

ストレスに対する各種ビタミンの生体に及ぼす影響

塩入 輝恵*, 飯島由美子*, 斎藤 禮子*, 三田 禮造***

稲葉 由美****, 大島由紀子**, 苫米地孝之助**

(平成7年9月30日受理)

The influence of Various Vitamin on Physiologic Psychologic Responce to Stress

Terue SHIOIRI, Yumiko IJIMA, Reiko SAITOU, Reizou MITA,

Yumi INABA, Yukiko OOSHIMA and Kounosuke TOMABECHI

(Received September 30, 1995)

I 緒 言

我々はこれまでにストレスと栄養に関する一連の実験調査を行ってきた。まずストレスについて、精神的・心理的ストレスを実験する場合のようなストレス負荷が適当であるか、またストレスの指標としてはどのようなものが適当かを研究し^{1) 2) 3)}、ストレスとしては連続計算が、指標としては自覚症状と尿中カテコールアミン(CA)排泄量等であることを見だし、さらにストレスと栄養の関係について調査研究^{4) 5) 6) 7)}を行った結果、バランスの良い食事、特に野菜や果物等の摂取がストレスの指標に好影響をもたらし、さらにはこれらの野菜や果物に多く含まれる栄養素のうちビタミンC及びβ-カロテンがストレスを抑制することを知り得た。但し、前回⁷⁾の実験において実験食中のバナナがストレスの指標に悪影響を与えることが判明したので、今回は栄養所要量を充足し、かつバナナを含む実験食を与えた上で、ビタミンC、β-カロテン、ビタミンE(α-トコフェノール) ビタミンB₁、ビタミンB複合体等の各種ビタミン投与を行ない、その影響を観察したので報告する。

II. 方 法

1. 対 象

対象はヘルシンキ宣言に基づき、予め実験の目的、手順について十分な説明を受け、自発的に協力を申し出た東京家政大学に在籍する女子大学生22名で平均年齢は18.8±0.9平均身長は158.9±5.3cm、平均体重は50.7±6.3kgである。

2. 実験期間

平成6年7月22日から同29日迄の7泊8日(集合は初日の19時、解散は終了日9時)

3. 方 法

被験者の身長、体重、月経の状態等がなるべく等分になるように考慮し、V.C群(基礎食+ビタミンC)、β-カロテン群(基礎食+β-カロテン)、V.E群(基礎食+ビタミンE)、V.B₁群(基礎食+ビタミンB₁)、V.B複合体群(基礎食+ビタミンB複合体)の5群に分け、V.B₁、V.B複合体群は5名ずつ、及びβ-カロテン、V.C、V.E群は4名ずつとした。

(1) 食 事

食事は第5次改定日本人の栄養所要量⁸⁾に基づき、20歳代女子の生活活動強度Iとして各所要量を充足し、特に投与するβ-カロテンの吸収を良くする⁹⁾ことを考慮し、脂肪エネルギー比30%、またビタミンAはレチノール:カロチン比を1:1になるように、同一の食品及び分量を使用した2種類の献立を作成し、これを基礎食と

* 栄養指導論研究室

** 元公衆衛生学第一研究室

*** 弘前大学医学部公衆衛生学教室

**** 静岡県東伊豆町役場

表1 実験スケジュール

期間	1994年	7/22	7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29
ストレス負荷						●	●	●	
採血			●			●			●
体温測定		●	●	●	●	●	●	●	●
血圧測定		●	●	●	●	●	●	●	●
採尿		●	●	●	●	●	●	●	●
自覚症状調査		●	●	●	●	●	●	●	●
食事内容		A	B	A	B	A	B	A	
ビタミンC投与群		←————— +バナナ+V.C (500 mg) —————→							
β-カロチン投与群		←————— +バナナ+β-カロチン (30mg) —————→							
ビタミンE投与群		←————— +バナナ+V.E (100 mg) —————→							
ビタミンB ₁ 投与群		←————— +バナナ+V.B ₁ (10mg) —————→							
ビタミンB複合体投与群		←————— +バナナ+V.Bコンプレックス —————→							

献立A Bの使用食品内容は同じ

表2 実験の献立における栄養摂取量

	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	カルシウム (mg)	鉄 (mg)	マグネシウム (mg)	V. A β-カロチン(μg)		
献立A及びB	1842	78.9	59.9	628	12.0	261	254	1610	
	V. B ₁ (mg)	V. B ₂ (mg)	V. C (mg)	V. E (mg)	脂肪酸 S (mg) M (mg) P (mg)			ナトリウム (mg)	繊維 (g)
	0.70	1.20	49	83	17.29	20.74	13.74	3929	21.74

