

女子大学生を対象とした 牛乳摂取による体脂肪制御効果に関する介入研究調査

独立行政法人 国立健康・栄養研究所 上級研究員 熊江 隆

調査・研究形態 : 共同

研究の分類 : 介入試験による疫学的研究

研究課題・研究期間 : 平成 19 年 4 月～平成 20 年 1 月

報告日 : 平成 20 年 1 月 31 日

目 次

I. 要 約	122
II. はじめに	123
III. 研究組織	123
IV. 研究成果	123
IV-1. 被験者（選出、群分け、調査及び測定項目）	123
IV-2. 身体計測及び骨密度	125
IV-3. 身体・生活状況に関するアンケート	129
IV-4. 心理状況・疲労に関するアンケート	131
IV-5. 一般血清生化学検査	135
IV-6. 一般血液検査及び血液像	138
IV-7. アディポサイトカイン	140
IV-8. 血清の抗酸化バランス	142
IV-9. 栄養素摂取調査	146
IV-10. 毛髪中のミネラル分析	150
V. 総 括	151
謝 辞	153

I. 要 約

本研究においては、特記すべき運動習慣等を有せず、朝夕の食事が供給される大学の学生寮で集団生活を行っている Body Mass Index (BMI) でやせ傾向の女子大生を対象に、牛乳の摂取による体脂肪の制御効果に関する介入研究を6ヶ月間行った。本研究では、牛乳を摂取させる被験者を開始時の体脂肪率で低体脂肪群(15名)と高体脂肪群(14名)の2に分け、牛乳を摂取する習慣の無い女子大生を対照群(10名)として選出した。

6ヶ月間の介入研究において、開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回、骨密度の測定を含む身体計測を行い、同時に採血を行って一般血清生化学検査、一般血液検査、血漿中アディポサイトカイン濃度、及び血清の酸化還元バランスを測定した。さらに、生活・身体状況、心理状況・疲労、及び食事摂取状況に関するアンケートを行った。

被験者を BMI が 18.5 (kg/m²) から 20.0 の間で募集したが、開始時の BMI の平均値は低体脂肪群 18.5、高体脂肪群 20.1、及び対照群 19.2、であった。皮脂厚法で求めた高体脂肪群の体脂肪率は調査時期で有意に変動し、6ヵ月後に有意に低下した。インピーダンス法と皮脂厚法の平均でみても、高体脂肪群の体脂肪率は6ヵ月後に低下する傾向を示しており、牛乳摂取による体脂肪制御効果の可能性も考えられる。

血漿中アディポサイトカイン濃度は、3群共にほぼ同一レベルであった。Leptin は、対照群では6ヶ月後に有意に増加、低体脂肪群と高体脂肪群では6ヶ月後に上昇傾向がみられた。Adiponectin は、3群共に3ヶ月後に低下、6ヶ月後に開始時より上昇するという同一の傾向を示した。一方、TNF α は3群全てで6ヵ月後に有意に増加し、Leptin の上昇傾向は TNF α の有意の増加と関連している可能性も考えられる。

血清の酸化還元バランスにおいて、総酸化還元能 (TAA) は生体内の酸化還元能の重要な指標と考えられている。対照群では TAA が3ヶ月後と6ヶ月後に有意に著しく低下したが、この低下が高体脂肪群では軽減され、低体脂肪群では無くなったとも考えられ、牛乳摂取によって生体内の酸化還元能が改善した可能性も示唆される。

栄養素摂取量は、牛乳摂取により低体脂肪群と高体脂肪群では大きく変動し、特にカルシウム、リン、ビタミン B2、及びパントテン酸で著しく増加した。一方、この両群でエネルギー摂取量は3ヶ月後と6ヵ月後に増加傾向を示したが、有意差は認められなかった。食品群別の摂取量でも、「乳類」の摂取量が3ヶ月後と6ヵ月後に 300 ～ 400 g 増加しており、1日 500mL で全期間の摂取率が 90 %であった事をよく反映していると思われる。

キーワード：アディポサイトカイン、アンケート調査、一般血液検査、一般血清生化学検査、酸化還元バランス、女子大生、身体計測

II. はじめに

牛乳は良質のたんぱく質源、吸収の良いカルシウム源として栄養指導の場で年代を問わず、摂取量の増加が薦められている。しかし、日本人はカルシウムを牛乳・乳製品から 25 %程度しか摂取しておらず、カルシウム摂取量は毎年の国民健康・栄養調査で所要量を充足していない。特にこの 10 年は、骨粗しょう症予防の観点から牛乳摂取による骨密度増加の効果が研究面でも検討されている。さらに近年、牛乳の新たな作用についての研究が進められており、体脂肪の制御効果が報告されている。若年女性の「やせ願望」によるダイエットについても、減量経験者では骨密度が低いことが指摘されており、骨粗しょう症予防の観点からも看過できない問題である。したがって、牛乳摂取による体脂肪制御が有効に働けば、骨などの除脂肪組織を維持しつつ、体脂肪の減少あるいは適切な体脂肪量の維持が可能になると考えられる。

運動習慣のない若年女性においては、やせ傾向による骨密度への影響が懸念される一方で、皮下脂肪量の多い隠れ肥満の存在が指摘されている。そこで、本研究においては、Body Mass Index でやせ傾向の女子大生を対象に、牛乳の摂取による体脂肪の制御効果に関する介入研究を行う事とした。牛乳を摂取させる被験者に対し、牛乳を摂取する習慣の無いやせ傾向の女子大生を対照群とし、牛乳摂取の影響を明確にすることを計画した。

牛乳摂取による除脂肪組織及び体脂肪量の変動への影響をみる目的で、骨リモデリングに要する期間を考慮して、介入研究の期間は 6 ヶ月間とした。これら牛乳を摂取させる群と摂取習慣の無い群の両群の被験者に対し、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の 3 回、超音波法による右踵骨の骨密度の測定を含む身体計測を行い、同時に採血を行って一般血清生化学検査と一般血液検査に加えて血漿中アディポサイトカイン濃度と血清の抗酸化バランスの測定を行った。さらに、生活・身体状況、心理状況・疲労、及び食事摂取状況に関するアンケートを行った。また、本研究においては、開始時と 6 ヶ月後の 2 回毛髪を採取し、カルシウムの生体内への移行を毛髪中カルシウム濃度の推移として観察する事を試みた。

III. 研究組織

研究代表者：熊江 隆 （(独) 国立健康・栄養研究所・健康増進プログラム・上級研究員）

研究分担者：金子 佳代子 （横浜国立大学・教育人間科学部・教授）

大森 佐與子 （大妻女子大学・社会情報学部・教授）

研究協力者：堀 美稚 （大妻女子大学・加賀寮・寮監長）

古泉 佳代 （東京学芸大学大学院連合・学校教育学研究科・大学院生）

IV. 研究成果

IV - 1. 被験者（選出、群分け、調査及び測定項目）

IV - 1 - 1. 被験者の選出

本研究は、平成 19 年度牛乳学術研究委託事業契約の成立後、独立行政法人 国立健康・栄養研究所の研究倫理審査委員会（疫学研究部会）に研究計画を申請し、2007 年 5 月に承認を得た。本研究においては、特記すべき運動習慣等を有せず、大学の学生寮で集団生活を行っているやせ傾向の女子学生を対象とした。

始めに某大学の学生寮に調査の許可を得た。ついで、某大学の学生寮において、全寮生に対して本研究の目的、内容、危険性等について概略を説明した。同時に学生寮の許可を得て、やせ傾向の者（Body Mass Index（BMI）が 18.5 から 20.0 の間）を対象者とする事等を明記した被験者募集のポスターを寮内の集会所等に掲示した。興味を持った学生を出来るだけ少人数のグループとなるように調整し、学生に対して詳細に本研究の目的、内容、危険性等を説明した。また、調査の途中でもなんら損害をこうむることなく辞退できる事を明確に説明した。牛乳摂取群として、毎日 500mL（250mL のロングライフ牛乳 2 個）を摂取し、毎日の摂取状況を記録することを条件とした。対照群としては、同じ学生寮で集団生活を行っているやせ傾向の女子学生であって、牛乳を摂取する習慣の無い者とした。

以上の過程でインフォームド・コンセントを得て被験者となる事に同意した学生には、文書にて同意を確認した。調査開始は 2007 年 6 月とし、初回の調査直後より牛乳摂取群への牛乳の配布を開始した。被験者となる事に同意した学生は、初回調査の時点では牛乳摂取群 37 名、対照群 11 名であった。しかし、初回調査を自己都合で欠席した被験者が 6 名、及び退寮等の理由で 2 名の被験者が開始から 1 ヶ月以内に調査を辞退した。そのために被験者は牛乳摂取群 30 名、対照群 10 名となったが、牛乳摂取群の 1 名が 3 ヶ月目の調査直前に調査を辞退した。したがって、本研究に協力した被験者は牛乳摂取群 29 名、対照群 10 名であった。

IV - 1 - 2. 被験者の群分け

運動習慣のない若年女性においては、やせ傾向による骨密度への影響が懸念される一方で、皮下脂肪量の多い隠れ肥満の存在が指摘されている。そこで、体格的には、「やせ傾向」であっても一般学生の場合には隠れ肥満に近い者も存在すると考えられ、体脂肪率で低体脂肪群と高体脂肪群の 2 群に分け、牛乳の摂取による隠れ肥満の改善に関しても検討を行う事を計画した。

体脂肪率の測定には、タニタ社製体脂肪計（Inner Scan）を用いたインピーダンス法（標準モード）で行った。しかし、インピーダンス法による体脂肪率の測定には問題点も指摘されている。そこで、栄研式皮脂厚計を用い、上腕部と背部の皮脂厚を測定し、長嶺の式より身体密度を求め、Brozek の式より体脂肪率（皮脂厚法）を計算した。これら 2 種の体脂肪率の平均値は、single-mode dual-energy X-ray absorptiometry（DEXA）法で求めた体脂肪率と非常に良く相関（ $n=78$ 、 $r^2=0.97$ ）したと報告されている¹⁾。

インピーダンス法と皮脂厚法で求めた調査開始時（6 月）の被験者の体脂肪率で、牛乳摂取群を低体脂肪群と高体脂肪群の 2 群に分ける事とした。群分けの条件として、低体脂肪群は① 2 種

の体脂肪率の平均値が 25.0 %未満である者とし、②インピーダンス法と皮脂厚法のどちらか一方の測定法において体脂肪率が 25.0 %以上であった者を除く、とした。①の条件を満たす被験者は 18 名であったが、②の条件に該当するものが 3 名含まれていた。そこで、牛乳摂取群を低体脂肪群 15 名と高体脂肪群 14 名の 2 群に分ける事とした。

IV - 1 - 3. 調査及び測定項目

調査は、開始時（6 月）、3 ヶ月後（9 月）、及び 6 ヶ月後（12 月）の 3 回行った。調査日の 2 ～ 3 日前に各被験者に調査日の注意書きと同封して食事摂取状況のアンケートを送付した。被験者に対し、調査日の前日は通常行っている身体活動以上の運動等を禁止し、21 時以降の飲食も水以外は禁止した。調査日は起床から絶飲食とし、学生寮より国立健康・栄養研究所まで徒歩でゆっくりと移動させた。当該研究所内に調査会場を設置し、被験者を確認しながら調査当日の受付用紙を手渡しした。身体計測のために衣服を着替えさせ、当日の健康状態等の簡単なアンケートを行った。身体計測の項目は、身長、体重、体脂肪量、筋肉量、骨量、及び皮脂厚である。身体計測後に、超音波法による踵骨の骨密度の測定を行った。次に、採血前に十分な安静時間を置くことも考慮して、身体・生活状況に関するアンケートと心理状況・疲労に関するアンケートを行った。採血は座位安静状態で肘静脈より行った。得られた血液の一部を室温 30 分静置・凝固後、4℃、3000rpm、15 分の遠心分離を行って血清を分離した。血清の一部は一般血清生化学検査に用いた。血糖の測定には、NaF を含んだ真空採血管で採取した血液より得た血清を用いた。また、血清の一部はポリプロピレン製のチューブに分注して - 75℃以下で保存し、抗酸化バランスの測定に用いた。さらに、得られた血液の一部を EDTA-2K で抗凝固し、一般血液検査及び血液像検査を行った。また、血液の一部を EDTA-2K で抗凝固後、速やかに氷冷し、4℃、3000rpm、15 分の遠心分離を行って血漿を分離し、ポリプロピレン製のチューブに分注して - 75℃以下で保存し、アディポサイトカインの測定に用いた。

プライバシー保護のために、調査当日の受付用紙、アンケート類、及び採血の試験管まで全て被験者の氏名は記載せず、被験者にランダムに割り付けた番号のみを記載した。また、毛髪は開始時と 6 ヶ月後の 2 回、別途にインフォームド・コンセントを得て、採取を行った。

統計的検定方法としては、低体脂肪群（15 名）、高体脂肪群（14 名）、及び対照群（10 名）の 3 群において、調査時期と群での二元配置分散分析（ANOVA）を行った。群毎に 6 ヶ月間の変動を検定する際には、ANOVA の Repeated Measures を行った。各測定項目別の群間の比較には一元配置分散分析（ANOVA）を用いた。また、群間の分布の差異は χ^2 二乗検定で検討した。毛髪のデータに関しては、開始時と 6 ヶ月後の間で対応のある t 検定を行った。

