

組織銅，アスコルビン酸及び α -トコフェロールに及ぼす 食餌含硫アミノ酸の影響

加藤 範久・楊 本善

(広島大学生物生産学部*)

Effects of dietary sulfur-containing amino acids on tissue levels of copper, ascorbic acid and α -tocopherol in rats

Norihisa KATO and Yang Ben-SHAN

Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University

We previously reported that addition of 5% L-cystine to 10% casein diet caused marked increase in tissue concentrations of ascorbic acid and α -tocopherol and depression in serum activity of ceruloplasmin in rats. In this report, an attempt was made to examine the effects of addition of 0.3%~5% L-cystine, 0.3% L-cysteine and 0.3% L-methionine to 10% casein diet on serum and tissue levels of copper, iron, zinc, ascorbic acid and α -tocopherol. Dietary addition of these sulfur-containing amino acids caused changes in these metabolic parameters. Among these changes, the increases in kidney copper and liver and kidney ascorbic acid and the decrease in the activity of serum ceruloplasmin were prominent and the maximum changes in these responses were observed with the addition of 2.5-5% cystine.

PCB や DDT 等の生体異物をラットに摂取させると血清コレステロールの上昇とともに、血清の α -トコフェロールや銅酵素のセルロプラスミン活性、組織のアスコルビン酸が増加する¹⁾。最近、著者らは生体異物と同様に血清コレステロールを上昇させることが知られているシスチン過剰食についても同様な代謝変動がみられるか否かを検討を加えたところ、血清 α -トコフェロールと組織のアスコルビン酸は血清コレステロールと同様に増加したが、セルロプラスミン活性はシスチン過剰食によって顕著に抑制されることを観察した²⁾。今回は、10%カゼイン食にL-シスチンを0.3%から5%まで段階的に添加した食餌を与え、同様な測定項目と組織の銅、鉄及び亜鉛濃度について検討を加え、あわせて0.3% L-シスチンと0.3% L-メチオニン添加の影響についても調べた。

*所在地：東広島市鏡山1丁目4-4 (〒724)

実験方法

実験動物としてウィスター系雄ラット（体重約80g, 広島実験動物〔株〕）を用いた。3日間市販の固形飼料（MF; オリエンタル酵母〔株〕）で予備飼育したのち, Table 1に示した組成の実験飼料を10日間自由摂取させた。

血清や組織の微量元素は原子吸光法²⁾, セルロプラスミン活性は Schosinsky らの方法³⁾, アスコルビン酸は dinitrophenylhydrazine 法²⁾, α -トコフェロールは HPLC 法²⁾を用いた。血清コレステロールの測定は和光純薬〔株〕のコレステロール-C テストワコーを用いて行った。

結果と考察

各実験飼料群の体重増加, 組織の銅および血清セルロプラスミン活性を Table 2に示した。0.3%のシスチン添加で最大成長を示し, さらに添加量を増加させると, 0.3%シスチン添加群と比べ成長が徐々に抑制された。0.3%システイン添加群と0.3%メチオニン添加群は0.3%シスチン群と同様な体重

Table 1. Composition of experimental diets

Components (%)	Groups						
	10% Casein	0.3% Cys-Cys	1% Cys-Cys	2.5% Cys-Cys	5% Cys-Cys	0.3% Cys	0.3% Met
Casein	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Corn starch	50.0	49.8	49.3	48.3	46.7	49.8	49.9
Sucrose	25.0	24.9	24.7	24.2	23.3	24.9	24.9
Cellulose powder	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Vitamin mixture ¹	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Salt mixture ²	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Cystine	0	0.3	1.0	2.5	5.0	0	0
Cysteine	0	0	0	0	0	0.3	0
Methionine	0	0	0	0	0	0	0.3

1. Katayama, T. et al. J. Nutr. Biochem., 2, 92-96 (1991).

2. Ebihara, K. et al. J. Nutr., 109, 2106-2116 (1979).

Table 2. Effects of dietary sulfur-containing amino acids on growth and copper status in rats

