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

猪俣 美知子^{*1}, 三田 禮造^{*1}, 苫米地 孝之助^{*1}, 添野 尚子^{*1},
小林 修平^{*2}, 清水 盈行^{*3}, 大木 和子^{*3}, 矢野 和美^{*3}
^{*1}東京家政大学, ^{*2}国立健康・栄養研究所, ^{*3}世田谷区保健センター

Effect of Different Diet Constitutions on Stressor-induced Changes of Urinary Catecholamine Excretion and Subjective Symptoms

Michiko Inomata^{*1}, Reizo Mita^{*1}, Konosuke Tomabechi^{*1}, Naoko Soeno^{*1},
Shuhei Kobayashi^{*2}, Michiyuki Shimizu^{*3}, Kazuko Ohki^{*3} and Kazumi Yano^{*3}

^{*1}Tokyo Kasei University, ^{*2}National Institute of Health and Nutrition,

^{*3}Setagaya Medical Center

We attempted to determine subjective symptoms and urinary catecholamine excretion in female students placed on experimental diets and inflicted with stressors for 12 days. Fourteen students were divided into two groups and placed on two different diets, A and B. Diet A satisfied the dietary requirements and was well balanced with all nutrients. Diet B also satisfied the dietary requirements but was not well-balanced because the proportion of the dairy products, vegetables and fruits was reduced while sweets were increased.

The first group was given the diet A for the first six days and then the diet B for the remaining six days. The second group was given the diets in the reverse order. A stressor comprising continuous calculation of math problems was applied for the last three days of the each diet period. Physical examination regarding their height, weight, body temperature, blood pressure and subjective symptoms was performed, and catecholamine excretion in urine was determined.

The following results were obtained.

- 1) Subjective symptoms increased in both of the diet groups when the stressor was applied. In those given the diet A, however, changes were not so remarkable on the first day.
- 2) Urinary excretion of catecholamine, especially that of noradrenaline, increased by the stressor. The increase was greater on the first day in the group A than in the diet B.
- 3) Body temperature and blood pressure also rose due to the stressor, especially among those given diet A.
- 4) The differences between the groups given the experimental diets A and B in body temperature, blood pressure, subjective symptoms and urinary catecholamine excretion may be attributable to different dietary constitutions but also to higher contents of vitamin A and C in the diet A than in the diet B.

Jpn. J. Nutr., 50 (3) 145-152 (1992)

Key words : stress, dietary constitutions, subjective symptoms, urinary catecholamine, body temperature
ストレス, 食事構成, 自覚症状, 尿中カテコールアミン, 体温

緒 言

我々を取り巻く社会にはストレス要因となるストレッサーが数多く存在し、現代生活はまさにストレスの渦中に存在するとさえいえるように思われる。つまり、ストレスを受けることは人間にとって不可避であり、人生はストレスとともに歩まなければならないと考えてもよいであろう。

一般にストレスは、我々にとってマイナス面だけではなく、プラス面つまり適当なストレスがかえって人生を豊かにする面も少なくない。従って、プラス面は残し、マイナス面の強いストレスはできるだけこれを回避したり、予防したり、更にはストレスに対する抵抗力を高めることなどにより、人生をうまく生きることが可能になると考えられる。

ストレスに対する抵抗力を高めるための方法としては、運動による身体の鍛練や自己コントロールによる心の鍛練などが強調されている¹⁾。しかし我々は、ストレスと食事との関係についても大いに注目すべきものと考えている。すなわち、ストレスによって消化器の機能が低下し、栄養素の消化・吸収が妨げられたり、あるいはストレスに対する防御機構として身体の反応が高まり、エネルギーを始め各種の栄養素の必要量が増加したりする。

セリエはストレスによる症状として、胃・十二指腸潰瘍の発生、副腎皮質の肥大、胸腺・リンパ腺の萎縮の3つを挙げている²⁾。このうち胃・十二指腸潰瘍は、ストレスによって胃液の分泌が促進すること、粘膜中の血管が収縮を起こすことなどが原因とされているが、こうしたことが栄養素の消化・吸収に当然大きな影響を及ぼす。またストレスにより、副腎皮質及び髄質から種々のホルモンが分泌されるが、この際ビタミンCが消費されるとともに、組織たん白質も消耗し、体たん白質は減少する³⁾。