IV - 2. 身体計測及び骨密度

身体計測は、調査の開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の 3 回行った。体重、筋肉量、骨量、及

び体脂肪率はタニタ社製の体脂肪計（Inner Scan）を用いて測定した。衣服の重量による影響を避けるために、体重等の測定後に測定時に着用していた衣服の重量を測定し、体重等の補正を行った。また、皮脂厚法による体脂肪率は、榮研式皮脂厚計で上腕部と背部の皮脂厚を測定し、長嶺の式と Brozek の式より計算した。身長は身長計で測定し、身長と体重から BMI を算出した。さらに、超音波法による右踵骨の骨密度の測定を開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回行った。超音波法による踵骨の骨密度は、ALOKA 社の AOS-100 を使用し、音速と透過指標から計算された音響的骨評価値を指標とした。

図1に低体脂肪群（15名）、高体脂肪群（14名）、及び対照群（10名）の身長の平均値の変動を示した。高体脂肪群の平均身長は158cmで3群中では最も低かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差（ $p < 0.05$ ）が認められた。また、群毎に6ヶ月間の変動を Repeated Measures で検定した。3群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3回の調査において群間には全く有意差は認められなかった。

図2に体重の平均値の変動を示した。体重の平均値は身長とは逆に高体脂肪群が最も高く50.4kgであった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差（ $p < 0.001$ ）が認められた。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。3群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、低体脂肪群と高体脂肪群では調査時期による有意の変動は認められなかった。しかし、対照群では3ヵ月後と6ヵ月後の間に有意差（ $p < 0.05$ ）が認められた。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3回の調査において群間には全く有意差は認められなかった。

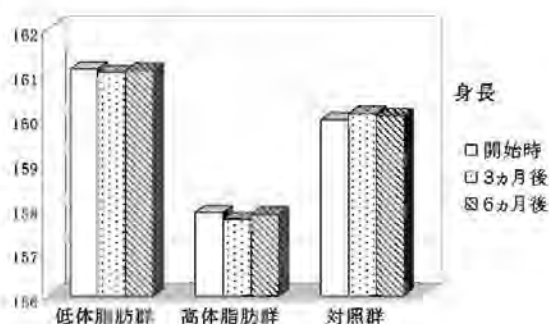


図1. 身長の変動

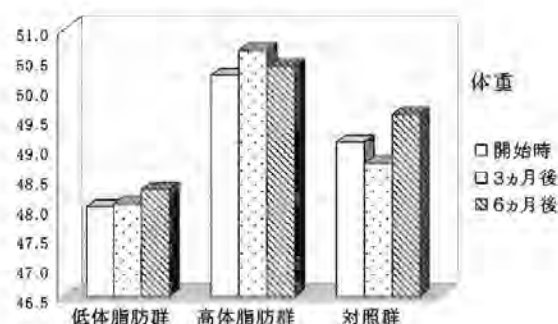


図2. 体重の変動

次に、BMI の平均値の変動を図3に示した。BMI の平均値は体重と同様に高体脂肪群が最も高く 20.1 kg/m^2 であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差（ $p < 0.001$ ）が認められた。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。3群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較を一元配置分散分析で行った。開始時では低体脂肪群と高体脂肪

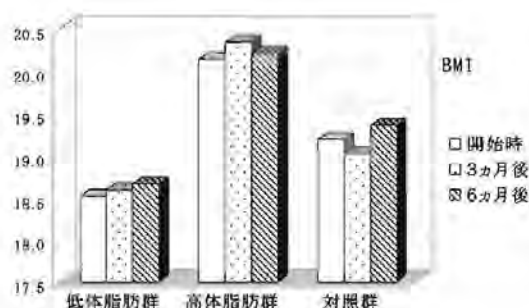


図3. BMIの変動

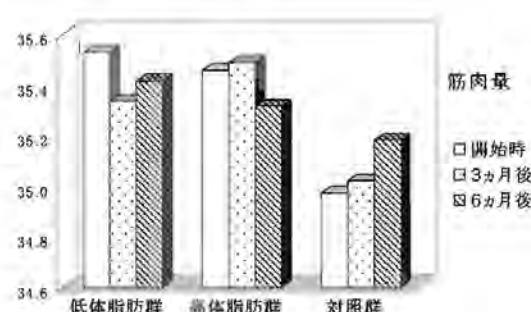


図4. 筋肉量の変動

群の間 ($p < 0.01$)、3ヵ月後では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.01$) 及び高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、6ヵ月後では低体脂肪群と高体脂肪群間 ($p < 0.01$) に有意差が認められた。

図4に筋肉量の平均値の変動を示した。平均値は対照群が3群中では最も低かったが、3群ともほぼ同程度であり、調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。群毎の6ヶ月間の変動をみても、3群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3回の調査において群間には全く有意差は認められなかった。

全身の骨量をインピーダンス法で求め、平均値の変動を図5に示した。骨量の平均値は対照群が3群中では最も低かったが、3群ともほぼ同程度であり、調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、群にも有意差は認められなかった。群毎の6ヶ月間の変動をみても、3群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3回の調査において群間には全く有意差は認められなかった。

図6にインピーダンス法で求めた体脂肪率の平均値の変動を示した。体脂肪率で群分けを行ったが、インピーダンス法で求めた開始時の低体脂肪群の体脂肪率の平均値は21.4%、高体脂肪群では25.1%であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差 ($p < 0.05$) が認められた。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。低体脂肪群と高体脂肪群では被験者間に有意差（共に $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。一方、対照群では被験者間にも調査時期にも有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較においては、開始時では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.01$)

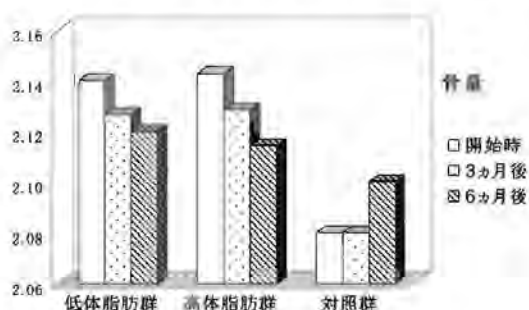


図5. 骨量の変動

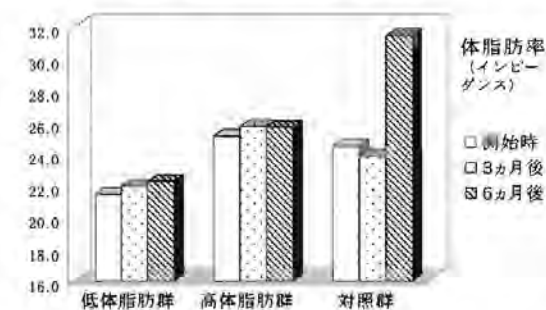


図6. 体脂肪率（インピーダンス法）の変動

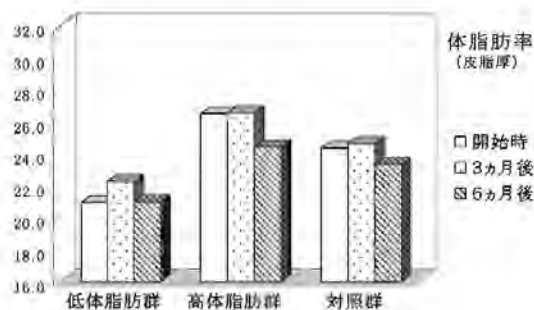


図 7. 体脂肪率（皮脂厚法）の変動

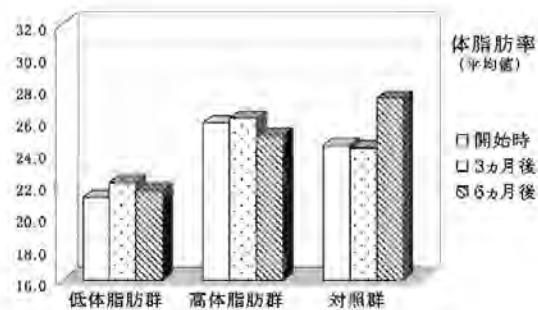


図 8. 体脂肪率（2法の平均）の変動

及び低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、3ヵ月後では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.01$) に有意差が認められた。しかし、6ヵ月後では3群間に有意差は認められなかった。

次に、皮脂厚法で求めた体脂肪率の平均値の変動を図7に示した。体脂肪率で群分けを行ったが、皮脂厚法で求めた開始時の体脂肪率の平均値は低体脂肪群 20.9 %、高体脂肪群 26.5 %であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差 ($p < 0.001$) が認められた。群毎に6ヶ月間の変動を検定したが、低体脂肪群と対照群では被験者間に有意差（それぞれ $p < 0.001$ と $p < 0.05$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。一方、高体脂肪群では被験者間には有意差が認められず、調査時期で有意に変動し、開始時と6ヵ月後の間 ($p < 0.05$) 及び3ヵ月後と6ヵ月後の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。調査毎の群間の比較においては、開始時では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.001$) 及び低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.01$)、3ヵ月後では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.001$) 及び低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、6ヵ月後では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.01$)、に有意差が認められた。

DEXA 法で求めた体脂肪率と非常に良く相関すると報告⁹⁾されたインピーダンス法と皮脂厚法の平均を用いる方法で求めた体脂肪率の平均値の変動を図8に示した。2法の平均で求めた開始時の低体脂肪群の体脂肪率の平均値は 21.2 %、高体脂肪群では 25.8 %であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差 ($p < 0.001$) が認められた。群毎に6ヶ月間の変動を検定したが、低体脂肪群と高体脂肪群では被験者間に有意差（それぞれ $p < 0.001$ と $p < 0.01$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。一方、対照群では被験者間にも調査時期にも有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較においては、開始時では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.001$) 及び低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.01$)、3ヵ月後では低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.001$) 及び低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、6ヵ月後では低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。

骨密度は、超音波法で右の踵骨を測定 (ALOKA 社、AOS-100) し、音速と透過指標から計算された音響的骨評価値を指標とした。音響的骨評価値の平均値の変動を図9に示した。音響的骨評価値の開始時の平均値は低体脂肪群が3群中では最も低く 103.4 %であった。しかし、調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。群毎の

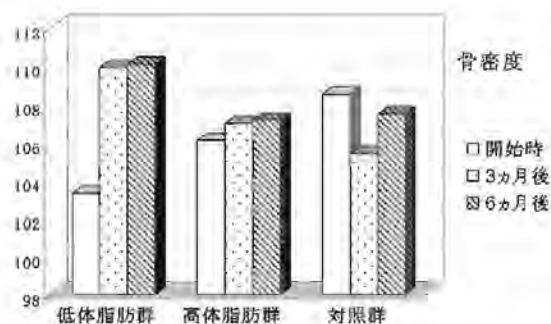


図9. 骨密度の変動

6ヶ月間の変動をみても、3群共に被験者間では有意差（低体脂肪群； $p < 0.01$ 、高体脂肪群と対照群； $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3回の調査において群間には全く有意差は認められなかった。

引用文献

- 1) Byrne NM, Hills AP, Hunter G, Weinsier RL, Schutz Y. Metabolic equivalent : one size does not fit all. J Appl Physiol, 2005 ; 99 : 1112-9.

IV - 3. 身体・生活状況に関するアンケート

6ヶ月間の介入研究において、開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回、身体計測及び採血と同時に身体・生活状況に関するアンケートを行った。

既往歴をみると、アトピー・喘息といったアレルギー性疾患の既往を持つものが低体脂肪群では15名中で2名、高体脂肪群では14名中で2名、及び対照群では10名中で1名と多かった。また、骨折の経験を経験する者も多く、低体脂肪群では3名、高体脂肪群では2名、及び対照群では1名であった。また、既往症としてヘルニア、虫垂炎、水疱瘡、肺炎、中耳炎、自律神経失調症、貧血、及び急性胃炎の回答があった。

現在の状況についても、アトピー性皮膚炎を経験する者が低体脂肪群と高体脂肪群に1名ずつ存在した。また、高体脂肪群には食物アレルギーがあると回答した者が1名いた。調査期間中に膀胱炎（2名）、外耳炎（1名）、及び小指の骨折（1名）となった者が低体脂肪群に存在した。

身体状況として生理に関する質問を行った。初経年齢は3群共に最も早いのは11歳であった。初経の平均年齢は、低体脂肪群 12.3歳（標準偏差 1.2歳）、高体脂肪群 12.0歳（標準偏差 1.1歳）、及び対照群 12.7歳（標準偏差 1.3歳）であった。現在の生理の状況について、3回の調査全てにおいて「ほぼ定期的にある」と回答した者は、低体脂肪群 8名（53.3%）、高体脂肪群 9名（64.3%）、及び対照群 8名（80.0%）であった。一方、3回の調査において2回以上「不順」あるいは「止まっている」と回答した者は、低体脂肪群 3名（20.0%）、高体脂肪群 5名（35.7%）、及び対照群 1名（10.0%）であった。この生理の状況に関して3群で χ^2 乗検定を行ったが、3群間に有意差は認められなかった。

減量に関しては、「中学生から現在までに減量した経験がありますか」という設問に対して、「経験あり」と回答した者は、低体脂肪群 3名、高体脂肪群 4名、及び対照群 2名であり、最若年は13歳であった。減量期間は2週間から6ヶ月間まであり、最も減量したものでは10kgと回答していた。

