

ストレス負荷による身体的・精神的変化に 及ぼすカルシウム摂取の影響について

齋藤禮子*¹, 塩入輝恵*¹, 飯島由美子*², 稲葉由美*³, 大島由紀子*⁴,
小笠原尚子*⁵, 猪俣美知子*⁶, 木元幸一*⁷, 苫米地孝之助*⁸,
三田禮造*⁹

(平成9年10月2日受理)

Influence of Calcium on Physiologic and Psychologic Responses to Stress.

Reiko SAITO, Terue SHIOIRI, Yumiko IJIMA, Yumi INABA,
Yukiko OSHIMA, Naoko OGASAWARA, Michiko INOMATA,
Kouichi KIMOTO, Konosuke TOMABECHI, and Reizo MITA

(Received on October 2, 1997)

I. 緒 言

現代の社会は様々なストレスに取り囲まれ、その影響は精神的な面にとどまらず、高血圧、胃・十二指腸潰瘍などの身体的疾患の病因ともなりうると考えられている^{1), 2)}。ストレスは日常の生活スタイルによって心身への影響が異なることが指摘されている^{3), 4)}が、著者らはこの中で食生活や栄養素の関与に注目して研究し、食生活に問題のある者では疲労感が強いこと⁵⁾、ストレス負荷による尿中カテコールアミン排泄量と自覚症状が各種ビタミンやβ-カロテンの摂取と関連することを示してきた^{6)~9)}。

他方、著者らのこれまでの研究や成宮¹⁰⁾、H・J obornら¹¹⁾から、ストレスに対しカルシウム摂取が関係する

ことが示唆されてきた。そこで、本研究ではストレス負荷とカルシウムの摂取の関連について、とくに摂取するカルシウムのタイプによる相違を明らかにするために、牛乳と炭酸カルシウムを用いて検討した。

II. 研究方法

1. 対象者

対象は東京家政大学に在学中の健康な女子大生19名で、いずれもヘルシンキ宣言の趣旨にのっとり予め実験の目的、手順について十分な説明を受けた上で、自発的に協力を申し出た者である。被験者の年齢(平均±標準偏差: 以下同様)は 20.7 ± 0.6 歳、身長は 157.6 ± 5.1 cm、体重は 51.0 ± 5.7 kgである。

2. 実験期間および場所

実験は、平成5年7月25日から8月6日までの12泊13日間で、東京家政大学構内にある宿泊施設に被験者を宿泊させて行った。

3. 方法

被験者19名を、身長、体重、月経などの身体的条件がなるべく均等になるように配慮し、基礎食群6名、炭酸カルシウム群6名、牛乳食群7名の3群に分けた。

(1) 実験日程

実験は表1に示すように、12日間の実験期間を前期6日間と後期6日間に分け、前期・後期ともに最初の4日

- *1 栄養指導論研究室
- *2 公衆栄養学研究室
- *3 静岡県東伊豆町役場
- *4 東京都立大泉養護学校
- *5 元公衆衛生学第一研究室研究生
- *6 調理学第一研究室
- *7 栄養生化学研究室
- *8 元公衆衛生学第一研究室
- *9 弘前大学公衆衛生学講座

表1 実験日程

期間	前 期						後 期							
	1993年 7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	8/1	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 (日目)
期間	P.18:00 集合 ----- A.19:00 解散													
採血		●				●		●				●		●
ストレス負荷						●	●					●	●	
体温測定	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
血圧測定	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
採尿	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
食事内容 (献立)														
基礎食群		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
炭酸飲料群		A	B	C	A	B	C	A☆	B☆	C☆	A☆	B☆	C☆	
牛乳食群		A	B	C	A	B	C	D★	E★	F★	D★	E★	F★	

☆:炭酸カルシウム2.5g投与
★:牛乳1.000ml投与

間を調整日とし、ストレス負荷はそれぞれ5日目、6日目にいった。なお、実験中の被験者の生活は、生活活動強度Iに相当する生活を行わせた。

ストレス負荷は、単純計算作業とし、小学校3・4年生の計算問題を午前、午後3時間ずつの1日計6時間の連続計算をさせ、監督者が計算結果を採点し、間違っ

箇所は正解するまで訂正させた。

(2) 食事構成

食事は表2に示すようにカルシウム摂取量を200mgとし、その他の栄養素は第四次改定日本人の栄養所要量¹²⁾の20歳代女子、生活活動強度Iの所要量を充足するようにし、これを基礎食(献立A, B, C)とした。表1に

