

投与たん白質の種類が貧血関連 ミネラルの動きに及ぼす影響

EFFECT OF DIETARY PROTEIN SOURCE ON METABOLISM
OF ANEMIA-RELATED MINERALS

鈴木和春・菅家祐輔・五島孜郎（東京農業大学農学部）

Kazuharu SUZUKI, Yusuke KANKE and Shiro GOTO

Department of Nutrition, Tokyo University of Agriculture

ABSTRACT

Present studies were performed to investigate the influence of dietary protein [soy protein isolate (SPI) and casein] and iron level on the iron, copper and zinc utilization and their contents in several organs, using 24 male albino rats of the Wistar strain with initial body weight averaging 50g.

1) On the iron utilization: SPI intake group showed no effect on the iron retention with or without iron supplement in a period of the balance test.

2) On the copper utilization: SPI intake group showed the higher copper retention compared with casein intake group with low dietary iron level.

3) On the zinc utilization: Low iron diet showed a tendency of increasing zinc retention compared with high iron diet.

4) Iron, copper and zinc concentrations in organs: Low iron diet showed the decrease in iron level and increase in copper level in liver. And this influence reduced in SPI supply compared with casein supply.

SPI supply enhanced the iron level in the femur compared with casein supply with low iron diet.

開発途上国において摂取たん白質のレベルが低く、また質的な問題も加味され貧血症の多いことが指摘されている¹⁾。そこで被験動物を用い、低たん白質レベルで、かつ鉄レベルも変えた飼料摂取時における鉄および、これに関連のある銅、亜鉛について、これらの出納、さらにはこれら元素の蓄積が多いとされている肝臓、腎臓中の濃度を測定し投与たん白質との関係を観察した。

実験方法

体重50 g前後のWistar系雄ラット24匹を用いた。

投与した飼料の組成は、Table 1に示すように、たん白質源として分離大豆たん白質 (SPI) およびカゼインを用い、そのレベルを10%とした。鉄量の変化については鉄源としての、 $\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を添加、あるいは無添加することにより調整した。そして、これらの飼料で約1カ月間、室温 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度60%の環境下で飼育した。

被験動物はステンレス製の代謝ケージに1匹ずつ入れて観察し、その間2回の出納試験をおこなった。

飲料水は蒸留水を用い自由に摂取させた。所定期間の飼育後、頸動脈より脱血死させ、肝臓、腎臓を速や

Table 1. Diet composition

	○	△	●	▲		Fe+	Fe-
Protein							
Casein	10		10		Casein	○	●
Soybean (SPI)		10		10	SPI	△	▲
Corn starch	80	80	80	80			
Corn oil	5	5	5	5			
Mineral mix*	4	4	4*	4*			
Vitamin mix**	1	1	1	1			

	N (mg/g)		Fe (μg/g)		Cu (μg/g)		Zn (μg/g)	
Expt.	-----in above diet-----							
period	I	II	I	II	I	II	I	II
○	14.3	14.9	53	56	17	20	13	12
△	14.2	14.3	72	67	21	26	12	14
●	14.0	15.0	13	12	16	20	12	14
▲	14.0	14.8	22	27	23	26	13	13

* Fe (C₆H₅O₇)·6H₂O was excluded from Harper's mixture (*J. Nutr.*, 68, 405, (1959))

**One gram of mixture contains (in mg except for vitamins B₁₂, A, and D); thiamine nitrate 1.0, riboflavin 1.5, niacin amide 10.0, pyridoxine hydrochloride 1.0, folic acid 0.15, ascorbic acid 37.5, calcium pantothenate 2.5, vitamin K₄ 0.2, α-tocopherol 1.0, vitamin B₁₂ 1.0μg, vitamin A 2500 IU, vitamin D 200 IU and choline chloride 100.

かに摘出し、また参考までに大腿骨を摘出し、鉄、銅、亜鉛の測定に供した。

飼料、排泄物、臓器中の鉄、銅、亜鉛の測定は原子吸光分析法（日立 208 型原子吸光分析装置）によりおこなった。

結 果 と 考 察

1. 飼料摂取と体重増加量

Fig. 1 に示すように第 1 回出納時では 4 群ともに飼料摂取量に差がなく、体重増加量にも差がみられなかった。

しかし第 2 回出納時では鉄添加食群間で摂取量の差と共に体重増加量にも差がみられ、SPI 投与は低値 ($P < 0.01$) を示した。

鉄無添加食群間では飼料摂取量に差がみられないのに体重増加量の上に差がみられた。

2. 窒素出納

第 1 回出納では Fig. 2 に示すように 4 群とも窒素の吸収に差はみられないが、SPI 投与はカゼイン投与に比し、鉄の添加、無添加に関係なく尿中窒素排泄を高め、その結果、体内保留量の低下を招来した ($P < 0.001$)。

