鉄欠乏食投与と窒素出納との関係

鈴木 和 春, 菅 家 祐 輔, 五 島 孜 郎

東京農業大学栄養学科

The Nitrogen Balance of Rats Fed an Iron Deficient Diet

Kazuharu SUZUKI, Yusuke KANKE, Shiro GOTO

Department of Nutrition, Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo

J. Jap. Soc. Nutr. Food Sci. 35, 397~400, (1982) Weanling Wistar-strain male and female rats were fed a normal or an iron-deficient diet for 8 weeks. Body weight measurement and nitrogen, calcium, magnesium and phosphorus balance tests were carried out.

Results were as follows. Male and female rats fed the iron-deficient diet had a severe iron deficiency anemia.

Male rats fed the iron-deficient diet decreased food consumption, body weight gain and food efficiency.

Iron-deficient diet group showed a half nitrogen retention, comparing with normal diet group. A decrease in absorption of calcium, magnesium and phosphorus were also observed.

(Received February 3, 1982)

乳児および小児でみられる貧血は食事性貧血で、とくに鉄欠乏性貧血であるといわれている¹⁾。また鉄欠乏によるラットの体重変化については成熟ラットに鉄欠乏食を投与しても体重変化が見られず²⁾³⁾、しかし幼若ラットを用いた鉄欠乏性貧血の研究においては、体内の鉄欠乏が進むことにより飼料摂取量、体重増加量の減少をきたすことが、多くの研究者によって報告³⁾⁴⁾されている。

ところで、鉄欠乏食投与による体重変化をN出納の面より観察した報告はみられず、幼若ラットからの鉄欠乏食投与での鉄欠乏とN出納の関係について検討し、さらに、Ca, P, Mg 出納についても参考までに観察したので報告する。

実 験 方 法

被験動物として体重 50 g 前後の雄雌 Wistar 系ラットそれぞれ 12 匹を用い、Table 1 に示す正常食にて 2 日間予備飼育後、各群 6 匹ずつ無作為に 4 群に分け、鉄欠乏食 (Fe : 10 ppm) と正常食 (Fe : 50 ppm) にて 8 週間飼育し、Fig. 1 に示す飼育期間中の太線部分で 2~3 週間 (出納Ⅰ期) と 7~8 週間 (出納Ⅱ期) の 2 回にわたって、毎日、尿尿を分離採取し出納試験を行なった。

飼料および飲料水 (蒸留水を用いた) は自由にとらせ飼育終了後殺し血液中ヘモグロビン値 (Hb) を測定し

た。血中 Hb はシアノメトヘモグロビン法⁵⁾で飼料および尿尿のNはマイクロケルダール法⁶⁾、Ca, Mg は原子吸光法、Pは Gomori 法⁷⁾によって測定した。

得られた数値については推計学的検定を行なった。

結果および考察

血中 Hb 値は雄で正常食群 (N群) が 15.6 ± 0.3 g/dl、鉄欠乏食群 (D群) が 4.6 ± 0.3 g/dl であり、雌ではN群が 15.4 ± 0.4 g/dl、D群で 7.0 ± 0.6 g/dl の値を示し、雄雌とも鉄不足食で極度の貧血を呈した。ところで飼料中の鉄不足が血中 Hb 値を低下させることは多く報告されており³⁾⁴⁾、また貧血の程度にも性差があることも知られている⁸⁾⁹⁾。

体重変化と飼料効率およびN保留量の結果を Table 2 に示した。鉄欠乏食投与の雄は体重増加量が低く、体重増加の低下が強く見られた飼育後半 (出納Ⅱ期) での飼料摂取は正常食群に比し約 30% 減、飼料効率においては約 70% の低下率を示した。また鉄欠乏群はN保留量が正常食群に比較して約 1/2 量であった。ところで鉄欠乏食群のN摂取量が正常食群に比較して少ないので、保留量を摂取量に対する割合で見ても鉄欠乏群は正常食群の約 30% 減の保留率であった。また、出納Ⅱ期では保留N 1 g 当たりの体重増加量にかなりのばらつきが見られた。

成長割合におよぼす鉄欠乏状態の変化は欠乏が進行す

Table 1. Composition of diets.