表2 各献立における栄養摂取量

献立名	エネルギー (kcal)	たん白質 (g)	脂質 (g)	カルシウム (mg)	リン (mg)	鉄 (mg)	V. A (I.U)	V. B ₁ (mg)	V. B ₂ (mg)	V. C (mg)	V. E (mg)	食塩 (g)	繊維 (g)
A	1818	65.1	53.2	201.0	980	9.6	1878	0.96	1.13	85.0	11.0	8.8	13.9
B	1807	53.4	60.4	199.5	1000	11.1	1832	1.08	1.43	96.0	8.0	9.9	12.8
C	1831	65.5	56.9	200.9	937	14.1	1887	1.04	1.50	99.9	9.0	9.0	12.1
平均	1821	64.7	56.8	204.0	972	11.6	1866	1.03	1.35	93.0	9.0	9.2	12.9
D	1790	66.8	56.9	1201.0	1448	11.7	1870	0.80	2.11	78.2	6.0	8.9	13.1
E	1836	66.1	51.6	1201.0	1473	9.5	1788	0.85	2.10	93.4	7.0	6.8	12.8
F	1867	66.7	55.9	1200.0	1469	10.8	1885	1.13	2.18	105.0	8.0	7.7	15.6
平均	1831	66.5	54.8	1200.0	1463	10.7	1848	0.93	2.13	92.2	7.0	7.8	13.8

注) 献立D, E, Fには牛乳1.000mlを含む

示すように前期はいずれも基礎食を給与し、後期は基礎食群は引続き基礎食を、炭酸カルシウム群は基礎食に炭酸カルシウム2.5g/日(カルシウム相当量1000mg/日)を加え、牛乳食群は牛乳1000ml/日(カルシウム相当量1000mg/日)と牛乳によるものも含めてエネルギー、たんぱく質、脂質などの摂取量は炭酸カルシウム群に近似させた別の食事(献立D, E, F)を与えた。給与食は全量摂取するよう指導した。水道水については、水道水に含有するカルシウムの影響を避けるため、飲料水および調理には脱イオン水を使用した。なお、献立に使用した主な食材は表3に示す通りである。

4. 測定項目

1) 身体計測, 体温および血圧測定

身長は、実験初日に1回測定し、体重、体温は毎日起床時に測定した。体重は起床後、排尿を済ませた後に最小限の着衣状態で測定し、体温は臥床したまま10分間腋高温を測り、また血圧はデジタル自動血圧計(オムロンHEM-704C型)を使用し、毎日起床時と就寝時に測定した。