	Gains in body wt. g/10 days	Copper			Ceruloplasmin activity unit/100ml
		Liver $\mu\text{g/g tissue}$	Kidney $\mu\text{g/g tissue}$	Serum $\mu\text{g/100ml}$	
10 % Casein	4.2 $\pm$ 1.8 ^{a1}	7.09 $\pm$ 0.48 ^a	1.75 $\pm$ 0.34 ^a	162 $\pm$ 4 ^{ab}	17.2 $\pm$ 0.8 ^a
0.3 % Cys-Cys	64.8 $\pm$ 3.9 ^b	4.14 $\pm$ 0.37 ^b	4.35 $\pm$ 0.59 ^b	124 $\pm$ 7 ^c	10.6 $\pm$ 0.7 ^b
1 % Cys-Cys	56.4 $\pm$ 3.6 ^c	4.83 $\pm$ 0.43 ^b	5.28 $\pm$ 0.39 ^{bc}	134 $\pm$ 9 ^c	11.6 $\pm$ 1.1 ^b
2.5 % Cys-Cys	35.0 $\pm$ 2.4 ^d	5.45 $\pm$ 0.67 ^{bc}	7.72 $\pm$ 0.60 ^d	133 $\pm$ 5 ^c	6.2 $\pm$ 0.8 ^c
5 % Cys-Cys	0.1 $\pm$ 1.9 ^a	6.73 $\pm$ 0.39 ^{ac}	6.94 $\pm$ 0.62 ^d	179 $\pm$ 10 ^a	6.3 $\pm$ 0.9 ^c
0.3 % Cys	64.0 $\pm$ 2.3 ^b	5.15 $\pm$ 0.29 ^b	5.46 $\pm$ 0.95 ^c	140 $\pm$ 8 ^{bc}	11.9 $\pm$ 0.8 ^b
0.3 % Met	64.4 $\pm$ 3.2 ^b	5.20 $\pm$ 0.52 ^b	3.01 $\pm$ 0.43 ^c	147 $\pm$ 14 ^{bc}	13.0 $\pm$ 1.5 ^b

1. Means $\pm$ SE (N=6). Means not followed by the same letter are significantly different ($p < 0.05$).

増加を示した。血清のセルロプラスミン活性は著者らの以前の報告²⁾と同様に、シスチン過剰食で抑制され、0.3%のシスチン、システインあるいはメチオニンの添加でも有意に抑制された。血清銅は0.3～2.5%シスチン添加群で若干の低下がみられたが、その他の添加群では変動はみられなかった。肝臓の銅は10%カゼイン群および5%シスチン添加群以外の群で若干低い値を示した。腎臓の銅はシスチン添加により増加し、シスチン2.5%までは添加量の増大とともに増加していた。0.3%のシステインとメチオニンの添加も腎臓の銅を増加させた。

Table 3 に組織の鉄と亜鉛濃度を示した。肝臓の鉄はいずれの含硫アミノ酸添加群でも減少がみられ、1%シスチン添加群で最も顕著な低下がみられた。腎臓の鉄については5%シスチン群で若干高い値を示したが、あまり変動はみられなかった。血清の鉄は0.3%および1%シスチンと0.3%メチオニン添加群でやや高い値を示した。肝臓の亜鉛は5%シスチン添加群で高い値を示し、腎臓の亜鉛は2.5%と5%のシスチン添加群で若干高い値を示した。血清亜鉛はシスチンの添加量の増加に伴い増加し、シスチン2.5%の添加で最大値を示した。0.3%のシステイン添加でも血清亜鉛の増加が示された。

Table 4 に組織のアスコルビン酸および α -トコフェロールのデータを示した。シスチンの添加量の増加に伴い肝臓のアスコルビン酸の増加がみられ、5%シスチンの添加で最大値が得られた。0.3%システインならびにメチオニンの添加でも増加がみられ、それらの影響は同じ添加レベルの0.3%シスチ

Table 3. Effects of dietary sulfur-containing amino acids on iron and zinc status in rats

	Iron			Zinc		
	Liver	Kidney	Serum	Liver	Kidney	Serum
	$\mu\text{g/g tissue}$		$\mu\text{g/100ml}$	$\mu\text{g/g tissue}$		$\mu\text{g/100ml}$
10 % Casein	87.3 $\pm$ 6.6 ^{a1}	45.9 $\pm$ 3.1 ^{ab}	225 $\pm$ 23 ^a	26.2 $\pm$ 2.2 ^a	21.1 $\pm$ 0.6 ^a	113 $\pm$ 5 ^a
0.3 % Cys-Cys	47.6 $\pm$ 4.7 ^{bc}	37.8 $\pm$ 3.2 ^b	463 $\pm$ 60 ^b	23.8 $\pm$ 1.4 ^a	27.6 $\pm$ 1.3 ^{bc}	169 $\pm$ 8 ^{bc}
1 % Cys-Cys	31.9 $\pm$ 2.1 ^c	40.5 $\pm$ 2.8 ^b	467 $\pm$ 8 ^b	24.8 $\pm$ 1.2 ^a	23.8 $\pm$ 1.4 ^{abc}	181 $\pm$ 18 ^b
2.5 % Cys-Cys	34.1 $\pm$ 4.1 ^c	39.9 $\pm$ 2.5 ^b	359 $\pm$ 45 ^{ab}	27.4 $\pm$ 0.9 ^a	34.5 $\pm$ 3.6 ^d	232 $\pm$ 15 ^d
5 % Cys-Cys	61.0 $\pm$ 4.4 ^b	51.2 $\pm$ 3.6 ^a	303 $\pm$ 28 ^{ac}	33.1 $\pm$ 3.3 ^b	29.4 $\pm$ 3.1 ^{bd}	228 $\pm$ 12 ^d
0.3 % Cys	60.0 $\pm$ 11.4 ^b	43.4 $\pm$ 2.3 ^{ab}	337 $\pm$ 65 ^{ab}	25.7 $\pm$ 1.3 ^a	24.8 $\pm$ 2.0 ^{abc}	153 $\pm$ 12 ^{bc}
0.3 % Met	49.1 $\pm$ 4.0 ^{bc}	39.9 $\pm$ 3.7 ^b	424 $\pm$ 75 ^{bc}	22.5 $\pm$ 0.5 ^a	19.3 $\pm$ 1.0 ^a	135 $\pm$ 13 ^{ac}