こうしたストレスと栄養の関係を更に詳しく知るため、我々は数年来一連の研究を行ってきた。その結果についてはいずれも本誌に発表した^{4,5)}が、今回はこれらの研究をもとに、更に女子大生を対象に、どのような食事をとればストレス負荷による自覚症状や尿中カテコールアミンが変化するかを調べてみた。以下これらについて報告する。

表 1 実験の日程

日程	実験食		体重・体温・ 血 圧 測 定	自覚症状調査	採尿	採血	計算作業負荷
	A	B					
1日	第1班	第2班	○	○	○	○	
2日	第1班	第2班	○	○	○		
3日	第1班	第2班	○	○	○		
4日	第1班	第2班	○	○	○		○
5日	第1班	第2班	○	○	○		○
6日	第1班	第2班	○	○	○		○
7日	第2班	第1班	○	○	○	○	
8日	第2班	第1班	○	○	○		
9日	第2班	第1班	○	○	○		
10日	第2班	第1班	○	○	○		○
11日	第2班	第1班	○	○	○		○
12日	第2班	第1班	○	○	○		○
13日	通	常 食	○			○	

実験方法

1. 期間及び場所

実験期間は昭和63年2月8日から2月21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、実験を行った。

2. 対象

対象は東京家政大学家政学部栄養学科に在学中の女子学生14人であり、いずれもヘルシンキ宣言の趣旨にのっとり、あらかじめ実験の目的、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者である。被験者の平均年齢は21±0.5歳、平均身長は160.9±6.8 cm、平均体重は52.7±3.9 kgである。

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配慮しながら、2群（各群7人ずつ）に分け、実験前半の6日間は第1班を実験食A群、第2班を実験食B群とし、後半6日間は反対に第1班を実験食B群、第2班を実験食A群とした。そして前半、後半とも最後の3日間に1日6時間の連続計算負荷⁴⁾を行い、その影響を観察した。実験の日程は表1のとおりである。

(1) 食事構成

実験食Aは被験者の平均栄養所要量⁶⁾を充足し、しかも摂取食品群はできるだけ偏りのないように配慮したものであるのに対し、実験食Bは栄養所要量を充足させつつも、食品では乳・乳製品、野菜、果実を少なくし、菓子等を多量に与える食事構成とした。また献立は3日間を1サイクルとし、被験者の嗜好に合わせ、しかもそれぞれのサイクル内では毎日の栄養素等摂取量、食品群別摂取量はできるだけ変えないよう工夫した。

実験食A及びBの栄養素等摂取量及び食品群別摂取量は表2のとおりである。

(2) ストレス負荷

前回の三田らの報告⁵⁾で、寒冷暴露（4℃の部屋に入れる）、暗黒椅座（暗黒で目隠しをする）、連続計算の3種類のうち、自覚症状や尿中カテコールアミンの排泄量から、ストレスの影響が最も強かったものが連続計算であったので、今回の負荷はすべて連続計算で行うこととした。すなわち、前半、後半とも午前、午後の3時間ずつ1日6時間、小学校3～4年生の計算問題（市販の計算問題集を用いた）を3日間連続して行わせ、

表2 被験者食の栄養素等摂取量及び食品群別摂取量

	〈栄養素等摂取量〉										〈食品群別摂取量〉			
	エネルギー (kcal)	たん白質 (g)	脂質 (g)	カルシウム (mg)	鉄 (mg)	ビタミンA (IU)	ビタミンB ₁ (mg)	ビタミンB ₂ (mg)	ビタミンC (mg)	食塩 (g)	穀類	いも類	砂糖類	菓子類
実験食A群	1,958	75.1	59.8	804.3	15.7	4,165	1.21	1.52	287.3	11.2	225	144	18	0
実験食B群	2,035	78.6	62.0	614.3	13.5	2,231	1.50	1.13	110.7	15.8	453	108	16	102
											油脂類	25	25	81
											豆類	86		86
											魚介類	94		94
											獣鳥肉類	52		52
											卵類	31		31
											乳類	191		191
											緑黄色野菜	236		236
											その他の野菜	217		217
											果実類	207		207
											その他	56		56
実験食A群														
実験食B群														