2) 自覚症状

三田ら¹³⁾の17項目5段階評価法により、起床直後および就寝直前に被験者自身に記入させた。

表3 実験食の主な材料

時	A	B	C	D	E	F
	材料	材料	材料	材料	材料	材料
朝食	フランスパン 蜂蜜 鮪フレーク 卵 胡瓜 トマト マヨネーズ インスタントコーヒー	フランスパン マーガリン ジャガイモ 鶏胸肉 人参 胡瓜 マヨネーズ インスタントコーヒー メロン	フランスパン 蜂蜜 あさり スイートコーン 玉葱 肉 インスタントコーヒー メロン	コーンフレーク 牛乳 レタス 胡瓜 プチトマト インスタントコーヒー 牛乳 バナナ	コーンフレーク 牛乳 キャベツ 玉葱 卵 インスタントコーヒー 牛乳 バナナ	コーンフレーク 牛乳 ジャガイモ 胡瓜 人参 マヨネーズ インスタントコーヒー 牛乳 バナナ
昼食	米 卵 白葱 干し椎茸 サラダ油 あさり 三つ葉 すいか	米 卵 あさり 干し椎茸 玉葱 トマト 玉葱	米 桜肉 にんにく 玉葱 マッシュルーム りんご 干しぶどう らっきょう 肉 胡瓜 アスパラ	米 卵 玉葱 生椎茸 まいたけ ほうれん草 もずく 牛乳	米 切干大根 ベーコン 小松菜 さつまいも 牛乳	米 卵 おおき 干し椎茸 蓮根 サラダ油 なめこ 大根 枝 牛乳
間食	小麦粉 牛乳 卵 バター	小麦粉 牛乳 卵 バター	小麦粉 牛乳 卵 バター	牛乳 粉寒天 すいか	牛乳 粉寒天 桃	牛乳 粉寒天 生ハム
夕食	米 えのき茸 舌ひらめ レモン ジャガイモ 片栗粉 ごぼう 人参 サラダ油 西洋南瓜	米 まいたけ 三つ葉 牛挽き肉 干し椎茸 玉葱 ごま油 焼売皮 サラダ菜 まいたけ マーガリン すだち 西洋南瓜	米 卵 三つ葉 牛ひれ肉 卵白 生パン粉 マーガリン ジャガイモ ほうれん草 しめじ	米 ジャガイモ ひらめ おおき 大根 干しひじき こんにゃく 油揚げ ごま油 なす ピーマン サラダ油 牛乳	米 あさり 桜肉 里芋 ごぼう トマト セロリ 牛乳	米 牛ひれ肉 にんにく サラダ油 干しひじき ぜんまい 西洋南瓜 牛乳

表4 実験初日の尿・血中の各成分実測値及び自覚症状数

実験		基礎食群	炭酸カルシウム群	牛乳食群
人数	(名)	6	6	7
尿中NA排泄量	($\mu\text{g}/\text{日}$)	68.85 \pm 19.01	79.43 \pm 29.39	79.71 \pm 16.63
尿中A排泄量	($\mu\text{g}/\text{日}$)	10.09 \pm 2.72	8.75 \pm 1.77	11.69 \pm 4.66
就寝前の自覚症状数		27.29 \pm 7.14	22.54 \pm 5.74	31.22 \pm 15.99
就寝前の血圧(収縮期)	(mm/Hg)	93.41 \pm 6.54	100.83 \pm 4.91	102.46 \pm 7.16
就寝前の血圧(拡張期)	(mm/Hg)	56.83 \pm 3.07	57.59 \pm 4.58	63.68 \pm 4.70
血清カルシウム濃度	(mg/dl)	9.25 \pm 0.15	9.03 \pm 0.23	9.23 \pm 0.23
尿中カルシウム排泄量	(mg/日)	80.59 \pm 27.38	100.14 \pm 37.97	76.04 \pm 18.21
血中B ₂ 濃度	($\mu\text{g}/\text{dl}$)	4.44 \pm 1.11	3.60 \pm 0.54	4.42 \pm 0.70

M \pm S D

3) 尿検査

尿は、毎朝6時から翌朝6時までの24時間尿を蓄尿採取し、尿中カテコールアミン(CA)としてアドレナリン(A), ノルアドレナリン(NA), ドーパミン(DA)の排泄量, 尿中カルシウム排泄量を測定した。測定には尿中CAはHPLC-DPE法¹⁴⁾, 尿中カルシウムはOCP法¹⁵⁾を用いた。

4) 血液検査

実験初日, 前半および後半のストレス負荷日およびストレス負荷日翌日の5回, いずれも早朝空腹時に肘静脈より採血を行い, 血清カルシウム濃度, 血漿ビタミンB₂濃度を測定した。血清カルシウム濃度の測定は血漿ビタミンB₂濃度はルミフラビン蛍光法¹⁶⁾を用い測定した。

5. 統計手法

測定結果の統計分析は一元配置分散分析によるBonferroni および Scheffの方法¹⁷⁾により有意差検定を行った。

Ⅲ. 結果

実験初日における実測値の平均および標準偏差を表4に示した。

1. 就寝前の自覚症状の変化

自覚症状は, 前期・後期とも負荷前4日間の調整日の値を平均し, 前期の調整日を1としてその変化比率で示した(図1)。前期のストレス負荷では3群とも自覚症状比率は上昇するが, 特に負荷2日目に基礎食群に対して炭酸カルシウム及び牛乳食群との間に有意差($p < 0.05$)が認められた。後期では牛乳食群のみ上昇がみられたが, 有意な変化ではなかった。