次に、生活状況として、睡眠状況に関する質問を行った。睡眠時間は4時間から8時間の間であった。平均睡眠時間は、低体脂肪群 5.7 時間（標準偏差 0.9 時間）、高体脂肪群 6.3 時間（標準偏差 1.0 時間）、及び対照群 6.1 時間（標準偏差 0.7 時間）であった。平均的な就寝時刻は、午後 11 時から午前 3 時までに分布しており、被験者全体では午前 0 時が 17 名、次に午前 1 時が 8 名と回答していた。また、平均的な起床時刻は、午前 5 時 30 分から午前 8 時までに分布しており、被験者全体では午前 7 時が 20 名、次に午前 6 時 30 分が 11 名と回答していた。一方、睡眠状態について、熟睡感や寝つき等に関する質問を行った。3 回の調査全てにおいて「熟睡感有り」と回答した者は、低体脂肪群 3 名（20.0 %）、高体脂肪群 7 名（50.0 %）、及び対照群 4 名（40.0 %）であった。逆に、3 回の調査全てにおいて「熟睡感が無かった」者は、低体脂肪群 6 名（40.0 %）、高体脂肪群 2 名（14.3 %）、及び対照群 4 名（40.0 %）であった。この睡眠状態に関して 3 群で χ^2 二乗検定を行ったが、3 群間に有意差は認められなかった。

喫煙と飲酒に関する質問を行った。調査した学生寮では喫煙と飲酒は厳重に禁止されていた。しかし、「タバコを吸うことがありますか」という設問に対して、「ある」と回答した者が、低体脂肪群と対照群に 1 名ずつ存在し、過去に吸っていた事があると回答した者が、対照群に 1 名存在した。飲酒習慣に関しては、「お酒を飲むことがありますか」という設問に対して、「ある」と回答した者が、低体脂肪群では 12 名、高体脂肪群では 12 名、及び対照群では 10 名全員であった。また、ほぼ毎日飲酒している者が、低体脂肪群に 2 名、高体脂肪群に 2 名、及び対照群に 1 名、存在した。飲酒を開始した年齢で最も早いのは 13 歳であった。飲酒開始の平均年齢は、低体脂肪群 18.7 歳（標準偏差 1.0 歳）、高体脂肪群 17.5 歳（標準偏差 2.6 歳）、及び対照群 18.2 歳（標準偏差 1.5 歳）であった。

生活状況に関連してビタミン剤、鉄剤、プロテイン、健康補助食品などの食事に加えて補給しているものを調査した。これらに関して「使用している」と回答した者は、低体脂肪群 3 名、高体脂肪群 5 名、及び対照群 2 名であった。使用していたものは、ビタミン剤、鉄剤、健康補助食品であり、プロテインの使用は無かった。

運動習慣と運動経験をみる目的で、中学時代から現在までの運動の種目や頻度等に関する質問を行った。中学時代に体育の授業以外で運動をしていた者は、低体脂肪群では 12 名、高体脂肪群では 12 名、及び対照群では 7 名であった。被験者全体で運動種目（複数回答）をみると、陸上競技とテニスが 6 名ずつで最も多く、次いでバレーボールとバスケットボールが 5 名ずつであった。高校時代では、低体脂肪群では 7 名、高体脂肪群では 6 名、及び対照群では 5 名と 3 群全てで運動をしていた人数が減少した。被験者全体で運動種目をみると、バドミントンが 4 名で最も多く、次いでダンスとバスケットボールが 3 名ずつであった。現在（大学時代）の授業以外の運動状況をみると、クラブ活動として行っているものは、低体脂肪群のダンス 1 名のみであった。週に 1 回以下程度でのサークル活動として運動をおこなっている者は、低体脂肪群 5 名、高体脂肪群 4 名、及び対照群 1 名であり、被験者全体で運動種目（複数回答）をみると、バスケットボールが

5名で最も多かった。学校の登下校時に歩く・階段を使用するなど、日常生活で身体活動量を多くするように気をつけている被験者は、低体脂肪群に3名と高体脂肪群に4名存在した。

健康に関する関心の程度をみる目的で、「健康に関して気をつけている事がありますか」という質問を行った。3回の調査全てにおいて「はい」と回答した者は、低体脂肪群5名（33.3 %）、高体脂肪群7名（50.0 %）、及び対照群2名（20.0 %）であった。一方、3回の調査において2回以上「いいえ」と回答した者は、低体脂肪群7名（46.7 %）、高体脂肪群5名（35.7 %）、及び対照群5名（50.0 %）であった。この健康に関する関心の程度に関して3群で χ^2 乗検定を行ったが、3群間に有意差は認められなかった。

また、調査を繰り返すことで教育効果が出ることが期待された。そこで、「前回の調査以降に食事や身体活動量が変化したと思いますか」との質問を設けた。3ヵ月後あるいは6ヵ月後のいずれか一方だけでも「はい」と回答した者は、低体脂肪群7名（46.7 %）、高体脂肪群6名（71.4 %）、及び対照群3名（30.0 %）であった。一方、2回共に「いいえ」と回答した者は、低体脂肪群8名（53.3 %）、高体脂肪群8名（57.1 %）、及び対照群7名（70.0 %）であった。この教育効果に関しても3群で χ^2 乗検定を行ったが、3群間に有意差は認められなかった。

IV - 4. 心理状況・疲労に関するアンケート

IV - 4 - 1. 心理状況の変化

6ヶ月間の介入研究において、調査の開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回、心理状況・疲労に関するアンケートを行った。心理状況の変化をみる目的で Profile of Mood State (POMS) を用い、粗得点を T-Score に変換した後に統計的検討を行った。

図 10 に低体脂肪群（15 名）、高体脂肪群（14 名）、及び対照群（10 名）の POMS の「緊張」の平均値の変動を示した。POMS の「緊張」は対照群が高い傾向を示し、開始時では対照群の平均が 44.2 と 3 群中で最も高かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、群に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を Repeated Measures で検定した。3 群共に被験者間では有意差（低体脂肪群； $p < 0.01$ 、高体脂肪群と対照群； $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時では高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。しかし、3ヵ月後と6ヵ月後では3群間に有意差は認められなかった。

POMS の「抑うつ」の低体脂肪群、高体脂肪群、及び対照群の平均値の変動を図 11 に示した。POMS の「抑うつ」も「緊張」と同様に対照群が高い傾向を示し、開始時では対照群の平均が 42.0 と 3 群中で最も高かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、群に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定した。3 群共に被験者間では有意差（低体脂肪群； $p < 0.01$ 、高体脂肪群と対照群； $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3ヵ月後、

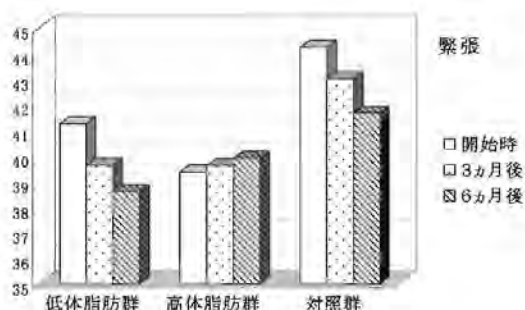


図 10. POMS の緊張の変動

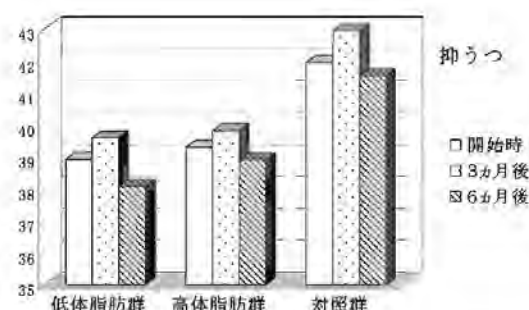


図 11. POMS の抑うつの変動

及び6ヵ月後の全てで3群間に有意差は認められなかった。

次に、図 12 に低体脂肪群、高体脂肪群、及び対照群の POMS の「怒り」の平均値の変動を示した。POMS の「怒り」も対照群が高い傾向を示し、開始時では対照群の平均が 44.9 と 3 群中で最も高かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、群に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定した。3 群共に被験者間では有意差 (低体脂肪群と高体脂肪群; $p < 0.01$ 、対照群; $p < 0.001$) が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3ヵ月後、及び6ヵ月後の全てで3群間に有意差は認められなかった。

心理状況の変化をみる POMS で唯一のポジティブな成分である「元気」の平均値の変動を図 13 に示した。開始時では「元気」の平均値は低体脂肪群が高い傾向を示し、平均 53.2 であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定した。3 群共に被験者間では有意差 (低体脂肪群; $p < 0.05$ 、高体脂肪群と対照群; $p < 0.001$) が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3ヵ月後、及び6ヵ月後の全てで3群間に有意差は認められなかった。

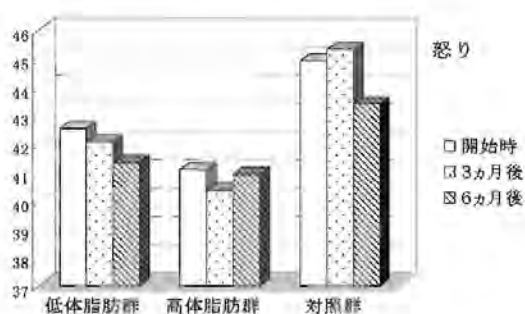


図 12. POMS の怒りの変動

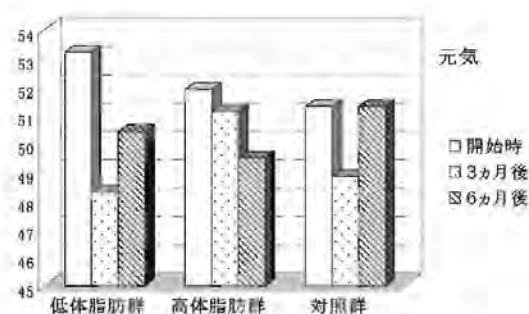


図 13. POMS の元気の変動

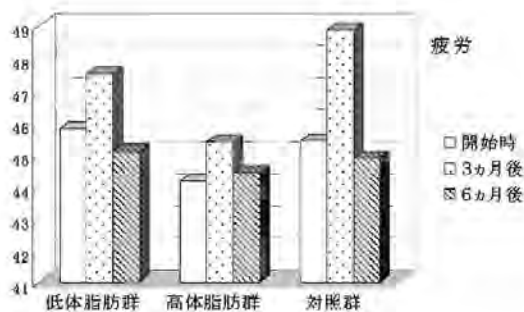


図 14. POMS の疲労の変動

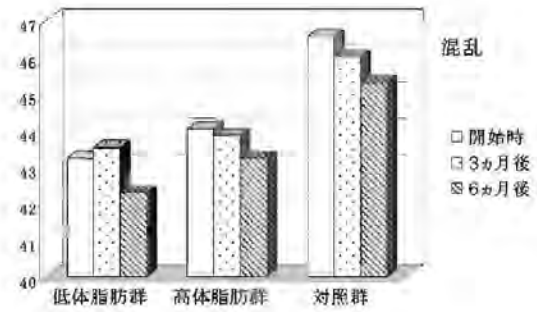


図 15. POMS の混乱の変動

POMS の「疲労」の平均値の変動を図 14 に示した。POMS の「疲労」の平均値も「元気」と同様に開始時では低体脂肪群が高い傾向を示し、平均 45.8 であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、「元気」と同様に調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定した。3 群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

図 15 に POMS の「混乱」の平均値の変動を示した。POMS の「混乱」も「緊張」、「抑うつ」と同様に対照群が高い傾向を示し、開始時では対照群の平均が 46.6 と 3 群中で最も高かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、「元気」及び「疲労」と同様に調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定した。3 群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

全体的な心理状況の指標として、POMS の「緊張」、「抑うつ」、「怒り」、「疲労」、及び「混乱」の 5 成分を合計し、唯一ポジティブな成分である「元気」を合計値から差し引いた Total Mood Disturbance (TMD) を求めた。図 16 に 3 群の TMD の平均値の変動を示した。POMS の TMD は、「緊張」、「抑うつ」、及び「混乱」の結果を反映してか対照群が高い傾向を示し、開始時では対照群の平均が 171.7 と 3 群中で最も高かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定した。3 群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.01$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

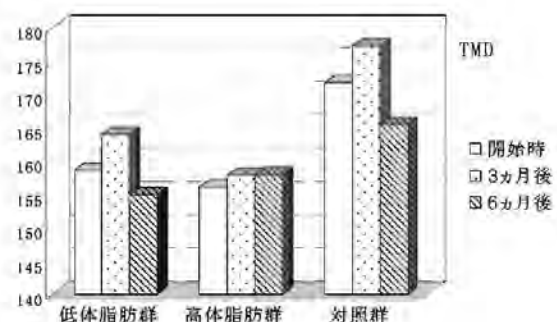


図 16. POMS の TMD の変動

IV - 4 - 2. 疲労感の変化

6ヶ月間の介入研究において、調査の開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回、疲労に関するアンケートとして、産業衛生学会の主観的疲労度調査を行った。結果を3成分毎に示したが、各成分はそれぞれ10点満点であり、第1成分は「眠気・だるさ」、第2成分は「注意集中の困難」、第3成分は「局在した身体違和感」の疲労のカテゴリーを示している。