第 2 回出納では、鉄添加食群で第 1 回出納成績と同

じ傾向を示したが ($P < 0.05$)、鉄無添加食群では投与たん白質による差がみられなかった。なお、この群は飼料摂取量がほぼ同じであり（飼料中窒素濃度も同一）、したがって絶対量の上でも差がみられない。しかし体重増加の上で差の生じる結果を得た。

3. 鉄、亜鉛、銅の体内保留

鉄については Fig. 3 に示すように、前報²⁾同様、鉄無添加食は添加食に比して概して低値を示した。ところで、鉄無添加食では第 1、2 回出納期ともに差がみられず、かつ第 2 回出納では SPI 投与はカゼイン投与のように鉄の添加、無添加による影響をうけていない。

これは SPI の鉄含量がカゼインより高いことに起因する²⁾ものと考えるが、次に記す亜鉛の出納とも関係があるのかもしれない。

亜鉛について鉄添加食では SPI 投与が第 1 回出納より第 2 回出納で高い体内保留を示した。しかし鉄無添加食ではカゼイン投与で、この傾向がみられた。さらに鉄無添加食は添加食に比し亜鉛の体内保留の高値傾向を示している。

このことは亜鉛の出納に投与たん白質の質と共に飼料中鉄レベルがからみ合っているように思われる。

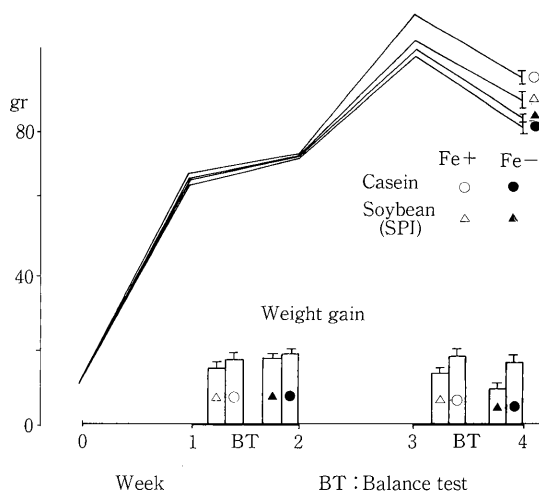


Fig.1 Food intake curve

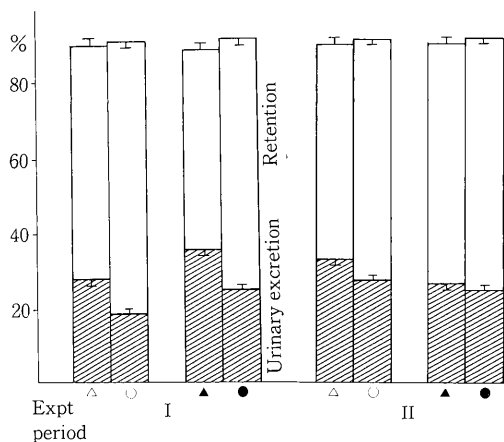


Fig.2 Nitrogen balance (% of intake)

貧血を惹起したウサギに鉄、銅そして亜鉛を投与すると鉄、銅だけの投与に比し、ヘモグロビンの増加が速いといわれている³⁾。

銅については鉄無添加食で SPI 投与がカゼイン投与に比し高値を示した ($P < 0.01$)。これは Table 1 にみられるように SPI 由来の銅量がカゼインのそれより多いことによるものであろう。

ところで鉄無添加食で鉄の体内保留が鉄添加食に比し低いために銅の体内保留が高値を示し、逆に鉄添加食では鉄の体内保留が高いために銅の体内保留をおさえたのではないかと考える。この現象を説明する報告は見当たらないが、鉄の沈着、移動に銅が関与することは知られており、体内保留鉄が多く鉄の移動をひんばんに行わなくてもよいことが上記のような結果を招来したのかもしれない。

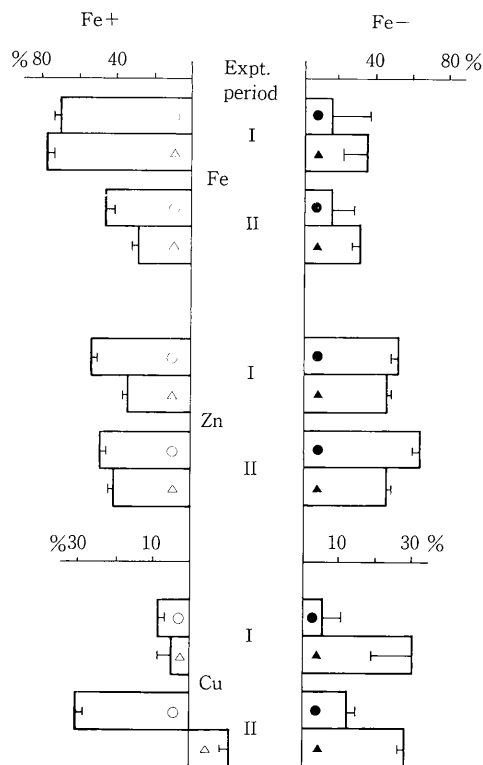


Fig.3 Retention of Fe, Zn and Cu (% of intake).