2. 体温, 体重, 血圧の変化

実験期間中の体温, 体重は3群ともほとんど変化がな

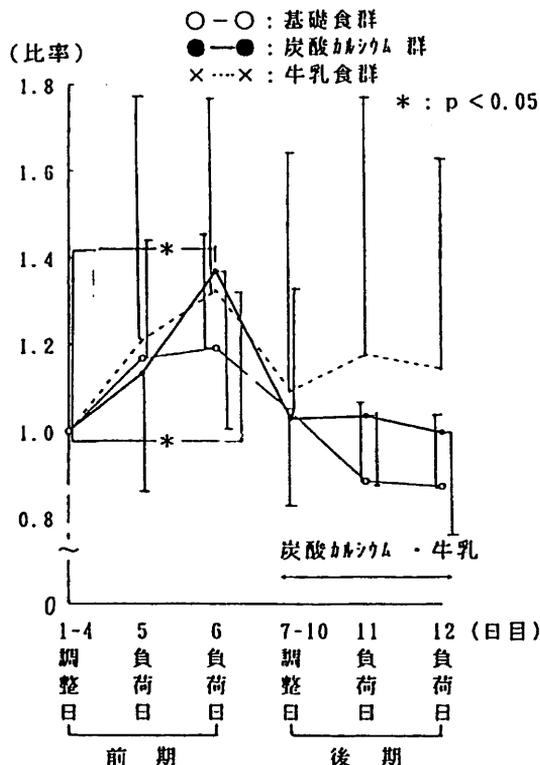


図1 就寝前の自覚症状数の変化

比率: 前期4日間の調整日の平均値を1としてその変化比率で示した。

かった。就寝前の血圧は自覚症状と同じく, 前期・後期とも負荷前4日間の調整日の値を平均し, 前期の調整日を1としての変化比率で示した(図2)。収縮期・拡張期血圧は炭酸カルシウムの投与により有意に下降し, また, ストレス負荷により有意に上昇した($p < 0.05$)。