図17に低体脂肪群、高体脂肪群、及び対照群の主観的疲労度の第1成分の平均値の変動を示した。第1成分は、高体脂肪群が低い傾向を示し、開始時では高体脂肪群の平均が3.1と3群中で最も低かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に6ヶ月間の変動をRepeated Measuresで検定した。3群共に被験者間では有意差（高体脂肪群； $p < 0.01$ 、低体脂肪群と対照群； $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3ヵ月後、及び6ヵ月後の全てで3群間に有意差は認められなかった。

次に、主観的疲労度の第2成分の平均値の変動を図18に示した。第2成分も開始時では、高体脂肪群が低い傾向を示し、平均2.0であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。3群共に被験者間では有意差（対照群； $p < 0.01$ 、低体脂肪群と高体脂肪群； $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時、3ヵ月後、及び6ヵ月後の全てで3群間に有意差は認められなかった。

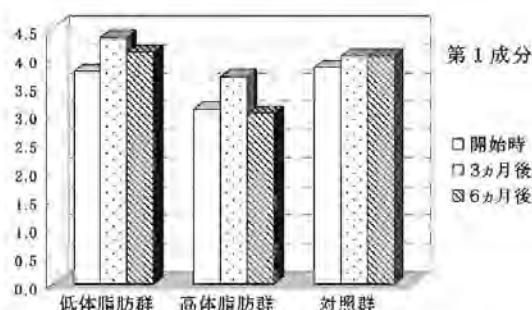


図 17. 主観的疲労度の第1成分の変動

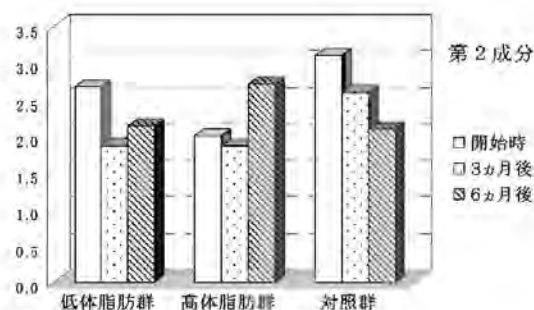


図 18. 主観的疲労度の第2成分の変動

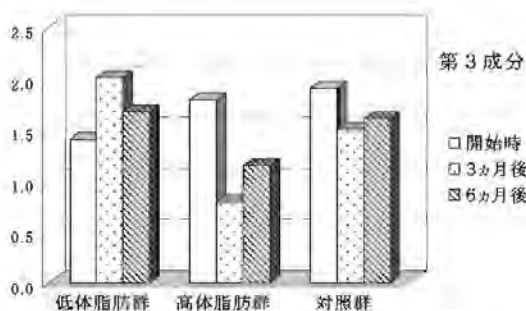


図 19. 主観的疲労度の第3成分の変動

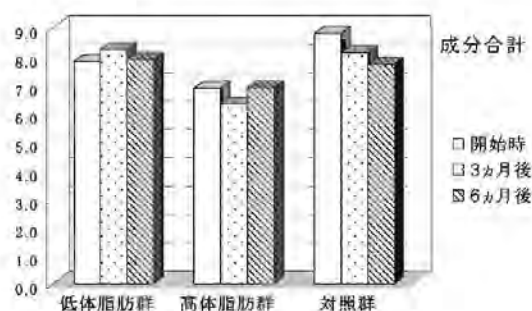


図 20. 主観的疲労度の成分合計の変動

図 19 に低体脂肪群、高体脂肪群、及び対照群の主観的疲労度の第 3 成分の平均値の変動を示した。開始時では第 3 成分は、低体脂肪群が低い傾向を示し、低体脂肪群の平均が 1.4 と 3 群中で最も低かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定したが、3 群共に被験者間では有意差（低体脂肪群； $p < 0.01$ 、高体脂肪群； $p < 0.05$ 、対照群； $p < 0.001$ ）が認められた。低体脂肪群と対照群では調査時期による有意の変動は認められなかったが、高体脂肪群では開始時と 3 ヶ月後の間に有意差（ $p < 0.05$ ）が認められた。しかし、調査毎の群間の比較では、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

次に、第 1 成分「眠気・だるさ」、第 2 成分「注意集中の困難」、及び第 3 成分「局在した身体違和感」の疲労のカテゴリーを合計し、主観的疲労度の成分合計の平均値の変動を図 20 に示した。成分合計では、高体脂肪群が低い傾向を示し、開始時の平均は 6.9 であった。調査時期と群で二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定した。3 群共に被験者間では有意差（全て $p < 0.001$ ）が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較でも、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

IV - 5. 一般血清生化学検査

6 ヶ月間の介入研究において、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の 3 回の調査時に座位安静状態で肘静脈より採血を行った。得られた血液の一部を室温 30 分静置・凝固後、4℃、3000rpm、15 分の遠心分離を行って血清を分離した。血糖（Glu）は、NaF を含んだ真空採血管で採取した血液より得た血清を用いて測定した。一般血清生化学検査は血清分離後、速やかに行った。

表 1 に血清中タンパク質と窒素化合物関連として、総タンパク質（TP）、アルブミン量（Alb）、血中尿素窒素（BUN）、尿酸（UA）、クレアチニン（Cre）、及び総ビリルビン（TBil）の変動を示した。TP、Alb、UA、及び TBil は 6 ヶ月間の研究期間で低下する傾向を示したが、調査時期と群での二元配置分散分析では TP、Alb、及び UA の調査時期に有意差（それぞれ $p < 0.001$ 、 $p < 0.01$ 、及び $p < 0.05$ ）が認められた。また、Alb では群にも有意差（ $p < 0.001$ ）が認められた。

次に、群毎に 6 ヶ月間の変動を Repeated Measures で検定したが、低体脂肪群では TP の開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.01$ ）及び 3 ヶ月後と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、Alb の開始時と 3 ヶ月後の間（ $p < 0.01$ ）及び開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、UA の開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、及び TBil の開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、に有意差が認められた。高体脂肪群では TP の開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.01$ ）及び 3 ヶ月後と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.01$ ）、UA の開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）及び 3 ヶ月後と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、及び TBil の開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、に有意差が認められた。また、対照群では TP の開始時と 3 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、開始時と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.001$ ）、及び 3 ヶ月後と 6 ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、Alb の開始時と 3 ヶ月

後の間 ($p < 0.01$) 及び開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.01$)、UA の開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、及び TBil の 3 ヶ月後と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。

さらに、調査毎の群間の比較では、開始時には全ての項目で 3 群間に有意差は認められなかった。しかし、Alb では 3 ヶ月後の低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.001$) と高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、及び 6 ヶ月後の低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。また、TBil の 3 ヶ月後では低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。

表 1. 血清中タンパク質、窒素化合物関連の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後
TP	7.69 (0.42)	7.59 (0.33)	7.35 (0.30)	7.81 (0.55)	7.86 (0.44)	7.44 (0.39)	7.91 (0.27)	7.61 (0.36)	7.36 (0.41)
Alb	4.74 (0.31)	4.53 (0.22)	4.55 (0.17)	4.87 (0.31)	4.82 (0.19)	4.75 (0.26)	4.84 (0.19)	4.59 (0.20)	4.60 (0.21)
BUN	10.9 (1.9)	12.1 (2.1)	11.5 (2.3)	10.4 (2.1)	11.6 (1.8)	10.8 (1.8)	11.2 (2.6)	11.2 (2.0)	11.2 (2.4)
UA	4.76 (0.63)	4.54 (0.54)	4.46 (0.74)	4.55 (0.83)	4.57 (1.00)	4.06 (0.66)	4.59 (0.86)	4.30 (0.50)	4.02 (0.72)
Cre	0.64 (0.06)	0.65 (0.07)	0.62 (0.04)	0.65 (0.07)	0.66 (0.08)	0.63 (0.07)	0.65 (0.07)	0.66 (0.06)	0.63 (0.07)
TBil	0.76 (0.30)	0.68 (0.23)	0.61 (0.29)	0.76 (0.33)	0.72 (0.26)	0.60 (0.20)	0.85 (0.48)	0.94 (0.44)	0.71 (0.27)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

エネルギー・脂質代謝に関連した血清生化学検査として、総コレステロール (TChol)、中性脂肪 (TriG)、及び血糖 (Glu) の測定を行い、表 2 にこれらの変動を示した。TChol と TriG は 6 ヶ月間の研究期間で上昇する傾向を示し、Glu は低下する傾向を示した。調査時期と群での二元配置分散分析では、Glu の調査時期に有意差 ($p < 0.001$) が認められ、TriG の群に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

次に、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定したが、低体脂肪群では Glu の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.05$) 及び開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。高体脂肪群では TChol の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、及び Glu の開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。また、対照群では Glu の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.01$) 及び開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.001$) に有意差が認められた。

さらに、調査毎の群間の比較では、Glu には 3 回の調査全てで 3 群間に有意差は認められなかった。しかし、TChol では 3 ヶ月後の低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.05$)、TriG では開始時と 3 ヶ月後共に低体脂肪群と対照群の間 (共に $p < 0.05$) に有意差が認められた。

表 2. 血清中エネルギー・脂質代謝関連の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後
TChol	164 (21)	168 (19)	174 (17)	166 (16)	186 (28)	179 (34)	178 (17)	179 (15)	183 (17)
TriG	49.0 (12.2)	44.7 (17.3)	50.5 (18.8)	54.3 (12.0)	56.6 (14.9)	66.4 (43.2)	67.0 (28.1)	62.1 (22.7)	59.3 (19.7)
Glu	93.2 (5.5)	88.4 (6.3)	88.1 (6.4)	94.4 (5.6)	91.6 (7.0)	89.2 (6.8)	96.6 (5.0)	90.8 (4.9)	89.3 (3.9)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

血清中ミネラルに関連した血清生化学検査として、ナトリウム (Na)、塩素イオン (Cl)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、及び血清鉄 (Fe) の測定を行い、表 3 にこれらの変動を示した。Ca は 6 ヶ月間の研究期間で低下する傾向を示した。調査時期と群での二元配置分散分析では、Na、Ca、及び Fe の調査時期に有意差 (Na と Ca ; $p < 0.001$, Fe ; $p < 0.05$) が認められた。また、Ca では群にも有意差 ($p < 0.001$) が認められた。

次に、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定したが、低体脂肪群では Na の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.01$) 及び開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.001$)、Cl の開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、Ca の開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.01$) 及び 3 ヶ月後と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、及び Fe の開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。高体脂肪群では Na の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.001$) 及び 3 ヶ月と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、及び Ca の開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。また、対照群では Na の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.01$)、K の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.05$) 及び 3 ヶ月と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、Ca の開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、及び Fe の 3 ヶ月と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。

さらに、調査毎の群間の比較では、Ca にのみ 3 回の調査全てで低体脂肪群と高体脂肪群の間に有意差 (全て $p < 0.05$) が認められた。

表 3. 血清中ミネラル関連の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後
Na	141 (1)	143 (1)	143 (1)	142 (1)	144 (2)	143 (1)	141 (1)	143 (2)	142 (1)
Cl	103 (2)	104 (1)	105 (2)	104 (2)	104 (2)	104 (1)	103 (1)	104 (2)	103 (1)
K	4.03 (0.30)	4.01 (0.24)	4.08 (0.28)	4.06 (0.26)	3.99 (0.21)	4.07 (0.21)	4.21 (0.25)	3.92 (0.36)	4.19 (0.55)
Ca	9.45 (0.25)	9.35 (0.28)	9.12 (0.28)	9.70 (0.29)	9.60 (0.37)	9.41 (0.28)	9.63 (0.29)	9.43 (0.34)	9.31 (0.29)
Fe	115 (35)	97 (45)	87 (43)	93 (36)	101 (33)	87 (25)	100 (40)	118 (49)	79 (34)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

血清中逸脱酵素活性は、肝機能等の臨床検査としてのみでなく、身体活動を推定するにも有効である。そこで、血清中逸脱酵素に関連した血清生化学検査として、GOT (AST)、GPT (ALT)、乳酸脱水素酵素 (LDH)、アルカリホスホターゼ (ALP)、及びクレアチンキナーゼ (CK) の測定

を行い、表4にこれらの変動を示した。LDHとALPは6ヶ月間の研究期間で低下する傾向を示した。調査時期と群での二元配置分散分析では、全ての検査項目で調査時期に有意差は認められなかったが、群にはALT、LDH、及びALPで有意差（全て $p < 0.05$ ）が認められた。

次に、群毎に6ヶ月間の変動を検定したが、低体脂肪群ではLDHの開始時と6ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、及びALPの開始時と6ヶ月後の間（ $p < 0.001$ ）及び3ヶ月後と6ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、に有意差が認められた。高体脂肪群ではASTの開始時と6ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、ALTの3ヶ月後と6ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、LDHの開始時と6ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、及びALPの開始時と3ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）及び開始時と6ヶ月後の間（ $p < 0.001$ ）、に有意差が認められた。また、対照群では全ての検査項目で調査の間に有意差は認められなかった。

さらに、調査毎の群間の比較では、AST、ALP、及びCKには3回の調査全てで3群間に有意差は認められなかった。しかし、ALTとLDHでは3ヵ月後の低体脂肪群と高体脂肪群の間（共に $p < 0.05$ ）に有意差が認められた。