	Normal (Fe-adequate)	Fe-deficiency (%)
Casein, milk	22	22
Starch, corn	32	32
Sucrose	30	30
Mineral mix. ^a	4	4*
Vitamin mix. ^b	2	2
Cellulose ^c	5	5
Oil, corn	5	5
Fe	50	10
Cu (ppm)	18	18
Zn	15	15

^a According to Harper, A.E. : *J. Nutr.*, 68, 408 (1959).

* $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{H}$ in mineral mix. was excluded.

^b Takeda Panvitan powder.

^c Toyo Seisakusho Co.

るにつれて摂取量の減少と同様にN利用が低下するため、成長が阻害されたものと推察される。しかし、雌では血中 Hb 値が雄と同程度の値であるにもかかわらず鉄欠乏が成長阻害に強く反応する結果を示さなかった。

この結果は雄のほうが鉄欠乏による生体内変化を強く表面に表わしやすいことを物語っており、さきにもこれと同様の結果を得ている。したがって鉄欠乏による体重変化はN保留の低下が1因子であると思われる。

鉄欠乏食投与による N, Ca, Mg および P 出納の結果については Table 3 に示すとおりである。鉄欠乏食群は出納Ⅱの雄において Ca, Mg および P の吸収率の低下が見られ、また N, Ca, Mg, P の体内保留率も低下した。鉄欠乏におけるN出納への影響についての報告はいまだ著者らは接しておらず今後さらに検討が必要である。

Fig.1. Design of balance test (BT).

* Indicate the experimental period.

Table 2. Changes of body weight, food intake and nitrogen retention by iron-deficient diet.

	Male				Female			
	I		II		I		II	
	N	D	N	D	N	D	N	D
Starting wt. (%)	138.5	133.8	324.7	264.5	127.0	121.0	215.0	197.8
	±1.6	±1.2	±3.3	±9.9	±0.8	±1.0	±4.1	±5.0
Final wt. (g)	178.1	171.3	372.6	271.5	152.0	141.3	227.2	204.9
	±0.9	±1.4	±7.5	±10.3	±1.1	±1.0	±2.8	±5.5
Weight gain (g/7 days)	39.6	37.8	30.4	7.0	26.4	20.3	8.8	8.8
	±2.5 ^a	±1.5 ^b	±4.7 ^c	±5.8*	±1.8 ^a	±2.0 ^{b*}	±2.0 ^c	±1.1
Food intake (g/7 days)	101.7	88.2	130.5	86.9	94.9	88.2	93.3	80.5
	±0.1 ^a	±2.3*	±9.6 ^b	±6.9*	±2.1 ^a	±2.3	±2.6 ^b	±5.8
Food efficiency†	0.367	0.411	0.226	0.059	0.278	0.232	0.092	0.107
	±0.024 ^a	±0.009 ^c	±0.023 ^b	±0.064*	±0.014 ^a	±0.026 ^c	±0.019 ^b	±0.006
N retention (g/7 days)	1.98	1.69	1.25	0.59	1.47	1.42	0.72	0.66
	±0.07 ^a	±0.02 ^{c*}	±0.21 ^b	±0.19*	±0.06 ^a	±0.02 ^c	±0.06	±0.10
Wt. gain/N retention	19.9	22.4	24.3	11.9	18.0	14.5	12.5	15.3
	±0.7	±0.7 ^{a*}	±3.8 ^b	±4.0*	±1.0	±1.4 ^a	±2.9 ^b	±3.7

N : Normal diet, D : Iron-deficient diet.

Values are means±SE. Values significantly different from control group. * $p < 0.05$.

Matching letters denote significant differences. $p < 0.05$.

† Weight gain/Food intake.

I : 1st balance test, II : 2nd balance test.

^{a,b,c} See the footnote of Table 1.