3. 尿中CA排泄量

尿中CA排泄量はストレス負荷の影響を見るため前期

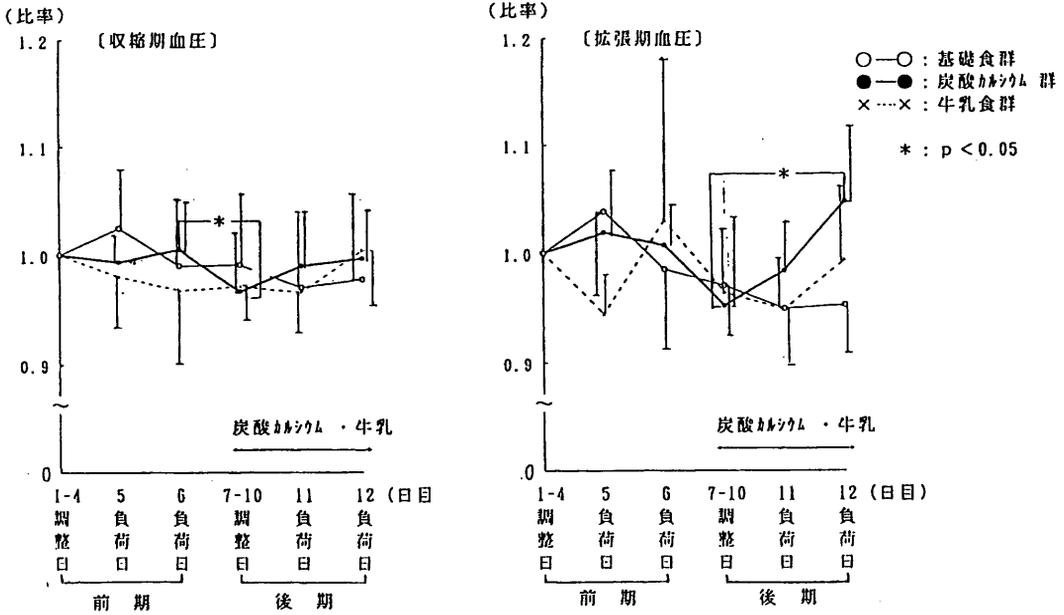


図2 就寝前血圧の変化

比率：前期4日間の調整日の平均値を1としてその変化率で示した。

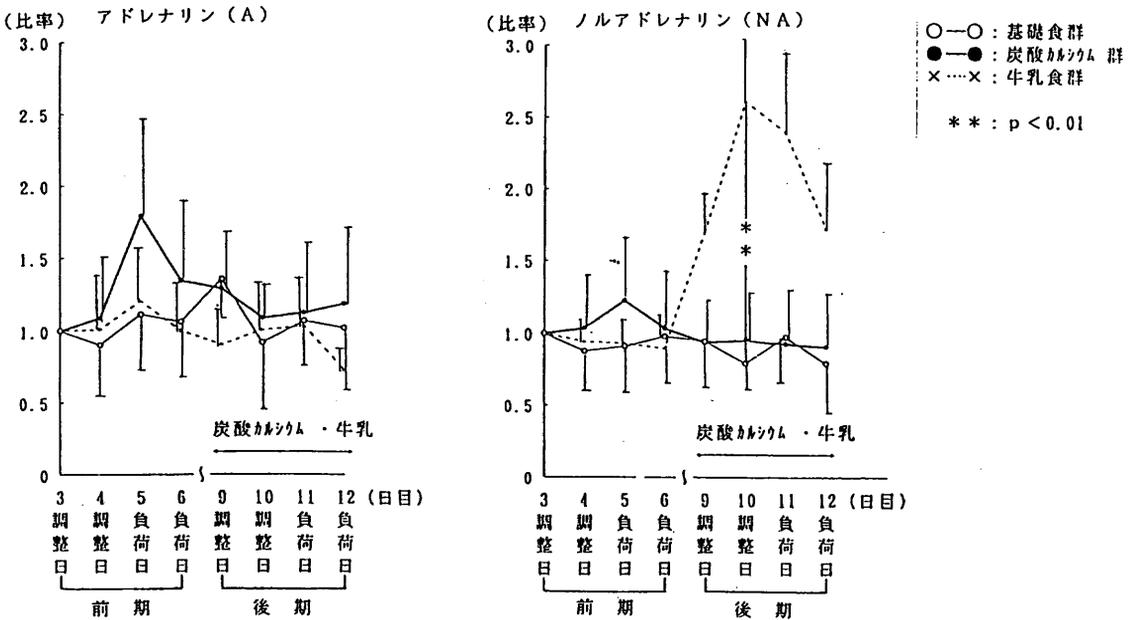


図3 尿中アドレナリン(A)及びノルアドレナリン(NA)排泄量の変化

比率：前期3日目の値を1としてその変化率で示した。

4日間、後期4日間のみの尿を測定した、その結果は実験開始3日目の値を1として変化比率であらわした(図3)。

尿中Aの排泄量は、前期のストレス負荷により3群とも増加傾向がみられたが、有意差は認められなかった。また、後期のストレス負荷では3群とも前期のような変化はみられなかった。

一方、尿中NA排泄量はストレス負荷とは無関係に、後半から牛乳食群にのみ著しい増加がみられ、有意差が認められた($p < 0.01$)。そこで変動がみられた牛乳食群について、実験2日目からの尿中CA各成分排泄量の変化を測定し図4に示した。後期の牛乳投与開始直後から尿中NA、DA排泄量が顕著に増加しているのが認められた。

4. 血清カルシウム濃度と尿中カルシウム排泄量

血清カルシウム濃度は、前期のストレス負荷当日朝の値を1として変化比率で示した(図5)が、3群ともほとんど変化がなかった。一方尿中カルシウム排泄量は前期・後期とも負荷前4日目の調整日の値を平均し、前期の調整日を1としての変化率で示した(図5)。前期のストレス負荷では、ほとんど変化はみられないが、後期の炭酸カルシウム、牛乳投与直後から両群ともに増加がみられ、特にその割合は炭酸カルシウムの方が大きく、炭酸カルシウム群($P < 0.01$)、牛乳食群($P < 0.05$)