ストレスに対する各種ビタミンの生体に及ぼす影響

した。但し、献立中にはバナナ150g/日を加えている。これを栄養摂取量で示すと表2のとおりである。

(2) 各種投与

β -カロテン群は β -カロテン30mgをゼラチンカプセル(日本ロッッシュ株式会社により供与をうけたもの)で、V.C群はビタミンCとしてアスコルビン酸原末500mg(岩城製薬株式会社製)で、V.E群はビタミンEとして α -トコフェロール100mgをカプセルで、V.B₁群はビタミンB₁として塩酸チアミン10mgを粉末(武田薬品株式会社製)で、V.B複合体群はビタミンB複合体として塩酸フルスルチアミン、リボフラミン、塩酸ピリドキシ、シアノコバラミンを含む錠剤(武田薬品株式会社製)をそれぞれ連日投与した。

(3) ストレス負荷

実験期間の後半3日間、つまり初日より3日目迄を調整日とし、4、5、6日目にストレス負荷を行った。負荷内容は小学校3・4年生用の計算問題を用い、午前・午後のそれぞれ3時間の一日計6時間の連続計算作業とした。

(4) 調査及び測定

① 自覚症状調査

日本産業衛生協会、産業疲労研究会作成による「疲労調査表(30項目)」より選出した17項目²⁾について5段階評価方式を用い、起床時と就寝時の一日2回、各被験者に記入させた。

② 採尿及び尿中CA排泄量の測定

毎朝6時から翌朝6時まで排泄したものを蓄尿採取し、これを一日尿としてCA3分画排泄量、つまりアドレナリン(A)、ノルアドレナリン(NA)、ドーパミン(DA)排泄量をHPLC-DPE法¹⁰⁾により測定した。(なお、測定は株式会社三菱化学ビー・シー・エルに委託した。)

③ 採血及びビタミンB₁濃度測定

実験一日目及びストレス負荷の前後日(4日目、6日目)の早朝空腹時に肘静脈より5ml採血し、血中ビタミンB₁濃度を測定した。(なお、測定は京都大学医学部衛生学教室に依頼した。)

④ 血圧、体温、身体測定

毎日起床時および就寝時に、オムロンデジタル自動血圧計HEM-719型にて血圧を、水銀体温計にて体温を測定。体重は起床時に、身長は第一日目に測定をした。

(5) 検定方法

以上の測定結果の検定は一元配置分散分析によるBonferroniおよびScheffeの方法¹¹⁾を用いた。

なお、実験スケジュールを表1に示した。

Ⅲ 結 果

実験結果はすべて実験初日の値に対する変化比率で図示した。但し、実験初日における実測値の平均値及び標準偏差は表3のとおりである。

(1) 自覚症状調査

ストレス負荷における自覚症状の訴え数はすべての群において増加が見られた。但し、当日の就寝前と翌朝の起床時では違いが観察される。

就寝前の自覚症状をみると(図1-①)、V.E群が負荷2日目において高値を示しており、3日目では β -カロテン群、V.B₁群が共に減少をしている。これに比べてV.B複合体群は実験初日から減少傾向にあるが、負荷後3日目まで増加している。

起床時の自覚症状をみると(図1-②)、負荷後増加を続けるV.E群に比べ、V.B₁群は2日目より、またその他の群も3日目で減少している。その中でもV.C群および β -カロテン群は実験初日からの変化が緩慢で

表3 実験初日の自覚症状数及び尿・血中の各成分実測値

	V.C群	β -カロテン群	V.E群	V.B ₁ 群	V.B複合体群
就寝前の自覚症状数	24.0±6.0	19.5±2.7	20.5±1.5	27.4±6.6	26.4±8.1
起床時の自覚症状数	27.0±4.6	20.8±3.8	20.8±4.5	28.2±7.5	25.4±9.5
尿中D A排泄量 (μ g/日)	6077.8±666.0	4065.1±279.2	3598.8±904.7	3539.2±208.1	3989.2±1123.1
尿中N A排泄量 (μ g/日)	214.4±26.4	330.9±34.2	195.0±29.3	272.4±74.7	291.2±149.7
尿中A排泄量 (μ g/日)	5.9±1.9	5.5±3.7	5.9±1.7	5.4±1.3	5.8±1.4
収縮期血圧(就寝前)(mg/Hg)	106.8±9.1	99.8±5.4	99.0±4.2	99.8±3.5	102.2±8.3
収縮期血圧(起床時)(mg/Hg)	104.0±5.4	95.3±10.1	96.8±4.0	95.2±3.6	100.4±3.8
血中ビタミンB ₁ 濃度 (μ g/ml)	-	-	-	37.7±9.8	35.2±6.0

