鉄吸収に関する研究 (第7報)

Studies on Iron Absorption (Report 7)

食品及び食餌の質が血清鉄、血清鉄不飽和度、総血清鉄結合能に及ぼす影響

The Effect of The Quality of Diet on Serum Iron, Unsaturate Iron Binding Capacity
and Total Iron Binding Capacity

国立栄養研究所栄養化学部

(Division of Chemistry of Nutrition, The National Institute of Nutrition)

西 原 綾 子 (Ayako Nishihara)

The higher serum iron value, lower unsaturate iron binding capacity level and better iron absorption were obtained from the animal protein diet than from vegetable protein one. It seems that it was caused by increasing the amino acids which stimulated the absorption of iron.

In case of the aged people vitamins had no effect on iron absorption, while Methyltestosterone played some role in upheaving serum iron level and in lowering unsaturate iron binding capacity level of the old men. But these were restored to the same levels as the adults within four months.

緒言 日本人栄養につき食餌の質の問題は早くから唱えられ、種々の方面から研究されている。最近アミノ酸定量の進歩により、蛋白質の栄養は直ちにそれを構成しているアミノ酸の問題となり、各種食品中のアミノ酸含量の測定、人体の必須アミノ酸必要量の研究と進んだ。蛋白質の栄養価はその含有アミノ酸の量のみでなく、質のみでもなく、それらの相互比率即ち、人体アミノ酸必要量の比率を provisional pattern として、これによつて評価されるようになった。これは1956年 F. A. O. の蛋白必要量委員会で蛋白質の栄養価をきめる方法としたものである。よつて蛋白質の栄養価の相異による鉄吸収の変動を検討した。

a. 植物性蛋白食餌と動物性蛋白食餌が血清鉄、血清鉄不飽和度、総血清鉄結合能に及ぼす影響

¹⁾ Litzel によると植物性食品、卵黄、肉等に含まれる鉄は一般に利用され難いという。

人体においては2価鉄のみ利用されるので食品の鉄の還元性は鉄の吸収に重大である。²⁾ Kirch等は食品の鉄還元能力をみたのに、オレンジ汁 77%, トマト 98%, 牛肉 31%, 卵白 29%, 白パン 43%, 馬鈴薯 35% であつたという。また蛋白質は消化酵素による分解で著しく還元性が高まるという。³⁾⁴⁾

著者は食餌を植物性蛋白のみとしたもの、及びこれに動物性蛋白を加えたものとし、蛋白質をアミノ酸組成から評価して、それが、血清鉄、血清鉄不飽和度、総血清鉄結合能に及ぼす影響をみた。

実験方法 被験者は健康成年男子2名を選んだ。

試験は植物蛋白食期と動物蛋白食期とし、各2日間ずつ行ない、2日目を試験日とした。動物蛋白食期にはL-Lysine 1日1.2gを3回に分け、食事後に与えた。

採血は午前10時、午後1時、10時の3回、何れも食前に行なった。

採血及び処理、その他第1報の如くである。血清鉄は ⁵⁾Barkan の法により、血清鉄不飽和度は ⁶⁾Rath Finch の法により定量した。

両試験期の献立は第1表、第2表に示した。植物性蛋白食期は蛋白 58.3 g、熱量 2539 Cal、鉄量 6.8 mg、動物性蛋白食期は蛋白質 72.6 g (動蛋白比 31.5%)、熱量 2843 Cal、鉄量 13.0 mg である。

第1表 植物性蛋白食餌献立

朝				昼				夕			
ごはん	白	米	150 g	トースト	食	パ	ン	ごはん	白	米	150 g
みそ汁	み	そ	20		バ	タ	ー	精進揚げ	甘	蕎	30
	豆	腐	50	スー	馬	鈴	薯		こ	ぼ	40
					人	参	参		玉	ね	50
漬物	たくわん		50		玉	ね	ご		れ	ん	40
					バ	タ			小	麦	20
				果物	り	ん	ご	つけ合せ	油	粉	20
									大根	おろし	50

1日米養量=蛋白質 58.3 g、熱量 2539 Cal、鉄量 6.8 mg

第2表 動物性蛋白食餌献立

朝				昼				夕			
ごはん	白	米	150 g	トースト	食	パ	ン	ごはん	白	米	150 g
みそ汁	み	そ	25		バ	タ	ー	フライ	か	き	50
	油	揚げ	10		牛	乳	180		パ	ン	10
	葱		30	サラダ	馬	鈴	薯		小	麦	10
卵			40		人	参	参		卵	油	10
漬物	たくわん		50		玉	ね	ご		油		15
					マ	ヨ	ネ	つけ合せ	馬	鈴	50
								支那煮	人	参	30
									葱	肉	30
									豚	茸	30
									椎	粉	少々
									片	栗	10
									油		10
								果物	み	かん	100