ともに有意であった。

なお、血漿ビタミンB₂濃度は特に変化はなかった。

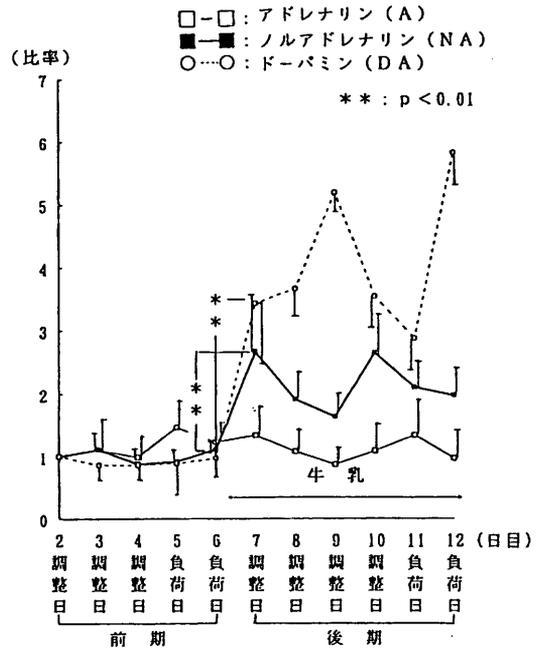


図4 牛乳食群における尿中カテコールアミン(CA)各成分排泄量の変化

比率：前期2日目の値を1としてその変化率で示した。

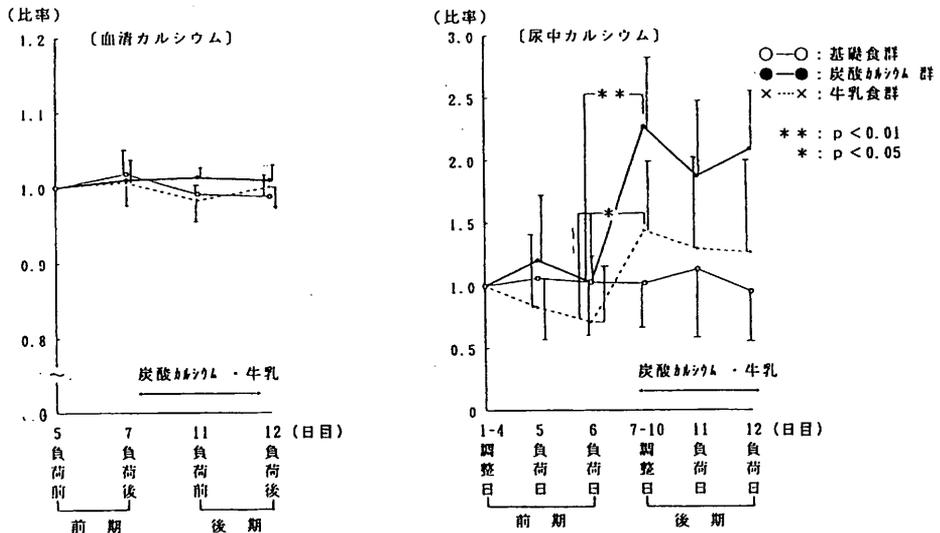


図5 血清カルシウム濃度及び尿中カルシウム排泄量

比率：血清カルシウムは前期のストレス負荷初日の値を1としてその変化率で示した。

尿中カルシウムは前期4日間の調整日の平均値を1としてその変化率で示した。

IV. 考 察

著者らはこれまでに、自覚症状および尿中C A排泄量 (NA, A排泄量) をストレスの指標とし、摂取栄養の差異がストレス負荷時の生体反応にどのように影響するかを検討してきた^{5)~9)}。

これまでの報告では、生体はストレス下において自覚症状数は増加し、NA, Aの尿への排泄が亢進するが栄養バランスのよい食事、特に緑黄色野菜やその成分の1つである β -カロテンやビタミンCは自覚症状を軽減する。しかし一方でC A排泄をさらに促進すると報告してきた⁹⁾。