M±SD

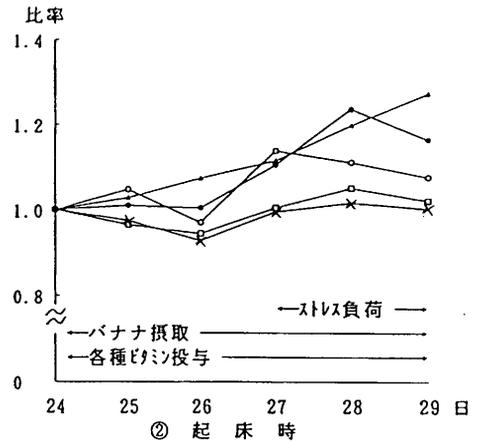
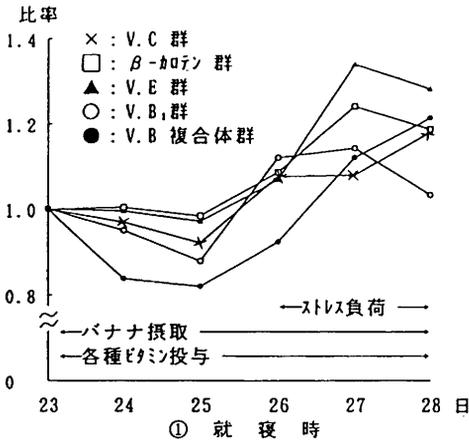


図1 自覚症状の変化

あり、あまり増加していない。

(2) 尿中CA排泄量

尿中CA排泄量の経時的な変化をみた。

DA排泄量をみると(図2-①)、実験前半でV. B 複合体群に減少がみられるが、他群には変化がみられない。また、実験後半の負荷1日目ではV. B 複合体群に増加がみられ、他群は2日目に著しい増加を示し、3日目ですべての群が減少している。つぎにNA排泄量をみると(図2-②)、V. C群およびV. B 複合体群は2日目は1日目とほぼ同値を示し、3日目には減少をしている。一方、A排泄量についてみると(図2-③)、負荷1日

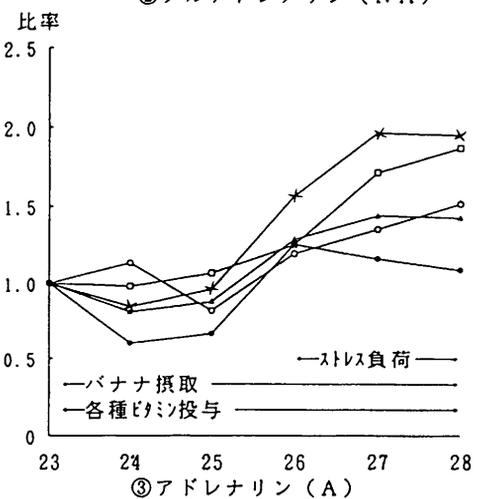
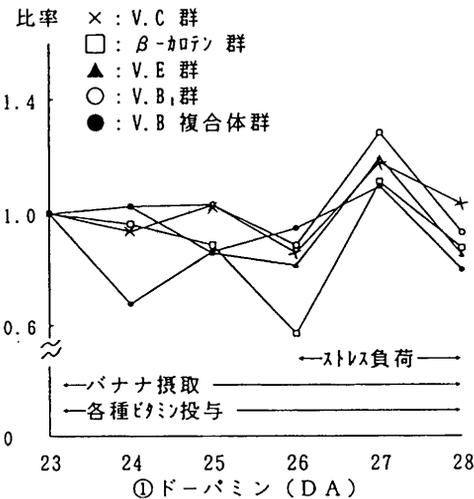
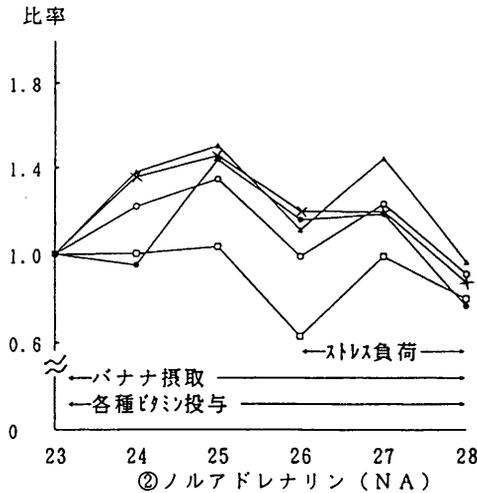