表4．血清中逸脱酵素関連の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後
AST	17.1 (4.4)	15.5 (3.2)	16.7 (3.9)	17.9 (2.9)	17.2 (2.3)	16.4 (2.5)	15.7 (1.7)	15.6 (2.1)	15.8 (2.8)
ALT	10.7 (4.8)	10.5 (2.6)	10.8 (4.0)	11.4 (3.2)	12.6 (3.2)	10.9 (1.9)	8.9 (2.2)	9.7 (3.5)	9.2 (1.6)
LDH	158 (25)	157 (26)	151 (18)	173 (20)	171 (26)	163 (21)	159 (19)	149 (17)	160 (43)
ALP	184 (44)	175 (47)	163 (33)	208 (54)	189 (37)	174 (27)	174 (26)	170 (29)	164 (26)
CK	92 (56)	79 (35)	90 (46)	112 (72)	88 (23)	88 (22)	89 (24)	81 (21)	84 (25)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

IV - 6．一般血液検査及び血液像

6ヶ月間の介入研究において、開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回の調査時に採血を行った。得られた血液の一部をEDTA-2Kで抗凝固し、一般血液検査及び血液像検査を行った。

一般血液検査として、白血球数（WBC）、赤血球数（RBC）、ヘモグロビン（Hb）、ヘマトクリット（Ht）、平均血球容積（MCV）、平均血球色素（MCH）、平均血球色素濃度（MCHC）、及び血小板（Plate）を測定し、これらの変動を表5に示した。HbとHtは6ヶ月間の研究期間で低下する傾向を示したが、調査時期と群での二元配置分散分析ではMCHCにのみ調査時期に有意差（ $p < 0.01$ ）が認められた。また、MCHとMCHCには群にも有意差（共に $p < 0.01$ ）が認められた。

次に、群毎に6ヶ月間の変動をRepeated Measuresで検定したが、低体脂肪群ではMCHの開始時と3ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、MCHCの開始時と3ヶ月後の間（ $p < 0.05$ ）、及びPlateの開始時と6ヶ月後の間（ $p < 0.01$ ）及び3ヶ月後と6ヶ月後の間（ $p < 0.01$ ）、に有意差が認められた。高体脂肪群ではMCHの開始時と3ヶ月後の間（ $p < 0.01$ ）、及びMCHCの開始時と3ヶ月後の間（ $p <$

0.01) 及び3ヶ月後と6ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。また、対照群では RBC の開始時と3ヶ月後の間 ($p < 0.01$) 及び開始時と6ヶ月後の間 ($p < 0.01$)、Hb の開始時と3ヶ月後の間 ($p < 0.01$) 及び開始時と6ヶ月後の間 ($p < 0.01$)、Ht の開始時と3ヶ月後の間 ($p < 0.01$) 及び開始時と6ヶ月後の間 ($p < 0.01$)、及びMCHC の開始時と3ヶ月後の間 ($p < 0.01$) 及び3ヶ月後と6ヶ月後の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。

表5. 一般血液検査の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後
WBC	5853 (2649)	5193 (1342)	5280 (1047)	5843 (1155)	5457 (1173)	5586 (1047)	5170 (799)	4720 (907)	5260 (1781)
RBC	457 (42)	454 (35)	448 (37)	450 (34)	449 (27)	442 (28)	463 (35)	444 (36)	443 (43)
Hb	13.5 (1.1)	13.2 (0.9)	13.1 (1.0)	13.4 (1.1)	13.2 (0.9)	13.1 (0.8)	13.3 (0.8)	12.5 (0.6)	12.6 (1.0)
Ht	40.9 (3.6)	40.6 (2.6)	39.8 (2.6)	40.5 (3.2)	40.6 (2.3)	39.6 (2.0)	40.9 (2.4)	39.2 (2.0)	38.8 (3.0)
MCV	89.5 (2.7)	89.6 (3.0)	89.1 (3.0)	90.0 (3.7)	90.4 (2.8)	89.8 (3.6)	88.5 (3.1)	88.5 (3.7)	87.7 (3.5)
MCH	29.6 (1.2)	29.2 (1.1)	29.3 (1.1)	29.8 (1.3)	29.3 (1.2)	29.6 (1.2)	28.8 (1.5)	28.3 (1.6)	28.4 (1.3)
MCHC	33.0 (0.9)	32.6 (0.6)	32.9 (0.6)	33.1 (0.8)	32.4 (0.6)	33.0 (0.8)	32.5 (1.3)	31.9 (1.0)	32.4 (0.8)
Plate	24.2 (4.1)	24.0 (3.5)	26.3 (4.7)	24.9 (3.3)	27.1 (3.9)	26.8 (3.7)	24.1 (3.4)	24.9 (3.3)	25.1 (4.3)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

さらに、調査毎の群間の比較では、開始時には全ての項目で3群間に有意差は認められなかった。しかし、Hb と MCHC では3ヵ月後の低体脂肪群と対照群の間（共に $p < 0.05$ ）に有意差が認められた。また、Plate では3ヶ月後の低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。6ヶ月後ではMCH にのみ高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。

表6. 血液像の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後
WBC	5853 (2649)	5193 (1342)	5280 (1047)	5843 (1155)	5457 (1173)	5586 (1047)	5170 (799)	4720 (907)	5260 (1781)
Neut.	54.1 (12.7)	50.6 (9.4)	51.4 (9.1)	58.2 (7.9)	53.9 (7.0)	56.2 (7.3)	53.6 (7.5)	51.1 (5.8)	55.6 (8.9)
Lym.	36.5 (10.2)	38.5 (7.9)	38.7 (7.6)	33.1 (7.9)	36.6 (7.2)	34.6 (7.6)	36.5 (6.6)	40.1 (6.3)	35.3 (9.2)
Mono.	5.7 (1.6)	6.2 (1.5)	6.1 (1.4)	5.3 (1.1)	5.3 (0.8)	5.3 (1.1)	5.4 (1.0)	5.4 (1.1)	6.1 (1.3)
Eos.	3.1 (2.7)	4.1 (3.4)	3.2 (2.4)	2.8 (1.9)	3.6 (2.0)	3.1 (2.1)	3.6 (3.2)	2.8 (1.6)	2.4 (1.8)
Baso.	0.5 (0.2)	0.6 (0.3)	0.6 (0.4)	0.6 (0.2)	0.6 (0.4)	0.7 (0.2)	0.8 (0.8)	0.7 (0.4)	0.6 (0.3)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

血液像検査として、白血球を好中球 (Neut)、リンパ球 (Lym)、単球 (Mono)、好酸球 (Eos)、及び好塩基球 (Baso) の分画に分けて計数し、パーセントで表示した。表6に WBC の結果を再

掲し、合わせて白血球分画の変動を示し、血液像の変動とした。白血球を分画毎に、調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、Mono にのみ群に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

次に、群毎に 6 ヶ月間の変動を Repeated Measures で検定したが、低体脂肪群では血液像の変動に全く有意差は認められなかった。高体脂肪群では Eos の開始時と 3 ヶ月後の間 ($p < 0.05$) にのみ有意差が認められた。また、対照群でも低体脂肪群と同様に今回検討した血液像の変動に全く有意差は認められなかった。

さらに、調査毎の群間の比較では、開始時には全ての項目で 3 群間に有意差は認められなかった。3 ヶ月後も Mono においてのみ低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。また、6 ヶ月後にも全ての項目で 3 群間に有意差は認められなかった。

IV - 7. アディポサイトカイン

6 ヶ月間の介入研究において、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の 3 回、採血を行った。得られた血液の一部を EDTA-2K で抗凝固後、速やかに氷冷し、4℃、3000rpm、15 分の遠心分離を行って血漿を分離した。血漿はポリプロピレン製のチューブに分注後、測定までは -75℃以下にて保存した。測定は調査が終了した 6 ヶ月後の採血から約 1 ヶ月後に行った。アディポサイトカインの測定には ELISA キットを用い、Leptin (Human Leptin, Quantikine, R&D Systems)、Adiponectin (Human Adiponectin, Quantikine, R&D Systems)、及び腫瘍壊死因子アルファ (TNF α) (Human TNF α , Immunoassay Kit, Biosource) を測定した。また、測定時における血漿の希釈にもポリプロピレン製のチューブを用いた。

図 21 に低体脂肪群 (15 名)、高体脂肪群 (14 名)、及び対照群 (10 名) の Leptin の平均値の変動を示した。Leptin は低体脂肪群が低い傾向を示し、開始時では低体脂肪群の平均が 5.12 ng/mL と 3 群中で最も低かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差 ($p < 0.05$) が認められた。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を Repeated Measures で検定したが、3 群共に被験者間では有意差 (低体脂肪群と対照群; $p < 0.001$ 、高体脂肪群; $p < 0.01$) が認められた。また、対照群では調査時期で有意に変動し、開始時と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$) 及び 3 ヶ月後と 6 ヶ月後の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3 回の調査全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

Leptin は脂肪細胞が分泌し、視床下部弓状核に作用して摂食量と体重増加を抑制すると報告されている。図 21 に示したように、低体脂肪群の Leptin が他の群よりも低い傾向を示したことは、脂肪細胞の活性低下を示している可能性も考えられる。さらに、生体内の脂質や糖の代謝調節における Leptin の重要性が報告され、インスリン抵抗性やメタボリック・シンドロームに関連して研究が行われている。しかし、対照群では 6 ヶ月後に有意に増加しているが、牛乳を摂取した低体脂肪群と高体脂肪群に調査時期による有意の変動は認められておらず、牛乳摂取による影響は小さいと思われる。

一方、Adiponectin の平均値の変動を図 22 に示したが、開始時では Adiponectin は対照群が平均で 4.51 μ g/mL と 3 群中で最も低かった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期に有意差 ($p < 0.01$) が認められ、群には有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定したが、高体脂肪群では被験者間に有意差は認められず、低体脂肪群と対照群では有意差 (それぞれ $p < 0.001$ と $p < 0.01$) が認められた。また、3 群共に調査時期で有意に変動し、開始時と 6 カ月後の間 (全て $p < 0.05$) 及び 3 カ月後と 6 カ月後の間 (低体脂肪群と高体脂肪群; $p < 0.01$, 対照群; $p < 0.05$) に有意差が認められた。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3 回の調査全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

Adiponectin はインスリン抵抗性を改善すると報告されているが、調査時期と群での二元配置分散分析においても群毎の 6 ヶ月間の変動の検討においても、調査時期で有意に変動していた。しかし、3 群共に 3 ヶ月後に低下し、6 ヶ月後には開始時より平均値は上昇している。したがって、Adiponectin にみられた調査時期での有意な変動には、季節等の影響を考慮する必要があると思われる。

図 21. Leptin の変動

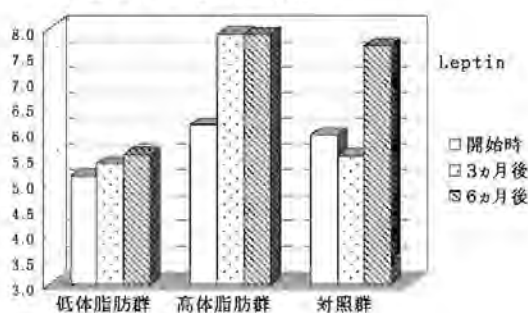
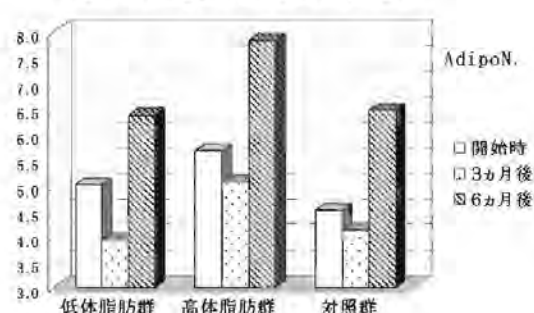


図 22. Adiponectin の変動



次に、TNF α の平均値の変動を図 23 に示したが、3 群全てで開始時に低く、3 カ月後、6 カ月後と高くなる傾向を示した。開始時では高体脂肪群が 3 群中で最も低く、平均で 1.72pg/mL であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期に有意差 ($p < 0.001$) が認められ、群には有意差は認められなかった。また、群毎に 6 ヶ月間の変動を検定したが、3 群全てで被験者間に有意差は認められず、3 群共に調査時期で有意に変動した。調査時期での変動は、開始時と 3 カ月後の間 (低体脂肪群; $p < 0.001$ 、高体脂肪群と対照群; $p < 0.05$)、開始時と 6 カ月後の間 (3 群共 $p < 0.001$)、及び 3 カ月後と 6 カ月後の間 (3 群共 $p < 0.001$)、に有意差が認められた。しかし、調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、3 回の調査全てで 3 群間に有意差は認められなかった。

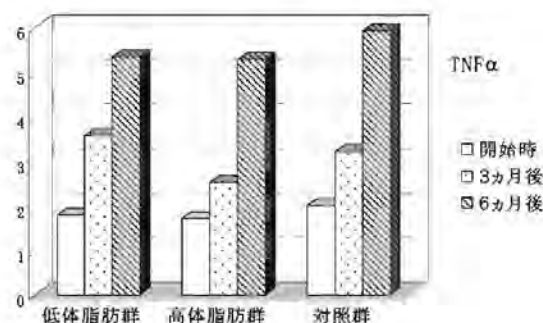


図 23. TNF α の変動

脂肪細胞と前脂肪細胞にサイトカインを作用

させた研究では、TNF α を含む炎症性サイトカインによって、前脂肪細胞からの Leptin の分泌量の増加が報告されている。TNF α は3群共に調査時期で有意に変動し、6ヶ月後に最も高値となった。各群にみられた Leptin の上昇傾向は、TNF α の有意の増加と関連している可能性も考えられる。