Table 3. Effect of iron-deficient diet on nitrogen, calcium, phosphorus and magnesium balance.

				Nitrogen			
				Intake (g/7 days)	Absorption (%)	Urinary out put (%)	Retention (%)
Male	{	I	{ N	3.18±0.00	96.2±0.1 ^a	33.9±2.0 ^a	63.3±2.1 ^a
			{ D	2.74±0.06*	97.0±0.1 ^b *	35.4±1.2 ^b	61.6±1.2 ^b
	{	II	{ N	3.72±0.31	94.5±0.4	61.1±2.5	33.2±2.1
			{ D	2.49±0.20*	95.6±0.3*	73.4±3.3*	22.2±3.5*
Female	{	I	{ N	2.79±0.06	95.5±0.2 ^a	42.8±2.1 ^a	52.7±2.1 ^a
			{ D	2.63±0.07	96.6±0.1 ^b *	43.0±1.9 ^b	53.5±2.0 ^b
	{	II	{ N	2.75±0.08	93.9±0.4	67.7±1.8	26.2±2.0
			{ D	2.30±0.17*	95.6±0.2*	66.5±2.1	29.1±2.2
				Calcium			
				Intake (mg/7 days)	Absorption (%)	Urinary out put (%)	Retention (%)
Male	{	I	{ N	482.3± 0.4	77.7±2.7	0.5±0.1	77.2±2.7
			{ D	416.2± 9.2*	82.4±1.9	1.0±0.3	81.5±2.2
	{	II	{ N	538.0±43.0	48.3±2.0	0.4±0.1	47.9±2.1
			{ D	393.4±31.3*	38.0±3.6*	0.6±0.1	37.2±3.4*
Female	{	I	{ N	424.2± 9.5	75.6±2.1	0.6±0.04	75.0±2.1
			{ D	399.4±10.6	78.7±1.4	0.9±0.2	77.4±1.8
	{	II	{ N	416.7±11.8	40.1±2.9	0.7±0.1	39.4±2.9
			{ D	364.3±26.1	38.5±5.0	1.1±0.2	37.4±5.1
				Phosphorus			
Male	{	I	{ N	469.7± 0.2	80.6±2.5	22.4±1.4	58.2±3.1
			{ D	417.4± 9.2*	88.9±0.8 ^a *	25.2±1.1	63.8±1.3
	{	II	{ N	567.5±38.2	67.5±1.3	45.2±2.2	22.3±1.7
			{ D	412.4±31.4*	52.9±2.8 ^b *	36.0±2.7	16.9±3.3 ^a
Female	{	I	{ N	412.9± 9.2	81.1±2.1	26.9±2.0	54.3±1.2
			{ D	400.5±10.6	84.5±0.7 ^a	23.6±2.2	60.9±2.4*
	{	II	{ N	405.7±11.5	58.4±4.5	40.1±1.5	18.3±3.3
			{ D	365.3±23.9	63.4±3.2 ^b	34.2±3.0	29.3±3.1 ^a *
				Magnesium			
Male	{	I	{ N	45.7±0.04	75.0±1.7 ^a	6.4±2.1	68.5±3.4 ^a
			{ D	38.5±0.85*	71.6±1.2	12.6±2.2	59.0±3.1
	{	II	{ N	55.3±4.08	60.0±2.2	8.9±2.0	51.0±2.7
			{ D	36.4±2.89*	52.0±2.7*	11.4±5.4	40.6±6.7
Female	{	I	{ N	40.2±0.90	69.5±1.4 ^a	11.1±2.1	58.4±2.4 ^a
			{ D	37.0±0.98*	66.9±2.2	12.8±3.2	53.3±5.5
	{	II	{ N	39.5±1.12	51.5±4.3	8.8±2.0	42.8±5.7
			{ D	33.7±2.42	46.7±6.3	9.3±1.2	37.5±6.7

N : Normal diet, D : Iron-deficient diet.