図2 尿中CA排泄量の変化

ストレスに対する各種ビタミンの生体に及ぼす影響

目ですべての群に著しい増加がみられる。その後、V. E群及びV. B複合体群が減少傾向を示している。またβ-カロテン、V. C、V. B₁群は増加をしており、特にβ-カロテン群に著しい増加がみられる。

(3) 血中ビタミンB₁濃度

V. B₁群及びV. B複合体群における各ビタミン投与前、ストレス負荷前、ストレス負荷後での血中ビタミンB₁濃度を図3に示した。V. B複合体群では投与前より、血液中の濃度が投与前に比べ約3倍増加している。V. B₁群では増加はあるものの顕著ではない。

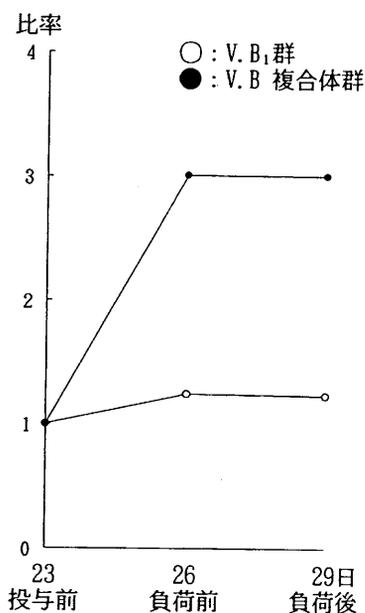
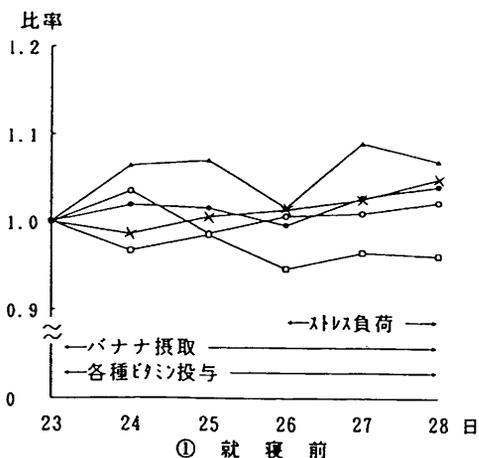


図3 血中ビタミンB₁濃度の変化



(4) 血圧

就寝前及び起床時の収縮期血圧の変化をみると(図4-①, ②), ストレス負荷による変化は就寝前ではV. C群、V. B₁群で僅かな上昇がみられる。また、起床時では負荷によりV. E群が3日目まで上昇をしている。他群は2日目で一端下降し再び上昇をしている。

(5) 体温、体重

体温、体重については5群ともほとんど変化を示さなかった。

IV 考 察

我々はこれまでに、自覚症状および尿中CA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。前回までの実験結果より、この指標としていた尿中CA排泄量のうちDA, NAは、これらを含有する代表的な食品であるバナナに影響されることが判明し、さらにバナナの摂取はストレス負荷後の自覚症状数を増加させること、同時にビタミンC、β-カロテンを投与することでこれが抑制されたことを知り得検討している。

そこで今回は再確認することも含め、栄養所要量を充足し、かつバナナを含んだ食事を与えながら、ビタミンCやβ-カロテン及びこれらと同じ抗酸化作用^{12) 13)}を持つビタミンをも加え、各種ビタミンを投与したうえでストレス負荷を行ない、これらが指標とする自覚症状や尿中カテコールアミン、特にバナナ摂取時でも影響が及ばなかったアドレナリン排泄量の変化など、生体に及ぼす影響を観察した。