1. Means $\pm$ SE (N=6). Means not followed by the same letter are significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Effects of dietary sulfur-containing amino acids on tissue levels of ascorbic acid and α -tocopherol in rats

	Ascorbic acid		α -Tocopherol			Serum Cholesterol
	Liver	Kidney	Liver	Kidney	Serum	
	$\mu\text{g/g tissue}$		$\mu\text{g/g tissue}$		mg/100ml	
10 % Casein	97 $\pm$ 8 ^{a1}	43 $\pm$ 4 ^a	21.3 $\pm$ 2.0 ^a	23.4 $\pm$ 3.4 ^a	0.67 $\pm$ 0.06 ^a	82 $\pm$ 5 ^a
0.3 % Cys-Cys	145 $\pm$ 9 ^b	76 $\pm$ 7 ^b	37.8 $\pm$ 2.4 ^{ab}	37.4 $\pm$ 5.4 ^a	1.30 $\pm$ 0.08 ^b	94 $\pm$ 2 ^a
1 % Cys-Cys	189 $\pm$ 18 ^c	99 $\pm$ 16 ^b	48.0 $\pm$ 5.4 ^b	31.3 $\pm$ 2.3 ^a	1.30 $\pm$ 0.14 ^b	99 $\pm$ 6 ^a
2.5 % Cys-Cys	205 $\pm$ 14 ^c	86 $\pm$ 12 ^b	42.2 $\pm$ 4.5 ^b	26.5 $\pm$ 3.6 ^a	1.38 $\pm$ 0.14 ^b	120 $\pm$ 7 ^b
5 % Cys-Cys	272 $\pm$ 19 ^d	135 $\pm$ 16 ^c	38.2 $\pm$ 7.0 ^{ab}	30.8 $\pm$ 6.0 ^a	1.15 $\pm$ 0.17 ^b	122 $\pm$ 6 ^b
0.3 % Cys	200 $\pm$ 17 ^c	113 $\pm$ 15 ^b	54.4 $\pm$ 9.9 ^b	34.4 $\pm$ 5.8 ^a	1.24 $\pm$ 0.07 ^b	83 $\pm$ 6 ^a
0.3 % Met	191 $\pm$ 8 ^c	98 $\pm$ 7 ^b	51.8 $\pm$ 9.3 ^b	27.9 $\pm$ 2.7 ^a	1.39 $\pm$ 0.23 ^b	83 $\pm$ 8 ^a

1. Means $\pm$ SE (N=6). Means not followed by the same letter are significantly different ($p < 0.05$).

ン添加群と比べ、より顕著であった。腎臓のアスコルビン酸についても同様な変動がみられた。

肝臓と血清の α -トコフェロールについても含硫アミノ酸の添加で増加がみられたが、含硫アミノ酸添加群の間では有意な差はみられなかった (Table 4)。腎臓の α -トコフェロールも同様な変動傾向を示したが、有意な変動ではなかった。低タンパク質食と比べ高タンパク食では組織の α -トコフェロール含量が増加することが報告されているが⁴⁾、さらに本実験で、10%カゼイン食への0.3%のシスチン添加により、成長が促進され栄養価が改善されると、血清や肝臓の α -トコフェロールも増加することが示された。

本実験ではシスチンの添加レベルを段階的に変えて検討を行った。その結果、最大成長を示す0.3%シスチン添加食と比べ、それ以上の添加量でアスコルビン酸や銅代謝が興味ある応答を示した。今後はこれら両者の代謝変動の機構について詳細に解析する予定である。

文 献

1. OHCHI, H., T.KUSUHARA, T. KATAYAMA, K. OHARA, and N. KATO (1987) J. Nutr. Sci. Vitaminol. 33: 281
2. KATAYAMA, T., J. HAYASHI, M. KISHIDA and N. KATO (1990) J. Nutr. Sci. Vitaminol. 36: 485
3. SCHOSINSKY, K. H., H. P. LEHMANN and M. F. BEELER (1974) Clin. Chem. 20: 1556
4. 里村由紀子, ナワラット・チャレアンポン, 木村美恵子, 糸川嘉則 (1989) 微量栄養素研究 6: 107