間違った箇所は被験者自身で必ず訂正させるようにした。計算の平均解答数は1日1,608±251.8問、正答率は96.6±1.6%であった。

(3) 身体測定、体温及び血圧測定

身長及び皮脂厚は実験初日及び最終日の2回、体重及び体温は実験期間中毎日朝食前に、血圧は起床直後及び就寝前の1日2回測定した。なお、体重は最小限の着衣状態で測定、体温は早朝覚醒時に臥床したままで10分間水銀体温計を用いて腋窩温を測った。血圧はオムロンの自動血圧計HEM-719K型で測定した。

(4) 自覚症状調査

自覚症状調査は毎日就寝前に、前回報告した17項目⁵⁾について、5段階評価方式(表

3)を用いて各被験者に記入させた。これら各項目の合計数をもって1日の自覚症状数とした。

(5) 尿検査

尿は、1日5回に分けて採取した。すなわち、午前7時から12時まで(A尿)、12時から17時まで(B尿)、17時から22時まで(C尿)、22時から翌朝6時まで(D尿)、6時から7時まで(E尿)の5回である。尿は各区ごとにカテコールアミン(ノルアドレナリン及びアドレナリン)濃度を測定し、尿量を乗じて区分ごとの排泄量を算出した。カテコールアミンの測定法は高速液体クロマトグラフィーTHI法によった⁷⁾。なお、1日尿の総量は、これら各区分ごとに測定したカテコールアミン量を合計したものである。

(6) 血液検査

血液は実験初日(1日目)、中間日(7日目)及び最終日(13日目)の3回、いずれも早朝覚醒時に肘静脈より採取し、血液学的検査(赤血球、白血球、血色素、ヘマトクリット等)と、血液生化学的検査(血漿たん白質、ALP、GOT、GPT、血糖、コレステロール、リン脂質等)を行った。なお、測定は一括して(株)BMLに委託した。

(7) 統計手法

統計値の差の検定は、二標本t検定を用いた。

表 3 自覚症状調査表⁵⁾

氏名		年齢			男・女	
番号	項目	0	1	2	3	4
1.	頭が重い					
2.	全身がだるい					
3.	あくびがでる					
4.	頭がぼんやりする					
5.	目が疲れる					
6.	足元が頼りない					
7.	横になりたい					
8.	考えがまとまらない					
9.	話をするのがいやになる					
10.	物事に熱心になれない					
11.	ちょっとしたことが思い出せない					
12.	することに間違いが多くなる					
13.	物事が気にかかる					
14.	きちんとしていられない					
15.	根気がなくなる					
16.	肩が凝る					
17.	腰が痛い					

0, 全く認めない; 1, わずかに認める; 2, 認める; 3, かなり認める; 4, 著しく認める

実験結果

1. 体重の変化

被験者14人の平均体重は1日目の52.7 kgから最終日の52.1 kgに減少し、皮脂厚も平均1.3 mm低下した。摂取エネルギー量は一応それぞれのエネルギー所要量をほぼ充足していると考えられるにもかかわらず、体重の減少がみられたということは、前回の実験⁵⁾と同様な結果であり、やはりストレスの負荷がカテコールアミンの分泌増加や交感神経の緊張状態等を通じて、エネルギー代謝量、特に脂肪の分解を促進させた可能性があると思われる。

2. 自覚症状の変化

自覚症状数は第1班、第2班ともストレス負荷日に多くなるが、よく観察すると、実験食A群においては、自覚症状が負荷第1日目にはあまり変化せず、2日目から急に多くなっている。これに対し実験食B群では、負荷第1日目に特に増加が著しい。このため、実験食A群の自覚症状数（第1班の前半6日間の自覚症状数と第2班の後半6日間の自覚症状数の平均値）と、実験食B群の自覚症状数（第1班の後半6日間の自覚症状数と第2班の前半6日間の自覚症状数の平均値）を比較すると、図1のようになる。先述のストレス負荷第1日目の実験食A群と実験食B群の自覚症状の差がより明確になる。ただし、自覚症状にはかなりの個人差があるため統計的な有意差は認められなかった。

