder MB, van der Heiden AA, van Dam RM, Stehouwer CD, Hiddink GJ, Nijpels G, Heine RJ, Bouter LM, Dekkre JM: In higher dairy consumption associated with lower body weight and fewer metabolic disturbances? The Hoorn Study. *Am J Clin Nutr* 85(4): 989-995, 2007.
- 17) 日本動脈硬化学会編: 動脈硬化性疾患診療ガイドライン 2002 年版. 日本動脈硬化学会, 2002.
- 18) 第一出版編集部編: 厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準 [2005 年版]. 第一出版, 2005.
 - 19) Bucher HC, Cook RJ, Guyatt GH, Lang JD, Cook DJ, Hatala R, Hunt DL: Effects of dietary calcium supplementation on blood pressure. A meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA* 275(13): 1016-1022, 1996.