IV - 8. 血清の抗酸化バランス

6ヶ月間の介入研究において、開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回、採血を行った。得られた血液の一部を室温30分静置・凝固後、4℃、3000rpm、15分の遠心分離を行って血清を分離した。血清はポリプロピレン製のチューブに分注後、測定までは-75℃以下にて保存した。測定は調査が終了した6ヶ月後の採血から約1ヵ月後に行った。血清の抗酸化バランスの指標として、ビタミンC濃度 (VC)、グルタチオン還元酵素活性 (GRed)、グルタチオン過酸化酵素活性 (GPerox)、全グルタチオン (非タンパク性スルフォヒドリル基) 濃度 (NPSH)、亜硝酸イオン濃度 (NO)、チオバルビツール酸反応物 (TBAR)、及び血清の総抗酸化能 (Total Antioxidative Activity (TAA)) を、既報に従って測定した。

図24に低体脂肪群 (15名)、高体脂肪群 (14名)、及び対照群 (10名) のVCの平均値の変動を示した。開始時では対照群が3群中で最も低く、平均で16.9 μ g/mLであった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に6ヶ月間の変動をRepeated Measuresで検定した。3群共に被験者間では有意差 (低体脂肪群と高体脂肪群; $p < 0.01$ 、対照群; $p < 0.05$) が認められたが、調査時期による有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時では低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) 及び高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。しかし、3ヵ月後と6ヵ月後では3群間に有意差は認められなかった。

VCは生体内における重要な抗酸化物質である。血清中VC濃度は持久的運動をしている成人においても7日間のサプリメント投与 (VC 900 mg/日) で有意の増加がみられ、200 ~ 400mg/日の摂取で飽和し、半減期は10時間と報告されている。したがって、少なくとも調査数日前までのサプリメント摂取を含む食事調査が必要と考えられる。また、血清中VC濃度は運動後に一過性に上昇し、その後数日間は運動前値以下になると報告されている。したがって、VCへの牛乳摂取の影響を検討するには、VC摂取量の差や運動等も考慮する必要があると考えられる。

次に、図25にGRedの平均値の変動を示した。開始時では対照群が3群中で最も低く、平均で33.5mU/mLであった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められなかった。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。3群共に被験者間にも調査時期にも有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時では3群間に有意差は認められなかった。3ヵ月後には高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められたが、6ヵ月後では再び3群間に有意差は認められなくなった。

GPeroxの平均値の変動を図26に示した。開始時では低体脂肪群が3群中で最も高く、平均で

174mA であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期に有意差 ($p < 0.05$) が認められたが、群には有意差は認められなかった。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定したが、3群共に被験者間に有意差は認められなかった。しかし、低体脂肪群では開始時と3ヵ月後の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。調査毎の群間の比較では、開始時と3ヵ月後では3群間に有意差は認められなかったが、6ヵ月後では低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。

グルタチオンは肝臓を再循環障害から防御する内因性の抗酸化物質として良く知られている。過酸化物質をグルタチオンで還元することで生体の抗酸化に寄与する酵素が GPerox であり、酸化されたグルタチオンを還元して回復させる酵素が GRed である。本研究では、GRed は牛乳を摂取させた低体脂肪群と高体脂肪群では6ヶ月後に開始時より低下する傾向、対照群では逆に6ヶ月後に上昇する傾向を示した (図 25)。一方、GPerox では3群共に6ヶ月後に開始時より低下する傾向を示した (図 26)。したがって、これらの変動の傾向から GRed と GPerox のバランス維持に牛乳摂取が影響した可能性は考えられる。

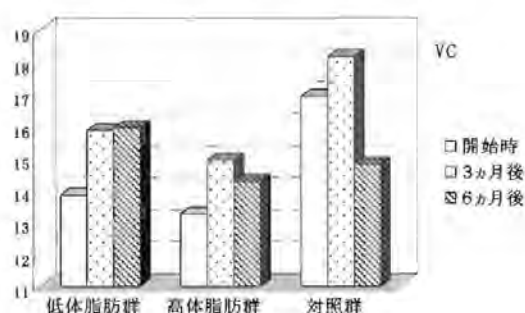


図 24. VC の変動

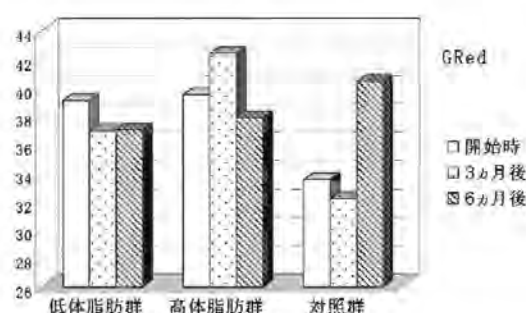


図 25. GRed の変動

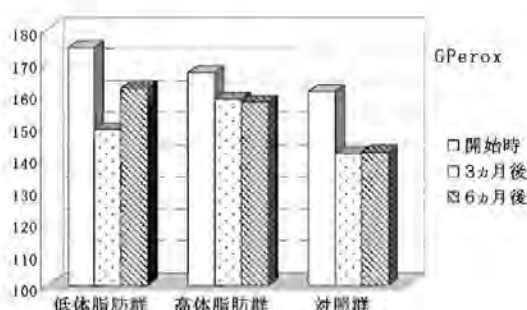


図 26. GPerox の変動

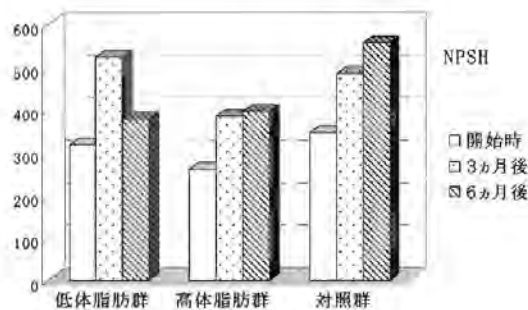


図 27. NPSH の変動

図 27 に NPSH の平均値の変動を示した。開始時では対照群が3群中で最も高く、平均で 346nM であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期に有意差 ($p < 0.05$) が認められたが、群には有意差は認められなかった。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。低体脂肪群では被験者間に有意差 ($p < 0.01$) が認められ、調査時期でも開始時と3ヵ月後の間 ($p < 0.01$) 及び3ヵ月後と6ヵ月後の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。また、高体脂肪群でも同様に被

験者間に有意差 ($p < 0.001$) が認められ、調査時期でも開始時と3ヵ月後の間 ($p < 0.05$) 及び開始時と6ヵ月後の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。しかし、対照群には被験者間にも調査時期にも有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較では、3回の調査全てで3群間に有意差は認められなかった。

本研究では血清中全グルタチオンとして非タンパク性スルフヒドリル濃度 (NPSH) を測定した。牛乳摂取による NPSH への影響はほとんど無いと考えられるが、季節的な変動を含めてさらに詳細な検討が必要と思われる。また、喫煙者の方が血漿中全グルタチオンや NPSH が低く、喫煙の指標と血漿中全グルタチオン濃度が負に相関したと報告されている。したがって、アンケートを基に生活状況の変化を考慮する必要があると思われる。一方、再環流後にグルタチオンを静注した動物実験の結果では、血漿中グルタチオン濃度が10～40倍に増加した場合に生存率の向上等がみられており、グルタチオンに関連している血清中 NPSH 濃度、血清中 GRed 活性、及び血清中 GPerox 活性は抗酸化能への寄与が小さい可能性も考えられる。

NO の平均値の変動を図 28 に示した。開始時では対照群が3群中で最も高く、平均で $2.64\mu\text{M}$ であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差は認められず、群には有意差 ($p < 0.05$) が認められた。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。低体脂肪群では被験者間 ($p < 0.001$) に有意差が認められたが、高体脂肪群と対照群には被験者間に有意差は認められなかった。また、3群共に調査時期に有意差は認められなかった。調査毎の群間の比較では、開始時には低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.01$) 及び高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.01$) に有意差が認められた。しかし、3ヵ月後と6ヵ月後では3群間に有意差は認められなかった。

生体内での活性酸素種の主要な発生源のひとつとして好中球が考えられる。好中球は肝細胞の500倍も NO を産生しており、血清中 NO は生体内での好中球活性の指標としても用いられる。また、NO は細胞内あるいは細胞間の情報伝達物質として重要であるが、同時に組織傷害を引き起こすラジカルにもなることが知られている。しかし、本研究においては、3群全てに調査期間による有意の変動はみられなかった (図 28)。

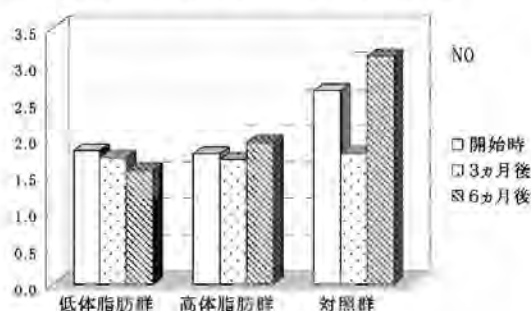


図 28. NO の変動

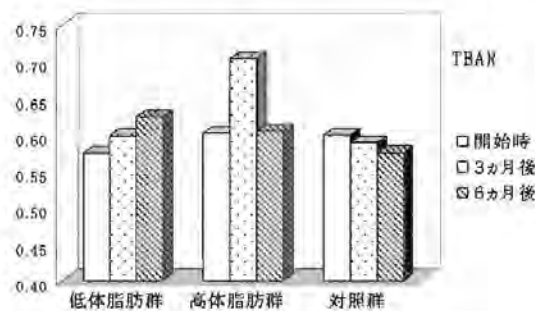


図 29. TBAR の変動

本研究では、血清中の酸化・抗酸化バランスをみる目的で TBAR を測定した。図 29 に TBAR の平均値の変動を示した。開始時では低体脂肪群が3群中で最も低く、平均で 0.575nmol/mL であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期にも群にも有意差は認められ

なかった。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。低体脂肪群と対照群では被験者間に有意差（それぞれ $p < 0.01$ と $p < 0.05$ ）が認められたが、3群全てで調査時期に有意の変動は認められなかった。調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時では3群間に有意差は認められなかった。3ヵ月後には低体脂肪群と高体脂肪群の間（ $p < 0.05$ ）及び高体脂肪群と対照群の間（ $p < 0.05$ ）に有意差が認められたが、6ヵ月後では再び3群間に有意差は認められなくなった。

血清の総抗酸化能（TAA）は、ルミノメータを検出器とする ELISA 測定用基質として開発された Super Signal ELISA Pico（Pierce）と基質に対する酵素として Horseradish peroxidase（和光）を用い、超高感度化学発光解析装置（ α -Basic47）により、バッファーのみを添加した Blank と Control として濃度を3段階に変化させた VC を含む、96 検体を同時に測定した。TAA は、血清等の検体の添加によりほぼ完全に阻害された発光がバッファーのみを添加した Blank の 50 % の発光量に回復するまでに要する時間を指標として評価し、標準として同時に測定とした VC の濃度相当量（VC Eq.）で表示した。

TAA の平均値の変動を図 30 に示した。開始時では対照群が3群中で最も高く、平均で 2.69 VC Eq. であった。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、調査時期には有意差（ $p < 0.05$ ）が認められたが、群には有意差は認められなかった。また、群毎に6ヶ月間の変動を検定した。低体脂肪群と高体脂肪群には被験者間に有意差（共に $p < 0.001$ ）が認められたが、対照群には被験者間に有意差は認められなかった。また、高体脂肪群と対照群には調査時期に有意差が認められ、高体脂肪群では開始時と6ヵ月後の間（ $p < 0.05$ ）、対照群では開始時と3ヵ月後の間（ $p < 0.05$ ）及び開始時と6ヵ月後の間（ $p < 0.05$ ）、に有意差が認められた。しかし、調査毎の群間の比較では、3回の調査全てにおいて3群間に有意差は認められなかった。

本研究を行うに当たっての仮説として、牛乳中の不飽和脂肪酸によってトリプトファン・ナイアシン代謝の鍵酵素 α -amino- β -carboxymuconate- ϵ -semialdehyde decarboxylase（ACMSD）の活性が抑制され、牛乳中に多く含まれるアミノ酸であるトリプトファンからナイアシンへの転換率が上昇し、ACMSD 活性抑制に伴って抗酸化作用の強いナイアシンが効率的に産生される事で生体内の抗酸化能が改善する可能性を考えた。本研究で測定した TAA は、生体内の抗酸化能の重要な指標と考えられている。対照群でみられた有意の著しい低下が、低体脂肪群では無くなり、高体脂肪群では軽減されたとも考えられ、牛乳摂取によって生体内の抗酸化能が改善した可能性も示唆される。