図1 ストレス負荷に伴う自覚症状の変化

3. 尿中カテコールアミン排泄量の変化

尿中ノルアドレナリン、アドレナリンともストレス負荷により排泄量は増加するが、特に実験食A群の増加が著しく、ノルアドレナリン排泄量で実験食B群との間に明らかな有意差が認められた。しかもノルアドレナリン排泄量はストレス負荷の初日に特に多くなるのが特徴的であり、アドレナリン排泄量と若干異なった反応となっている。このため、自覚症状の場合と同じく第1班と第2班の実験食A群と実験食B群の平均値をとって6日間の排泄量の推移をみると（図2）、実験食A群のストレス負荷第1日目にノルアドレナリン排泄量が有意に増加している。これは、ストレス負荷によって副腎からカテコールアミンの分泌量が増加したか、交感神経終末への再摂取が減少したか、あるいはカテコールアミンの代謝が減退したか、いずれかの結果と考えられる。しかし、少なくともカテコールアミンの分泌増があるとすると、それはストレスに対する適応現象の1つと考えられ、実験食A群つまりバランスのとれた食生活はストレスによる自覚症状増加を極力抑制する一方、カテコールアミンの分泌を高めることによりストレスへの適応を高めている可能性があるとして唆される。ただし、2日目以降はノルアドレナリン排泄量も自覚症状数も実験食A群と実験食B群との間にあまり差が認められなくなることから、ストレスが長引けば食事の影響は小さくなるものと推測される。

4. 体温の変化

三田らの実験⁵⁾でストレス負荷に応じて体温の上昇傾向が認められたので、今回も実験食A群と実験食B群との間で体温に差が生じるかどうかを観察した。その結果は図3のとおりで、ストレス負荷に伴い、両群とも体温は上昇するが、ノルアドレナリンと同じく実験食A群のほうが上昇傾向が強いことが分かった（ストレ

図2 ストレス負荷に伴うカテコールアミンの変化

ス負荷第2日目で有意差が認められた)。体温の上昇もストレスに対する適応状態の1つと考えられるので、やはりバランスのよい食事のほうがストレスにはより適合し得る可能性があると考えてよいように思われる。

5. 血圧の変化

起床直後の朝の収縮期、拡張期血圧、及び就寝前の夜の収縮期、拡張期血圧の測定結果は図4のとおりである。三田らの報告⁵⁾と同じく、ストレス負荷により血圧は変動するが、特に実験食A群においてストレス負荷最終日(6日目)における拡張期血圧の上昇傾向が著しかった。しかし、実験食B群との間で統計的な有意差は認められない。

6. 血液検査

三田らの実験⁵⁾では、ストレス負荷により赤血球、白血球、ヘマトクリット値が有意に増加したが、今回の実験ではこうした所見は得られなかった。今回のストレス負荷は連続計算のみなので、連続計算に寒冷暴露や暗黒椅座を加えた三田らの報告と異なるのは、負荷するストレスの種類が影響しているのではないかと考えられ、今後更に検討する予定である。

図3 ストレス負荷に伴う体温の変化

図4 ストレス負荷に伴う血圧の変化

考 察

世田谷区保健センターに來所した一般人を対象に、自覚症状と食事との関係を調査した苫米地らの報告⁴⁾では、食事に問題のある群、特に欠食、たん白質不足、野菜不足、果実が少なく、菓子が多いなど偏った食事をしている群のほうが自覚症状数が多いという結果を得ている。今回の実験はこの知見に基づき、栄養所要量を充足させ、栄養素の欠乏状態にはさせず、摂取食品のみ偏った食事をとらせるという方法をとった。すなわち、果実は実験食A群（バランスのよい食事）の1日207gに対し、実験食B群ではその約1/4に当たる50g、菓子は実験食A群では全く与えず、実験食B群のみ102gを与えた。この他、実験食B群では穀類、獣鳥肉類が多く、逆に乳・乳製品や緑黄色野菜、その他の野菜類を少なくしたメニューとした。食品標準成分表で計算した摂取栄養量は実験食A群と実験食B群との間にほとんど差はなかったが、ただビタミンAで1.8倍、ビタミンCで2.6倍、実験食A群のほうが多かった（表2）。今回の実験でストレス負荷の第1日目に観察された、実験食A群が実験食B群に比べノルアドレナリンの排泄量が多く、自覚症状数が少ないという結果は、摂取食品群の差の他に、こうした栄養素摂取量の差も影響している可能性があるのではないかと考えられる。