1日米養量=蛋白質 72.6 g (動蛋白比 31.5%)、熱量 2843 Cal、鉄量 13.0 mg

第3表 必須アミノ酸1日摂取量

アミノ酸名 試験期	イソロイ シン	ロイシン	リジン	メチオニ ン	シスチン	含硫アミ ノ酸 計	フェニル アラニン	スレオニ ン	トリプト ファン	バリン
植物性 蛋白食餌	2.32 g	3.90 g	1.83 g	0.77 g	0.85 g	1.62 g	2.50 g	1.75 g	0.59 g	2.75 g
アミノ酸基準 配合比に達せ ぬもの			79	(63)		70			77	
動物性 蛋白食餌	3.77	5.84	3.54	1.37	1.19	2.56	3.54	2.76	0.88	4.18
アミノ酸基準 配合比に達せ ぬもの				79		(79)			81	

注 () は蛋白価

両試験期の蛋白中の必須アミノ酸量はOrrとWattの食品アミノ酸組成表⁷⁾により算出し、蛋白価をF. A. O.⁸⁾の基準配合比のアミノ酸組成と比較し、第3表に示した。表に示す如く、植物性蛋白食期のアミノ酸で基準配合比に達しないものはリジン、メチオニン、含硫アミノ酸計、トリプトファンで蛋白価は63である。メチオニンが最も低かった。動物性蛋白食期では基準配合比以下のものはメチオニン、含硫アミノ酸計、トリプトファンで、蛋白価は79で含硫アミノ酸計が第1制限アミノ酸となった。動物性蛋白食期ではリジンは十分とれていることになった。

実験成績 第4表及び第1図、第2図に示した。両試験期とも血清鉄は午前10時より午後1時は上昇し、午後10時は甚だしく低下し、血清鉄不飽和度は血清鉄と逆の方向を示し、総血清鉄結合能は変動少く、正常時の日内変動をあらわしていた。植物性蛋白食期と動物性蛋白食期を比較すると血清鉄量は動物性蛋白食期の午前10時と午後1時は植物性蛋白食期よりも明らかに高かった。午後10時の夜間における低下は両期同程度であつた。血清鉄不飽和度は血清鉄の上昇に逆に低く、夜間は両期とも同程度の上昇であつた。総血清鉄結合能は両期において差をみ

第4表 食餌による血清鉄、血清鉄不飽和度、総血清鉄結合能の変動

被験者	項目	試験期					
		植物性蛋白食期			動物性蛋白食期		
		午前10時	午後1時	" 10時	午前10時	午後1時	" 10時
N. M.	S. I.	7%	7%	7%	7%	7%	7%
	U. I. B. C.	128	149	77	147	158	68
	T. I. B. C.	148	119	199	130	120	194
H. M.	S. I.	276	268	276	277	278	262
	U. I. B. C.	124	132	75	127	152	77
	T. I. B. C.	180	156	200	170	118	214
		304	288	275	297	270	291

注 S. I. = 血清鉄
U. I. B. C. = 血清鉄不飽和度
T. I. B. C. = 総血清鉄結合能

第1図 食餌の差異による血清鉄、血清鉄不飽和度、総血清鉄結合能の変動

— 血清鉄
..... 血清鉄不飽和度
— 総血清鉄結合能

Subj. N. M.

第2図 食餌の差異による血清鉄、血清鉄不飽和度、総血清鉄結合能の変動

— 血清鉄
..... 血清鉄不飽和度
— 総血清鉄結合能

Subj. H. M.

とめない。動物性蛋白食期が血清鉄の日中の上昇が高く、鉄吸収の多いのが認められた。

b. ビタミン類, ホルモン投与が老年者の血清鉄, 血清鉄不飽和度, 総血清鉄結合能に及ぼす影響

老年者は唾液中の澱粉分解酵素の分泌が減り, また胃液の分泌量も減り, 胃液の酸度, ペプシンも減少してくる。65才以上の人では, その 35% が胃液の塩酸不足といわれる。この胃液の酸度の減少は鉄の還元性に関し重大な関係をもつてくる。また消化酵素の変化は食物の利用に大きな影響を与える。これらは食欲不振, 消化障害をおこし, その結果, 蛋白質, 無機質, ビタミンの摂取量が減ってくる。蛋白質の不足は肝臓の機能が障害され, ひいては, 食餌性の貧血を来たすようにもなる。血清鉄は副腎皮質の活性度⁹⁾に関連するともいわれる。

老年者の生体内生理機能の低下と鉄代謝との関係を検討することは, 老年者の健康, 長寿に関し, 重要と考えられる。

実験方法 被験者は東京都養育院に収容中の63~78才の男子6名, 女子10名である。

試験は対照期と負荷期に分けた。負荷したのは男性ホルモンとしてエンアルモン 1日 15mg, ビタミン A 1000 I. U., カロチン 1500 I. U., B₁ 100mg, B₂ 100mg, B₆ 1mg, C 100mg 及びヨーグルト 300cc で, 夫々単独に各負荷群に与えて, 4カ月間継続した。その間, 毎月1回宛試験を行ない, その成績を比較した。