4. 臓器中铁、銅、亜鉛濃度

Table 2 に肝臓、腎臓、大腿骨中の濃度を示した。肝臓鉄濃度は鉄無添加食で減少し ($P < 0.001$)、銅濃度は逆に増加傾向ないしは増加 (カゼイン投与で $P < 0.05$) を示した。これは Sourkes ら⁴⁾のいうセルロプラスミンの作用によるものと解される。

亜鉛濃度は飼料中铁の添加、無添加に無関係にカゼイン投与で高値 ($P < 0.001$) を示した。これはカゼイン投与が亜鉛の体内保留を高めたことに由来するものであろう。

腎臓鉄濃度は鉄無添加食で投与たん白質に関係なく高値 ($P < 0.001$) を示した。ところで鉄無添加食では尿中铁排泄率が添加群に比し高値 ($P < 0.01$) を示したが絶対量の上では有意差はみられなかった。一般に細胞外液の鉄は常にトランスフェリンと結合した状態にあり、腎から濾過されて尿に排泄される可能性は少ない⁵⁾といわれている。したがって鉄無添加食で腎臓中に多量の鉄を検出したことはヘモグロビン合成に動員する鉄が腎臓中に貯蔵されていると考えた方がよいのであろう。

腎臓亜鉛濃度は鉄無添加食でカゼイン投与が SPI 投与に比し高値 ($P < 0.01$) を示した。

Table 2. Concentration of Fe, Cu and Zn in organs

	SPI	Casein
<u>Liver</u>		
	Dry weight, mg	
Fe+	1,790±70	1,460±40
Fe-	1,630±90	1,320±20
	Fe, µg/whole tissue	
Fe+	606±36	645±33
Fe-	401±29	333±36
	Cu, µg/whole tissue	
Fe+	108±10	80±10
Fe-	117±13	120±15
	Zn, µg/whole tissue	
Fe+	91±4	116±3
Fe-	88±4	127±4
<u>Kidney</u>		
	Dry weight, mg/right side	
Fe+	98±3	107±4
Fe-	97±1	102±3
	Fe, µg/whole tissue (right side)	
Fe+	39±3	38±2
Fe-	69±3	57±6
	Cu, µg/whole tissue (right side)	
Fe+	4±1	4±0
Fe-	4±0	4±0
	Zn, µg/whole tissue (right side)	
Fe+	14±2	15±1
Fe-	12±0	15±0
<u>Femur</u>		
	Dry weight, mg(right side)	
Fe+	148±4	162±2
Fe-	135±2	152±3
	Fe, µg/right side	
Fe+	24±1	26±2
Fe-	21±1	15±1
	Cu, µg/right side	
Fe+	3±0	4±1
Fe-	4±0	4±0
	Zn, µg/right side	
Fe+	21±1	33±1
Fe-	21±1	32±1

大腿骨では鉄無添加で骨重量の減少化に影響し ($P < 0.05$), 鉄濃度はカゼイン投与で鉄無添加のとき明らかな低値 ($P < 0.001$) を示した。亜鉛濃度はカゼイン投与が SPI 投与に比し高値 ($P < 0.001$) を示した。

要 約

SPI およびカゼインを用い低たん白質食下で飼料鉄レベルを変えて鉄, 銅, 亜鉛の出納および肝, 腎, 大腿骨中のこれらミネラルの濃度を測定した。

使用した動物は幼若な Wistar 系雄ラットである。

出納成績: 鉄出納は一般に飼料への鉄添加で高い体内保留を示した。

鉄無添加食は添加食に比し亜鉛の体内保留を高めた。SPI 投与はカゼイン投与に比し鉄無添加食で高い銅の体内保留を示した。

臓器中鉄, 銅, 亜鉛濃度: 鉄無添加食で肝臓鉄濃度は減少し銅濃度は増加したが, SPI はカゼインに比し, この程度は小さかった。カゼインは肝臓および大腿骨中の亜鉛濃度を高めた。SPI は鉄無添加食でカゼイン投与に比し大腿骨中の鉄濃度を高めた。鉄無添加食は腎臓鉄濃度を高めた。

文 献

- 1) SUPA NA-NAKORN (1980): Nutritional anemia in Thailand. Abstract of The Third Asian Congress of Nutrition. (Jakarta), p117~118.
- 2) 五島孜郎, 鈴木和春, 菅家祐輔 (1981): 投与たん白質の種類と鉄利用効果の関係。大豆たん白質栄養研究会会誌, 2, 91-95.
- 3) 白石, 松本 (1972): 亜鉛, からだの科学, No.45, 34-37.
- 4) SOURKES, T.L., LLOYD, K., and BIRNBAUM, H (1968): Inverse relationship of hepatic copper and iron concentration in rats fed deficient diets. *Can. J. Biochem.*, 46, 267-271.
- 5) 細谷憲政編 (1980): 栄養学 (2). 代謝と生理, p.159 有斐閣