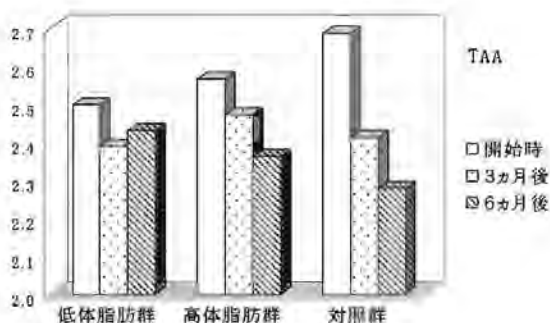


図 30. TAA の変動

IV-9. 栄養素摂取調査

6ヶ月間の介入研究において、開始時、3ヶ月後、及び6ヶ月後の3回、栄養素摂取を調査する目的で、食事摂取状況のアンケート（エクセル栄養君 FFQg 調査票）調査を行った。被験者に対して事前に面談して栄養素摂取調査方法を説明し、各自にアンケートのマニュアルを渡し、十分な理解が得られたことを確認してから調査を行った。調査日の2～3日前に各被験者に調査日の注意書きと同封して食事摂取状況のアンケートを送付し、調査日に会場で記入漏れ等を確認して回収した。調査日は被験者が学生であることを考慮して土日としたので、食事摂取状況のアンケートは平日に記載していた。栄養素摂取量の計算は FFQg 調査票の計算ソフト（建帛社、エクセル栄養君 v. 4.0（五訂増補食品成分表対応））を使用した。

本研究では、低体脂肪群と高体脂肪群には毎日 500mL（250mL ブリックパック 2 個）の牛乳を摂取させた。牛乳の配布は、学生寮の協力の下で基本的に 12 日刻みとし、各被験者に 12 日分（ブリックパック 24 個入り、1 ケース）の牛乳と摂取記録用紙を手渡し、前回配布分の摂取記録用紙と飲み残し分の牛乳を回収した。回収した飲み残し分の牛乳は賞味期限等を確認し、次回配布分として配布数量の調整を行った。摂取記録用紙は予備をみて 14 日間記録できるように作成し、基本的に 12 日刻みで回収して摂取状況を把握した。

牛乳の摂取状況は、月毎に平均して 1 日 2 個を飲んだ場合を摂取率 100 % として各被験者別に求めた。表 7 に 6 ヶ月間の介入研究期間中の牛乳摂取状況を低体脂肪群と高体脂肪群の群別に 1 ヶ月毎の平均値と標準偏差で示した。両群共に夏期休暇の期間中である 3 ヶ月目に摂取率が最も低値となった。夏期休暇中は、帰省先等に牛乳を配達し、定期的に摂取状況を確認した。しかし、夏期休暇中は数日間の外泊での飲み忘れや体調不良等の訴えもあり、牛乳の摂取率が低下したもののと思われる。

表 7－牛乳摂取状況の変動。

群 名	1 ヶ月日	2 ヶ月日	3 ヶ月日	4 ヶ月日	5 ヶ月日	6 ヶ月日	全期間
低体脂肪群	93.0	95.6	80.6	92.2	96.1	90.7	90.3
(%)	(9.6)	(10.1)	(10.6)	(10.0)	(4.6)	(8.8)	(6.8)
高体脂肪群	92.8	96.0	86.1	88.8	93.9	89.9	90.7
(%)	(7.3)	(6.0)	(5.2)	(13.1)	(11.9)	(11.9)	(5.4)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

生活形態は食事摂取に影響を及ぼすと考えられるが、本研究の被験者は学生寮で生活しており、毎日寮で朝食と夕食が提供されていた。3 大栄養素、食物繊維総量、及び食塩の摂取量の変動を表 8、ミネラル摂取量の変動を表 9、ビタミン摂取量の変動を表 10、に示した。

始めに栄養素毎に、調査時期と群での二元配置分散分析を行った。調査時期に有意差が認められたのは、カルシウム ($p < 0.001$)、リン ($p < 0.01$)、ビタミン B2 ($p < 0.001$)、及びパントテン酸 ($p < 0.01$) のみであった。また、これらの栄養素には群に有意差（それぞれ $p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$, 及び $p < 0.01$ ）が認められ、さらに調査時期と群の交絡因子にも有意差（それぞれ $p <$

0.01、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、及び $p < 0.05$) が認められた。一方、炭水化物、食物繊維総量、食塩、及びビタミン C には調査時期にも群にも有意差は認められなかった。

表 8. 3 大栄養素、食物繊維総量、及び食塩の摂取量の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後
エネルギー (kcal)	1807 (314)	1967 (485)	1975 (418)	2000 (566)	2082 (452)	2104 (593)	1811 (385)	1702 (716)	1679 (624)
タンパク質 (g)	55.5 (9.7)	65.9 (15.0)	64.6 (13.3)	60.7 (15.2)	71.8 (18.6)	69.2 (20.6)	56.5 (10.7)	51.0 (15.8)	52.9 (17.0)
脂 質 (g)	66.2 (15.8)	72.2 (18.9)	77.1 (21.4)	74.2 (27.6)	82.2 (23.7)	80.4 (27.2)	67.3 (20.4)	58.2 (31.7)	61.2 (24.9)
炭水化物 (g)	238.7 (48.9)	252.2 (68.6)	244.9 (52.2)	262.7 (71.1)	252.5 (44.0)	263.0 (72.3)	236.8 (45.6)	235.2 (91.1)	220.0 (84.2)
食物繊維総量 (g)	10.8 (2.2)	11.0 (3.7)	10.7 (2.8)	12.8 (4.2)	11.2 (2.6)	11.5 (3.5)	11.5 (2.5)	9.9 (3.1)	10.0 (3.2)
食 塩 (g)	9.7 (2.7)	9.1 (1.8)	9.1 (2.5)	10.3 (4.0)	9.9 (3.1)	10.1 (3.4)	9.2 (4.1)	8.2 (2.5)	8.1 (2.2)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

表 9. ミネラル摂取量の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後
カリウム (mg)	1775 (415)	2422 (673)	2146 (556)	2039 (578)	2352 (657)	2286 (727)	1869 (419)	1611 (689)	1719 (833)
カルシウム (mg)	412 (106)	835 (227)	760 (213)	489 (165)	800 (328)	767 (245)	459 (146)	400 (196)	380 (192)
マグネシウム (mg)	195 (41)	230 (61)	219 (51)	215 (56)	231 (64)	229 (68)	202 (50)	173 (65)	176 (81)
リ ン (mg)	792 (156)	1128 (283)	1069 (242)	870 (216)	1156 (348)	1108 (159)	815 (179)	727 (235)	727 (292)
鉄 (mg)	6.2 (0.9)	6.1 (1.2)	6.0 (1.5)	7.5 (2.2)	6.8 (2.1)	6.9 (2.5)	7.0 (2.3)	5.9 (2.7)	5.5 (2.0)
亜 鉛 (mg)	6.5 (1.2)	7.7 (1.8)	7.5 (1.6)	7.3 (1.9)	8.4 (2.1)	8.1 (2.3)	6.5 (1.4)	5.9 (1.6)	6.1 (2.1)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

次に、群毎に 6 ヶ月間の変動を Repeated Measures で検定した。開始時と 3 ヶ月後の間に有意の変動が認められたのは、低体脂肪群では、タンパク質 ($p < 0.05$)、カリウム ($p < 0.001$)、カルシウム ($p < 0.001$)、マグネシウム ($p < 0.05$)、リン ($p < 0.001$)、亜鉛 ($p < 0.05$)、レチノール当量 ($p < 0.01$)、ビタミン D ($p < 0.01$)、ビタミン B1 ($p < 0.05$)、ビタミン B2 ($p < 0.001$)、パントテン酸 ($p < 0.001$)、及びビタミン C ($p < 0.05$)、であった。また、高体脂肪群では、タンパク質 ($p < 0.05$)、カルシウム ($p < 0.001$)、リン ($p < 0.01$)、ビタミン D ($p < 0.05$)、ビタミン B2 ($p < 0.01$)、及びパントテン酸 ($p < 0.01$)、であった。開始時と 6 ヶ月後の間に有意の変動が認められたのは、低体脂肪群では、タンパク質 ($p < 0.05$)、脂質 ($p < 0.05$)、カリウム ($p < 0.05$)、カルシウム ($p < 0.001$)、リン ($p < 0.001$)、亜鉛 ($p < 0.05$)、レチノール当量 ($p < 0.05$)、ビタミン B1 ($p < 0.05$)、ビタミン B2 ($p < 0.001$)、及びパントテン酸 ($p < 0.001$)、であった。また、高体脂肪

群では、タンパク質 ($p < 0.05$)、カルシウム ($p < 0.01$)、リン ($p < 0.05$)、ビタミン B2 ($p < 0.01$)、及びパントテン酸 ($p < 0.05$)、であった。また、低体脂肪群のビタミン C には3 ヶ月後と6 ヶ月後の間に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。一方、対照群では調査時期に有意の変動が認められたのは全く無かった。

表 10. ビタミン摂取量の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後	開始時	3 ヶ月後	6 ヶ月後
レチノール 当量 (μg)	387 (128)	574 (173)	481 (171)	528 (187)	582 (213)	565 (208)	405 (139)	377 (169)	390 (163)
ビタミン D (μg)	4.3 (1.7)	5.6 (1.9)	4.8 (1.9)	4.3 (2.0)	6.1 (2.9)	5.0 (2.0)	4.4 (1.3)	3.6 (1.3)	4.1 (2.3)
トコフェロー ル当量 (mg)	8.1 (2.2)	7.7 (2.3)	7.8 (2.1)	8.8 (2.6)	8.6 (3.0)	8.5 (3.0)	7.5 (1.2)	6.4 (3.0)	7.4 (2.9)
ビタミン K (μg)	165 (44)	171 (61)	143 (53)	199 (79)	177 (69)	176 (78)	144 (42)	122 (37)	140 (58)
ビタミン B1 (mg)	0.76 (0.12)	0.90 (0.19)	0.88 (0.20)	0.93 (0.32)	1.00 (0.26)	0.98 (0.34)	0.83 (0.21)	0.74 (0.35)	0.75 (0.23)
ビタミン B2 (mg)	0.85 (0.17)	1.43 (0.34)	1.35 (0.35)	1.02 (0.29)	1.44 (0.48)	1.40 (0.43)	0.96 (0.28)	0.87 (0.38)	0.84 (0.34)
パントテン酸 (μg)	4.3 (0.9)	6.4 (1.6)	6.1 (1.5)	5.0 (1.4)	6.5 (1.8)	6.3 (1.8)	4.5 (1.1)	4.1 (1.4)	4.3 (1.5)
ビタミン C (mg)	54 (18)	73 (38)	53 (27)	71 (27)	67 (20)	62 (30)	62 (29)	51 (17)	55 (30)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いたが、開始時ではレチノール当量で低体脂肪群と高体脂肪群の間 ($p < 0.05$)、及びビタミン K で高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められたのみであった。しかし、低体脂肪群と高体脂肪群が牛乳の摂取を開始したことで3 ヶ月後と6 ヶ月後には群間に有意差が多く認められた。3 ヶ月後の低体脂肪群と対照群の間では、タンパク質 ($p < 0.05$)、カリウム ($p < 0.01$)、カルシウム ($p < 0.001$)、マグネシウム ($p < 0.05$)、リン ($p < 0.01$)、亜鉛 ($p < 0.05$)、レチノール当量 ($p < 0.05$)、ビタミン D ($p < 0.05$)、ビタミン B2 ($p < 0.01$)、及びパントテン酸 ($p < 0.01$)、に有意差が認められた。高体脂肪群と対照群の間では、タンパク質 ($p < 0.01$)、脂質 ($p < 0.05$)、カリウム ($p < 0.05$)、カルシウム ($p < 0.001$)、マグネシウム ($p < 0.05$)、リン ($p < 0.01$)、亜鉛 ($p < 0.01$)、レチノール当量 ($p < 0.05$)、ビタミン D ($p < 0.05$)、ビタミン K ($p < 0.05$)、ビタミン B1 ($p < 0.05$)、ビタミン B2 ($p < 0.01$)、及びパントテン酸 ($p < 0.01$)、に有意差が認められた。6 ヶ月後も3 ヶ月後とほぼ同様であり、低体脂肪群と対照群の間では、カルシウム ($p < 0.001$)、リン ($p < 0.01$)、ビタミン B2 ($p < 0.01$)、及びパントテン酸 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。高体脂肪群と対照群の間では、タンパク質 ($p < 0.05$)、カルシウム ($p < 0.001$)、リン ($p < 0.01$)、亜鉛 ($p < 0.05$)、レチノール当量 ($p < 0.05$)、ビタミン B1 ($p < 0.05$)、ビタミン B2 ($p < 0.01$)、及びパントテン酸 ($p < 0.01$)、に有意差が認められた。

次に、食品を13群に分けて食品群別の摂取量の変動を表11に示した。始めに食品群毎に、調

査時期と群での二元配置分散分析を行った。「その他の野菜・きのこ類」($p < 0.05$)で調査時期、「油脂・種実類」で群($p < 0.01$)、に有意差が認められた。「乳類」では調査時期と群に有意差(共に $p < 0.001$)が認められ、調査時期と群の交絡因子にも有意差($p < 0.001$)が認められた。