今回の研究においては牛乳1,000ml,あるいは炭酸カルシウム2.5gの投与を行い、牛乳およびその主成分であるカルシウムの摂取がストレス負荷時の生体反応にどのような影響を及ぼすかを炭酸カルシウム摂取の場合と比較検討した。

生体内のカルシウムは一般に細胞内の情報伝達に重要な役割を担っており、その血中レベルが正常値以下になると神経の興奮性は増大すると云われている¹⁸⁾。緒方・吉植¹⁹⁾によれば一定の基礎食に乳及び乳製品を付加して高たんぱく食にすると、尿中NA排泄量は軽減し、自律神経系の興奮が沈静化する方向に働くとして述べている。

本実験では牛乳摂取後、尿中NA排泄量は増大し、計算負荷による自覚症状数も増加した。一方炭酸カルシウム群ではカルシウム摂取後、C A排泄量も自覚症状数も基礎食群との間にほとんど差は認められなかった。

炭酸カルシウムはリン酸カルシウムなどに比べると吸収されやすく、利用されやすい形態であると高田ら²⁰⁾が報告しているが、本実験では牛乳摂取の場合に比べて炭酸カルシウム摂取の場合、尿中カルシウム排泄量は多かった。カルシウムは糞中にも排泄されるので、これをもって炭酸カルシウムの方が牛乳のカルシウムより吸収が良く利用されやすいとは結論づけられないが、少なくともカルシウム摂取がストレスによる神経生理学的反応を緩和するという結果は得られなかった。しかし図3、図4に示すように牛乳摂取群では特異的に尿中のカテコールアミンとくにノルアドレナリンとドーパミンが増加した。これまでの著者らの研究では尿中カテコールアミンの増加は自覚症状の改善と逆の関係にあることを示してきた^{6), 8), 9)}。本研究の牛乳摂取群ではこの関係が認められなかった。本研究の牛乳食群では牛乳に由来する栄

養素があるため、基礎食群や炭酸カルシウム群と異なる献立であった。したがって牛乳中のカルシウム以外の成分や献立中に含まれる他の食品に由来する成分の影響が考えられる。とくに用いたバナナにはドーパミンやノルアドレナリンを含むことが報告されており^{21), 22)}その影響の可能性も考えられるので、今後さらにこの点について検討していきたい。

V. 要 旨

ストレスと栄養との関係を調査するため、健康な女子大生を対象にカルシウム摂取とストレスの関係について実験を行った。実験は前期6日間、後期6日間とし各期の5日目、6日目に1日6時間の単純計算負荷を行い、前期はいずれも基礎食を摂取させ、後期はカルシウム200mgの基礎食群、基礎食に炭酸カルシウムからカルシウム1000mgを摂取する炭酸カルシウム群、栄養素摂取量は基礎食群と同じとしたカルシウム1000mgの牛乳食群とした。

牛乳および炭酸カルシウムの摂取が自覚症状数に影響を及ぼさなかった。また、基礎食群と炭酸カルシウム群では尿中C Aに差はなかったが、牛乳食群では尿中へのカテコールアミンとくにノルアドレナリンとドーパミンの排泄量の増加がみられた。その原因については明らかではないが、基礎食群や炭酸カルシウム群とは異なる献立を用いたので、牛乳や他の食品中の成分の影響と思われる。

謝 辞

報告を終えるにあたり、ご助言、ご協力頂いた国立健康・栄養研究所の小林修平先生、池上幸江先生、また本実験にご協力頂いた(株)三菱化学ビー・シー・エル、本学学生の皆様に深謝いたします。

引用文献

- 1) 河野友信, 田中正敏: ストレスの科学と健康, pp. 259~274 (1990) 朝倉書店, 東京
- 2) 本間聡起, 秦葭哉: ストレスと疾患, 臨床栄養, 76, pp. 142~146 (1990)
- 3) 河野友信, 田中正敏: ストレスの科学と健康, pp. 2~6 (1990) 朝倉書店, 東京
- 4) 筒井末春: ストレス状態と心身医学的アプローチ, pp. 24~37, (1989) 診断と治療社, 東京