すなわち従来の報告で、ビタミンAについては外傷や火傷などのストレスで血清ビタミンAは減少し、その際起こる消化管の出血はビタミンAの投与で発生頻度が減少すること⁹⁾、ビタミンCについてはモルモットを45℃の高温室に入れておくと副腎中のビタミンCは1時間で20%以上減少し、20℃の常温に戻してもなお1時間はビタミンCの減少状態が続き、もとの値の半分以下に低下してしまうことなどが述べられている¹⁰⁾。一般に、ビタミンの所要量は飽和量に安全率を見込んだ形で設定されているものが多いが、ビタミンCなどではストレスによってその必要量は更に増加するものと考えられている¹¹⁾。従って、今回の場合、所要量以上にビタミンA、Cを摂取したことがストレスに対する身体の適応状態に影響している可能性もあるのではないかと考えられる。

要 約

女子大生を対象に、ストレスと栄養との関係を知るため、次のような実験を行った。

- 1) 女子大生14人を2班に分けて12日間宿泊させ、その間第1班は前半6日間が実験食A(栄養所要量を充足させ、かつ摂取食品のバランスのよい食事)、第2班は実験食B(栄養所要量を充足させつつも、乳・乳製品、野菜、果実を少なくし、菓子等を多くした食事)を与え、後半6日間は逆に第1班を実験食B群、第2班を実験食A群とした。
- 2) ストレスとして前半、後半とも後期の3日間(実験4～6日目、及び実験9～12日目)に連続計算負荷(小学校3～4年生の計算問題を1日6時間行わせる)を与え、その間の影響を観察した。
- 3) 実験結果は、まず実験食A群、実験食B群ともにストレス負荷により自覚症状は多くなるが、実験食A群の場合、負荷第1日目の自覚症状数はあまり変化が認められなかった。
- 4) 尿中カテコルアミン排泄量はストレス負荷により増加するが、特に実験食A群で負荷第1日目の増加が著しく、ノルアドレナリンで実験食B群との間に有意差が認められた。
- 5) 体温、血圧ともストレス負荷により増加するが、特に実験食A群のほうが上昇傾向が強かった。
- 6) 実験食A群と実験食B群との間で、ストレス負荷により自覚症状、カテコルアミン排泄量、体温、血圧などに差が認められるのは、摂取食品の違いによる他、ビタミンA、Cの摂取量が実験食Aでは実験食Bよりかなり多いことも関係がある可能性がある。

文 献

- 1) 河野友信, 田中正敏: ストレスの科学と健康, pp.189～209 (1988)朝倉書店, 東京
- 2) Selye, H.: The general adaptation and the diseases of adaptation, *J. Clin. Endocrinol.*, **6**, 117～230 (1946)
- 3) 鈴江緑衣郎: ストレスと栄養, *Medicina*, **17**, 950～963 (1980)
- 4) 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)
- 5) 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)
- 6) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修: 第四次改定日本人の栄養所要量, p.16 (1989) 第一出版, 東京
- 7) 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
- 8) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修: 第四次改定日本人の栄養所要量, pp.134～136 (1989) 第一出版, 東京
- 9) 日本ビタミン学会編: ビタミン学 (I), p.93 (1980) 東京化学同人, 東京
- 10) 鈴江緑衣郎: ストレスと栄養, *Medicina*, **17**, 952 (1980)
- 11) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修: 第四次改定日本人の栄養所要量, pp.68～69 (1989) 第一出版, 東京

(受付: 平成3年8月12日)