次に、群毎に6ヶ月間の変動をRepeated Measuresで検定した。調査時期に有意の変動が認められたのは、低体脂肪群では、「緑黄色野菜」の3ヵ月後と6ヵ月後の間($p < 0.05$)、「その他の野菜・きのこ類」の開始時と6ヵ月後の間($p < 0.01$)及び3ヵ月後と6ヵ月後の間($p < 0.01$)、「乳類」の開始時と3ヵ月後の間($p < 0.001$)、開始時と6ヵ月後の間($p < 0.001$)、及び3ヵ月後と6ヵ月後の間($p < 0.05$)、及び「油脂・種実類」の開始時と3ヵ月後の間($p < 0.05$)、であった。また、高体脂肪群では、「乳類」の開始時と3ヵ月後の間($p < 0.001$)及び開始時と6ヵ月後の間($p < 0.001$)、及び「果実類」の開始時と3ヵ月後の間($p < 0.01$)及び3ヵ月後と6ヵ月後の間($p < 0.01$)、に有意差が認められた。一方、対照群では、「その他の野菜・きのこ類」の開始時と3ヵ月後の間($p < 0.05$)及び開始時と6ヵ月後の間($p < 0.01$)、及び「油脂・種実類」の3ヵ月後と6ヵ月後の間($p < 0.05$)、に有意差が認められた。

表 11. 食品群別摂取量の変動。

項 目	低体脂肪群			高体脂肪群			対照群		
	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後	開始時	3ヶ月後	6ヶ月後
穀 類	336	346	321	367	347	366	307	312	317
(g)	(69)	(95)	(53)	(147)	(60)	(143)	(46)	(45)	(48)
い も 類	17	23	20	29	23	21	24	24	29
(g)	(14)	(20)	(14)	(24)	(19)	(20)	(15)	(14)	(20)
緑黄色野菜	55	67	46	80	63	64	49	45	56
(g)	(33)	(36)	(28)	(45)	(47)	(39)	(29)	(22)	(30)
その他の野菜・きのこ類(g)	107	108	74	134	97	104	104	75	69
(g)	(52)	(61)	(51)	(64)	(54)	(64)	(30)	(25)	(48)
海 草 類	4	3	3	4	4	3	3	3	3
(g)	(2)	(2)	(3)	(4)	(4)	(2)	(2)	(1)	(2)
豆 類	36	32	33	29	31	31	30	24	26
(g)	(22)	(20)	(23)	(18)	(24)	(25)	(14)	(15)	(17)
魚介類・肉類	114	107	107	125	139	122	111	92	114
(g)	(47)	(48)	(40)	(54)	(59)	(64)	(31)	(28)	(46)
卵 類	18	22	20	20	22	25	27	28	22
(g)	(11)	(17)	(15)	(13)	(15)	(25)	(12)	(13)	(12)
乳 類	66	469	387	78	410	362	67	77	85
(g)	(57)	(149)	(142)	(57)	(260)	(179)	(36)	(65)	(74)
果 実 類	24	56	36	21	44	23	40	32	36
(g)	(17)	(81)	(41)	(22)	(32)	(18)	(60)	(36)	(39)
菓子・嗜好飲料・砂糖類(g)	229	221	234	244	200	252	262	251	209
(g)	(163)	(164)	(125)	(157)	(138)	(223)	(170)	(285)	(249)
油脂・種実類	22	16	19	23	21	22	16	13	16
(g)	(10)	(8)	(10)	(9)	(13)	(9)	(5)	(5)	(6)
調味料類・香辛料類(g)	34	29	28	33	31	32	32	26	23
(g)	(17)	(10)	(12)	(20)	(12)	(14)	(25)	(12)	(11)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いた。開始時では「緑黄色野菜」で高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$) に有意差が認められたのみであった。3ヵ月後には「魚介類・肉類」で高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、「乳類」で低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.001$) 及び高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.001$)、及び「油脂・種実類」で高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.05$)、に有意差が認められた。しかし、6ヵ月後には「乳類」で低体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.001$) 及び高体脂肪群と対照群の間 ($p < 0.001$) に有意差が認められたのみであった。

IV-10. 毛髪中のミネラル分析

毛髪の採取に関しては、被験者が女子大生であることを考慮し、調査への協力に対してより任意性を高めた。開始時と6ヵ月後の2回、別途にインフォームド・コンセントを得て、毛髪の採取を行った。採取に協力した被験者は、開始時34名、6ヵ月後32名、であった。開始時と6ヵ月後の2回の採取が出来た被験者は、低体脂肪群(10名)、高体脂肪群(9名)、及び対照群(9名)の28名であった。

毛髪を頭部全体から均等に採取するために、頭部を10カ所に分割し、合計100本を出来るだけ頭皮に近い部分で切り取って採取した。ミネラル分析の試料としては、毛根(頭皮)に近い側から3~4 cmの部分を用いた。試料の前処理として、毛髪をアセトン・純水の統一洗浄法によって洗浄した。毛髪を乾燥させた後に短寿命核種用(0.02 g)と中・長秤量寿命核種用(0.04 g)に秤量して硝酸洗浄済みポリエチレン袋に封入し、照射試料とした。ミネラル分析としては、多元素非破壊放射化分析を行い、韓国原子力研究所(HANARO)にて短寿命核種用に1分間、中・長秤量寿命核種用に60分間、照射を行った。適時冷却後、Ge(Li)検出器付属4096チャンネル波高分析器にて放射能強度を計測し、同時に照射した標準試料(NIESのhuman hair、NBSのOrchard leaves)との放射能比較によりAl、As、Br、Ca、Cl、Cr、Cu、I、K、Mg、Mn、Na、S、Se、V、及びZnの16元素の測定を行った。中・長秤量寿命核種の解析に時間を要するために、本報告では短寿命核種で牛乳摂取と最も関連すると思われるCaとMgのデータのみを検討することとした。統計的検定方法としては、低体脂肪群、高体脂肪群、及び対照群の3群において、調査時期と群での二元配置分散分析を行った。開始時と6ヵ月後の間での変動の検定には、各群で対応のあるt検定を行った。また、調査毎の群間の比較には一元配置分散分析を用いた。

表 12. 毛髪中のCaとMgの変動。

項 目	低体脂肪群		高体脂肪群		対照群	
	開始時	6ヶ月後	開始時	6ヶ月後	開始時	6ヶ月後
Ca	1295 (655)	1654 (803)	1006 (269)	1127 (532)	2578 (2136)	1579 (984)
Mg	89.9 (40.0)	127.9 (70.9)	71.7 (42.2)	80.6 (41.3)	147.0 (103.0)	125.6 (80.4)

数値は平均値。カッコ内は標準偏差。

低体脂肪群と高体脂肪群では Ca、Mg 共に 6 ヶ月後に増加する傾向を示し、対照群とは異なっていた。調査時期と群での二元配置分散分析を行ったが、Ca、Mg 共に群にのみ有意差（共に $p < 0.05$ ）が認められた。また、開始時と 6 ヶ月後の間での対応のある t 検定では、Ca、Mg 共に有意差は認められなかった。調査毎の群間の比較では、開始時には Ca で低体脂肪群と対照群の間（ $p < 0.05$ ）及び高体脂肪群と対照群の間（ $p < 0.05$ ）、及び Mg で高体脂肪群と対照群の間（ $p < 0.05$ ）、に有意差が認められた。Ca、Mg 共に 6 ヶ月後には低体脂肪群と高体脂肪群では増加傾向、対照群では低下傾向であったことで、開始時に認められた群間の有意差が無くなったと思われる。しかし、毛髪中のミネラルにはシャンプーやパーマ等の影響も大きいことが知られている。今後、他の元素の結果と合わせて、これらの要因に関しても詳細な検討が必要と思われる。

V. 総 括

本研究においては、BMI でやせ傾向（18.5 から 20.0 の間）の女子大生を対象に、牛乳の摂取による体脂肪の制御効果に関する介入研究を骨リモデリングに要する期間を考慮し、6 ヶ月間行った。また、本研究が採択されるにあたって、被験者の摂取カロリーをコントロールすることとの意見が選考委員会で出された。そこで、特記すべき運動習慣等を有せず、朝夕の食事が供給される大学の学生寮で集団生活を行っている女子大生を被験者として募集した。運動習慣のない若年女性においては、やせ傾向による骨密度への影響が懸念される一方で、皮下脂肪量の多い隠れ肥満の存在が指摘されている。そこで、本研究においては、牛乳を摂取させる被験者を開始時の体脂肪率で低体脂肪群（15 名）と高体脂肪群（14 名）の 2 群に分け、牛乳摂取の影響をみた。また、牛乳を摂取する習慣の無いやせ傾向の女子大生を同じ学生寮から対照群（10 名）として選出し、牛乳摂取の影響を明確にすることを計画した。

6 ヶ月間の介入研究において、開始時、3 ヶ月後、及び 6 ヶ月後の 3 回、骨密度の測定を含む身体計測を行い、同時に採血を行って一般血清生化学検査と一般血液検査に加えて血漿中アディポサイトカイン濃度と血清の抗酸化バランスを測定した。さらに、生活・身体状況、心理状況・疲労、及び食事摂取状況に関するアンケートを行った。主な結果は以下のとおりである。

被験者の募集時には、自己申告の身長と体重によって BMI が 18.5 から 20.0 の間であることを確認したが、調査時の正確な身長と体重から計算するとこの範囲を逸脱した被験者がおり、開始時の BMI の平均値が低体脂肪群では 18.5、高体脂肪群では 20.1、及び対照群 19.2、であった。牛乳摂取による体脂肪制御が有効に働けば、低体脂肪群と高体脂肪群では骨密度などの除脂肪組織を維持しつつ、体脂肪の減少あるいは適切な体脂肪量の維持が可能になると考えられた。インピーダンス法で測定した体脂肪率には有意の変動は認められなかったが、皮脂厚法で求めた高体脂肪群の体脂肪率は調査時期で有意に変動し、6 ヶ月後に有意に低下した。インピーダンス法と皮脂厚法の平均でみても、高体脂肪群の体脂肪率は 6 ヶ月後に低下する傾向を示しており、牛乳摂取による体脂肪制御効果の可能性も考えられる。また、超音波法による右踵骨の骨密度の測定結果も低

体脂肪群と高体脂肪群では上昇する傾向を示していた。

生活・身体状況に関するアンケートにおいて、生理の状況、睡眠状態、健康に対する関心の程度、及び調査による教育効果等をみたが、3群間に有意差は認められなかった。また、心理状況・疲労に関するアンケートの結果には牛乳の摂取によると思われる影響は認められなかった。

一般血清生化学検査の結果をみると、牛乳摂取による変動と思われる項目は無かったが、TP、Alb、UA、Glu、Ca、及びFeに二元配置分散分析で調査時期に有意差が認められ、3群全てで6ヵ月後に低下していた。

血漿中アディポサイトカイン濃度は、3群共にほぼ同一レベルであった。Leptinは低体脂肪群が低い傾向を示し、対照群では6ヵ月後に有意に増加しているが、牛乳を摂取した低体脂肪群と高体脂肪群に調査時期による有意の変動は認められなかった。Adiponectinは、3群共に3ヵ月後に低下、6ヵ月後に開始時より上昇するという同一の傾向を示し、季節等の影響を考慮する必要があると思われる。一方、TNF α は3群全てで6ヵ月後に有意に増加しており、各群にみられたLeptinの上昇傾向は、TNF α の有意の増加と関連している可能性も考えられる。

血清の抗酸化バランスにおいて、TAAは生体内の抗酸化能の重要な指標と考えられている。TAAには対照群では3ヵ月後と6ヵ月後に有意の著しい低下がみられたが、この低下が高体脂肪群では軽減され、低体脂肪群では無くなったとも考えられ、牛乳摂取によって生体内の抗酸化能が改善した可能性も示唆される。

食事摂取状況に関するアンケート（FFQg調査票）より栄養素摂取量を計算した。牛乳の摂取により、低体脂肪群と高体脂肪群では栄養素摂取量が大きく変動し、特にカルシウム、リン、ビタミンB2、及びパントテン酸で著しい増加を示した。一方、この両群のエネルギー摂取量は、3ヵ月後と6ヵ月後に増加傾向を示したが、有意差は認められなかった。食品群別の摂取量の変動をみても、この両群では「乳類」の摂取量が3ヵ月後と6ヵ月後に平均値で300～400g増加しており、1日500mLで全期間の摂取率が90%であった事をよく反映していると思われる。

開始時と6ヵ月後の2回毛髪を採取し、カルシウムの生体内への移行を毛髪中カルシウム濃度の推移として観察する事を試みた。開始時では対照群のCaが低体脂肪群と高体脂肪群より有意に高値であったが、6ヵ月後には対照群では低下傾向、低体脂肪群と高体脂肪群が増加傾向を示し、有意差は認められなくなった。Mgでも同様の傾向がみられ、牛乳により摂取したミネラルが毛髪へ推移することが示唆される。

介入期間が6ヵ月であったために、調査結果が季節による影響を受けた可能性も考えられる。本研究でみられた牛乳摂取による影響と思われる変動を明確にするためには、さらに長期的に牛乳の摂取を継続させる研究が必要であると思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたって被験者への牛乳の配布にご援助頂きました日本酪農乳業協会（Ｊミルク）の高見裕博様と明治乳業・東京支社の吉田哲史様に厚くお礼申し上げます。また、調査におきまして測定者としてご協力頂きました石塚仁美、岩崎美苗、大関恵美、尾田亜由実、島田美恵子、関友美、田邊千春、辻雅子、鶴島恵美、林葉子、林田あや、細井はるな、前田佳子、松崎伸江、嶺井早耶香、宮本睦美、及び山田麻美（五十音順、敬称略）に別してお礼申し上げます。最後に、被験者として６ヶ月間の介入研究に協力して頂いた女子大生の皆様に深謝し、調査結果を健康増進の役に立てて頂きたいと願っております。