- 5) 苫米地孝之助, 大木和子, 栗原和美, 泰磨正, 文谷 知明, 鎌田豊数, 清水盈行, 三田禮造, 山口功, 斎藤芳枝, 吉原富子, 南雲葉子, 尾関幸子, 西牟田守, 橋本勲, 小林修平: 都市生活者の疲労自覚症状と健康及び食生活状況との関連, 栄養学雑誌, 50, 69~78 (1992)
- 6) 添野尚子, 苫米地孝之助, 三田禮造, 猪俣美知子, 小林修平, 清水盈行: ストレス負荷時の自覚症状及び尿中カテコールアミン等の変化に及ぼす食生活の影響, 栄養学雑誌, 50, 153 ~163 (1992)
- 7) 添野尚子, 三田禮造, 苫米地孝之助, 梶本雅俊, 鈴木妙子, 金田美佐子, 大木和子, 小林修平: 営業マンの自覚症状(ストレス)と食生活との関連, 栄養学雑誌, 51, 123 ~129 (1993)
- 8) 猪俣美知子, 三田禮造, 苫米地孝之助, 添野尚子, 小林修平, 大木和子, 矢野和美: ストレス負荷に伴う自覚症状, 尿中カテコールアミン等の変化に及ぼす食事構成の影響, 栄養学雑誌, 50, 145 ~152 (1992)
- 9) 飯島由美子, 添野尚子, 猪俣美智子, 塩入輝恵, 斎藤禮子, 木元幸一, 苫米地孝之助, 三田禮造, 井上喜久子, 池上幸江, 小林修平: ストレス負荷によって起こる身体的・精神的变化に及ぼす β -カロテン及びビタミンCの影響について, 栄養学雑誌, 53, pp.93 ~102(1995)
- 10) 成宮 学: ストレスと栄養, 臨床栄養, 76, 147 ~150 (1990)
- 11) H.Joborn, P.Hjemdahl, P.T.Larsson, H.Lithell, G.Olsson, L.Wide, R.Bergstrm, S.Ljunghall: Effects of prolonged adrenaline infusion and mental stress on plasma minerals and parathyroid hormone ,Clinical Physiology, 10, 37~53 (1990)
- 12) 厚生省保健医療局健康増進栄養課: 第四次改定日本人の栄養所要量, p.99(1993)第一出版, 東京
- 13) 三田禮造, 苫米地孝之助, 山口功, 添野尚子, 小林修平, 西牟田守, 清水盈行, 大木和子, 栗原和美: ストレス負荷に対する女子大生の身体的及び精神的影響について, 栄養学雑誌, 49, 63~74 (1991)
- 14) 汁 潮, 中西豊文, 中井一吉, 塩見寿太郎, 船橋修之: 全自動カテコールアミン分析計 (HLC-8030) による血中, 尿中カテコールアミン分画測定, 機器・試薬, 11, 635 ~641 (1988)
- 15) 北村元仕: 実践臨床化学, pp.148~158 (1982) 医歯薬出版, 東京
- 16) 日本ビタミン学会: ビタミンハンドブック, pp.72 ~74 (1989) 東京化学同人, 東京
- 17) 高木廣文, 佐伯圭一郎, 中井里史: HALBAUによるデータ解析入門, PP.84~89(1989)現代数学社, 京都
- 18) 内山充: カルシウムの摂取と吸収, 昭和59年度健康情報調査報告, pp.207~225 (1985) 健康体力づくり事業財団, 東京
- 19) 緒方順子, 吉植庄平: 乳及び乳製品が生体に及ぼす効果(第2報), 共立女子大学家政学部紀要, 35, 40~52 (1989)
- 20) 高田幸宏, 末武紀子, 八尋政利, 阿彦健吉, 中島一郎: 各種食品カルシウム剤の in vivoの検討, 雪印乳業技術研究所報告書, 91, 75, 77~84 (1990)
- 21) 杉田浩一, 堤忠一, 森雅史: 新編 日本食品辞典, pp.453~454 (1983) 医歯薬出版, 東京
- 22) 緒方順子, 吉植庄平: カテコールアミン排泄量における食品の影響, 共立女子大学家政学部紀要, 31, 54~59 (1985)