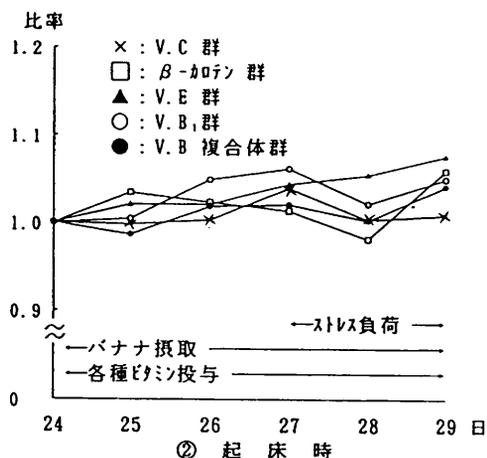


図4 収縮期血圧の変化

つまりバナナを150g含む基礎食とすることで、ストレス負荷時に自覚症状が増加するであろう状態にさせ、ビタミンC、 β -カロテン、ビタミンE、ビタミンB₁、ビタミンB複合体投与を行った各々のグループにおける変化をみた。

ストレス負荷による自覚症状数は、すべての群で増加が見られるが、その増加が最も少ないのがV、C及び β -カロテン群であった。また尿中A排泄量は、V、C、 β -カロテン及びV、B₁群で増加が見られた。

ビタミンCは一般に副腎中に多量に含まれており¹⁴⁾、副腎皮質及び副腎髄質から分泌されるホルモンの合成に欠くことのできないものとされている。すなわちストレス負荷時に大量に副腎から分泌されるAは、アミノ酸の一つでチロシンからドーパ、DA、NAを経て合成される。このうちチロシンを分解するチロシン水酸化酵素の活性¹⁵⁾はビタミンC欠乏時に著しく減少することが知られている。したがってビタミンC欠乏時には副腎中のAは減少する。また、ビタミンCは生体内で脂質過酸化を抑制することが知られており水溶性の抗酸化剤としても用いられている。

β -カロテンは体内でビタミンAに転換することからプロビタミンAとしてはたらくものと考えられていた。しかし、近年この β -カロテンの持つ抗酸化作用が注目され、その制がん効果¹⁶⁾が注目されている。一方、体内で細胞を障害し、発癌作用の促進や動脈硬化の発生さらには細胞の死を招き老化の原因になるとされる活性酵素を主としたフリーラジカルという物質が注目されている。これは分子内に不安定な原子を抱えこれがいろいろな物質を酸化し、障害を与える。このような作用に対して体内では、スカベンジャーと呼ばれる酵素や抗酸化作用⁹⁾のあるビタミンCや β -カロテン、ビタミンEが働きこれを防止している。フリーラジカルはストレス時にも増加するといわれており、これまでの実験⁶⁾でビタミンCや β -カロテンがストレス時に自覚症状を抑制し、尿中A排泄量を増加させたことは、これらの持つ抗酸化作用が関与し、効果を成したのではないかと考えた。

そこで今回の実験で、果してビタミンCや β -カロテンが持つ抗酸化作用であるのか、同じ抗酸化作用を持つ脂溶性ビタミンEすなわち α -トコフェノールについても調べたが、ビタミンCや β -カロテンのような効果は見られなかった。しかしながら脂質の過酸化物生成速度については、 α -トコフェノールに比べ β -カロテンが

100倍も強力とされている¹⁷⁾。つまり抗酸化作用の能力の差を考えるならば、いちがいにストレス抑制に抗酸化作用が全く関与していないとは言えないであろう。

また今回用いたビタミンB複合体に含有されるビタミンB₂についても抗酸化作用があるのではないかとされている¹⁷⁾が、あまり効果はみられなかった。

ビタミンB₁については、糖質代謝に関与し運動などエネルギー代謝が高まることによって血中ビタミンB₁濃度の減少したり、神経の伝達に関与して過労など神経の興奮が高まる場合にはその消費が高まることが知られている。また我々が行った実験結果¹⁾では、連続計算ストレス負荷における尿中A排泄量とビタミンB₁に正相関がみられた。これらのことから、ストレスによるエネルギー代謝の亢進時にはビタミンB₁の消費が高まり、ストレスを抑制するのではないかと考えた。しかしながら今回の実験においてはビタミンCや β -カロテンに似た傾向が見られるものの、その効果は小さかった。

今回の実験でビタミンC群ではビタミンCを所要量の10倍である500mg投与により、また β -カロテン群では β -カロテンを所要量の約6倍である10mgを投与したことで、ストレス負荷による自覚症状の増加を抑制する一方、尿中A排泄量を高めたと考える。またこのことは同時に体内でのホメオスタシスを維持させストレスに対する抵抗力を高めたのではないかと考える。

V 要 旨

ストレス負荷における各種ビタミンの影響をみるため、女子大生22名を対象として、ビタミンC、 β -カロテン、ビタミンE、ビタミンB₁及びビタミンB複合体投与によるストレス負荷時の生体内変化を観察した。