Values are means±SE. Values significantly different from normal group. * $p<0.05$.Matching letters denote significant differences. $p<0.05$.

% : Percentage of intake.

I : 1st balance test, II : 2nd balance test.

^{a,b,c} See the footnote of Table 1.

鉄欠乏状態での金属の吸収に与える影響は鉄欠乏でマンガン、コバルト、カドミウム、鉛などの吸収を増加させるが¹⁰⁾、カルシウム、マグネシウム、セシウム、水銀および銅の吸収の増加は鉄欠乏ラットでは見られなかったという報告もある⁹⁾。また菅家ら¹¹⁾はPの出納上に食事中心鉄の有無が影響すると報告しているが、食事性の極度な貧血状態では腸粘膜細胞の脱落¹²⁾が多くなりそのために消化酵素が減少し、消化吸収能が低下するという報告¹³⁾からもCa, Mg, Pの吸収率の低下は腸管内の変化によるものと思われる。

性差について見ると、正常食投与での雄群は体重増加量、飼料摂取量および飼料効率とも雌群より高値を示し¹⁴⁾、Nの体内保留量も雄のほうが高値を示し、体重増加量とN保留との関係を見ると、体内N保留1g当たりの体重増加量は飼育初期では雄・雌との間には差が見られず、飼育終了期で雌は雄の約1/2の値しか示さなかった。しかし鉄欠乏食投与では初期に有意な差が見られた。また体重増加量のうに性差があることは周知の事実であるが、N出納との関係については知られていない。

要 約

雄、雌幼若ラットを用い、8週間にわたり正常食と鉄欠乏食を与え、成長変化とN出納との関係を観察し、さらにCa, MgおよびP出納上の変化を参考までに測定した。

その結果、鉄欠乏食投与群は雄・雌とも極度な鉄欠乏性貧血を呈した。また飼料摂取量、体重増加量および飼料効率は鉄欠乏ラットで低下した。N保留量においても

鉄欠乏食群で正常食群の約1/2量であった。Ca, MgおよびPの吸収率は鉄欠乏食投与で低下した。

文 献

- 1) 厚生省公衆衛生局栄養課(編): 国民栄養の現状(昭和47・48年国民栄養調査成績), 243 (1976), 第一出版(東京)
- 2) 鈴木和春, 菅家祐輔, 五島孜郎: 栄養と食糧, 33, 253 (1980)
- 3) Wen-Ju, Liu and Kirksey, A.: *J. Nutr.*, 106, 543 (1976)
- 4) Sirivech, S., Driskell, J. and Frieden, L.: *J. Nutr.*, 107, 739 (1977)
- 5) Dacie, J.V. and Lewis, S.E.: *Practical haematology*, 4th Ed., Churchill, London, 919 (1968)
- 6) Horwitz, W. (ed.): *Methods of analysis*, Assoc. Off. Analytical Chemists, Washington, D.C., 5 (1970)
- 7) Gomori, G.: *J. Lab. Clin. Med.*, 27, 955 (1942)
- 8) 菅家祐輔, 鈴木和春, 五島孜郎: 栄養雑誌, 36, 175 (1978)
- 9) Pollack, S., George, J.N., Reba, R.C. and Crosby, W.H.: *J. Clin. Invest.*, 44, 1470 (1965)
- 10) National Research Council (編): 環境汚染物質の生体への影響(木村正巳, 和田 攻 監訳), 第12巻, 銅・鉄, 243 (1981) 東京化学同人(東京)
- 11) 菅家祐輔, 鈴木和春, 五島孜郎: 栄養と食糧 35, 161 (1982)
- 12) Richmond, V.S., Worwood, M. and Jacobs, A.: *Br. J. Haematol.*, 23, 605 (1972)
- 13) Hoffbrand, A.V. and Broitman, S.A.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 130, 595 (1969)
- 14) 細谷憲政, 印南 敏, 五島孜郎(編): 小動物を用いる栄養実験, 180 (1980) 第一出版(東京)

(昭和57年2月3日受理)