実験期間は6日間で前半3日間、後半3日間にわけ、後半の3日間に1日6時間の連続計算によるストレス負荷を行った。被験者は5群に分け、ビタミンC500mg投与群、 β -カロテン30mg投与群、ビタミンE100mg投与群をそれぞれ4名ずつ、ビタミンB₁10mg投与群、ビタミンB複合体投与群をそれぞれ5名ずつとした。なお、食事は栄養所要量を充足し、かつバナナ150gを含むものとし、各種ビタミン投与は実験初日より行った。

ストレス負荷時における生体内の観察項目は、自覚症状数、尿中カテコールアミン排泄量、血中ビタミンB₁濃度、血圧、体温の変化であり、結果は次のとおりである。

ストレスに対する各種ビタミンの生体に及ぼす影響

- (1) 起床時の自覚症状数は、 β -カロテン群及びビタミンC群が他群に比べあまり増加しなかった。
- (2) 尿中ドーパミン排泄量及びノルアドレナリン排泄量の変化はほぼ同様であり、ストレス負荷1日目で減少し、2日目に増加、3日目で減少していた。
- (3) アドレナリン排泄量は全ての群に増加が見られた。特に β -カロテン群及びビタミンC群が著しい。また、ビタミンB複合体及びビタミンE群は増加するものの2日目で降減少した。
以上のことから、ストレスには栄養所要量を十分に充たした食事に加え、さらに β -カロテン、ビタミンCを多く含んだ緑黄色野菜を摂取することで、その抑制効果を高めることができるのではないかと考える。

謝 辞

報告を終えるにあたり、本実験にあたりご協力頂いた武田薬品株式会社、ならびに本学学生に深謝いたします。

引用文献

- 1) 苫米地幸之助, 大木和子, 栗原和美, 秦鷹正, 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 : 栄養学雑誌, **50**, pp.69~78, (1992)
- 2) 三田禮造, 苫米地幸之助, 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 : 栄養学雑誌, **49**, pp.63~74, (1991)
- 3) 猪俣美知子, 三田禮造, 苫米地幸之助, 添野尚子, 小林修平, 清水盈行, 大木和子, 矢野和美 : 栄養学雑誌, **50**, pp.145~152, (1992)
- 4) 添野尚子, 苫米地幸之助, 三田禮造, 猪俣美知子, 小林修三, 清水盈行, : 栄養学雑誌, **50**, pp.153~163, (1992)
- 5) 塩入輝恵, 飯島由美子, 斎藤禮子, 三田禮造, 添野尚子, 苫米地幸之助 : 東京家政大学研究紀要, **35**, pp.29~35, (1995)
- 6) 飯島由美子, 添野尚子, 猪俣美知子, 塩入輝恵, 斎藤禮子, 木元幸一, 苫米地幸之助, 三田禮造, 井上喜久子, 池上幸江, 小林修平 : 栄養学雑誌, **53**, pp.93~102, (1995)
- 7) 塩入輝恵, 飯島由美子, 稲葉由美, 大島由紀子, 添野尚子, 猪俣美知子, 斎藤禮子, 木元幸一, 苫米地幸之助, 三田禮造, 池上幸江, 小林修平 : 栄養学雑誌, 投稿中
- 8) 厚生省保健医療局健康増進課 : 第五次改定日本人の栄養所要量, (1994), 第一出版(東京)
- 9) Dimitrov, N.V., Meyer, C., Ullrey, D.E., Chenoweth, W., Michelakis, A., Maione, W., Boone, C. and Fink, G. : Bioavailability of β -carotene in humans, *Am. J. Clin. Nutr.*, **48**, pp.298~304, (1988)
- 10) 石井大造, 後藤正志, 河野清勝, 竹内豊英, 森定雄 : 高速液体クロマトグラフィー法, pp.93~97, (1989), 共立出版(東京)
- 11) 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)
- 12) 内山充, 松尾光芳, 嵯峨井勝 : 過酸化脂質と生体, pp.59~66, (1988) 学会出版センター(東京)
- 13) 坂内四郎 : ストレス探究, pp.57~60, (1994) 榊化学同人(京都)
- 14) 鈴江緑衣郎 : *medicina*, **17**, pp.950~954, (1980)
- 15) 坪井昭三他 : 現代の生化学, p.429, (1992) 金原出版(東京)
- 16) 石井晶子 : 臨床栄養, **80**, pp.259~263, (1992)
- 17) 市川富夫 : 臨床栄養, **73**, pp.144~144, (1988)