採血は早朝空腹時に行ない, その処理等は第1報の如く行なつた。血清鉄の定量法は野田の微量定量法¹⁰⁾により, 血清鉄不飽和度は野田の法¹¹⁾によつた。

第5表 ビタミン類, ホルモン投与が老年者の血清鉄, 血清鉄不飽和度, 総血清鉄結合能に及ぼす影響

試 験 期 被 験 者 性 負 荷 物 人 数			対 照 期				負 荷 期															
			1 月 (1958)				2 月 (1958)				3 月 (1958)				4 月 (1958)							
			S.	U.	T.	R.	S.	U.	T.	R.	S.	U.	T.	R.	S.	U.	T.	R.				
			I.	B.	I.	S.	I.	B.	I.	S.	I.	B.	I.	S.	I.	B.	I.	S.				
			C.	C.	C.	%	C.	C.	C.	%	C.	C.	C.	%	C.	C.	C.	%				
			7%	7%	7%	%	7%	7%	7%	%	7%	7%	7%	%	7%	7%	7%	%				
エナルモン 15mg	♂	3	91	275	366	25	116	258	375	31	135	247	382	36	162	225	387	42				
V. A. 1000 I. U.	♂ ♀	1 1	96 94	287 301	383 395	25 24	88 98	296 301	384 399	23 25	103 98	296 307	399 405	26 24	130 128	271 276	401 404	32 31				
カロチン 1500 I. U.	♀	2	91	265	356	25					99	223	372	27								
B ₁ 100mg	♀	1	107	239	346	31	106	235	341	31	107	265	372	29	93	278	371	25				
B ₂ 100mg	♀	3	88	291	379	23	95	292	387	25	91	292	383	24	101	277	378	26				
B ₆ 1 mg	♀	2	77	267	344	23	81	270	351	23	77	277	354	22	73	285	358	20				
C 100mg	♀	3	97	267	364	26					90	266	356	26	79	261	340	23				
ヨーグルト 300cc	♂ ♀	1 1	116 107	280 239	396 346	29 31	103 106	299 235	402 341	25 31	120 107	292 265	412 372	29 29	185 93	244 278	429 371	43 25				

注 S. I. = 血清鉄, U. I. B. C. = 血清鉄不飽和度, T. I. B. C. = 総血清鉄結合能, R. S. = 飽和率

実験成績 第5表に示した如くである。ビタミン A, カロチン, B₁, B₂, B₆, C の各負荷群については, 対照期に比し, 血清鉄, 血清鉄不飽和度, 総血清鉄結合能に影響が殆ど認められなかつた。またヨーグルトも影響がなかつた。エンアルモンを投与した男子は投与後1カ月で既に血清鉄は上昇し, 血清鉄不飽和度は低下し次第に血清鉄は増加し, 4カ月後には成年男子と大差を認めないようになった。

考按並びに総括 食品及び食餌の質が血清鉄, 血清鉄不飽和度, 総血清鉄結合能に及ぼす影響を検討した。

a. 鼠の飼育実験で小泉は蛋白質の多寡と各臓器の鉄量から鉄吸収をみて、高蛋白食の方が、低蛋白食のものより総鉄量が大きであつたという。¹²⁾

著者は食餌を植物性蛋白食と動物性蛋白食とし、蛋白中のアミノ酸含量を F. A. O. アミノ酸基準配合比から評価して、蛋白価を求めた。蛋白価の良否が鉄吸収に及ぼす影響をみたのに、蛋白価 79 の動物性蛋白食期の方が、蛋白価 63 の植物性蛋白食期よりも、血清鉄が高く、鉄の吸収のよいのをみとめた。

¹³⁾ 松井の実験を行なつた必須アミノ酸の中で鉄の吸収を亢進させるものは、トリプトファン、シスチン、メチオニンで、抑制させるものは、ロイシン、バリンであつた。著者の第4報において、リジンを吸収を亢進させるのを認めた。これらの鉄吸収を亢進させるアミノ酸のトリプトファン、シスチン、メチオニン、リジンは日本人の栄養に問題となるものである。植物性蛋白食はこれらのアミノ酸は悉く F. A. O. アミノ酸基準配合比に対して劣り、メチオニンが第1制限アミノ酸で、蛋白価は 63 であつた。動物性蛋白食ではリジンは基準配合比以上となり、メチオニン、含硫アミノ酸合計も、植物性蛋白食より高く、第1制限アミノ酸が含硫アミノ酸計になり、蛋白価79と上昇した。リジンは鉄吸収を亢進させるが、リジンの増量のみが働いたとは考えられず、動物性蛋白質を加えたことがアミノ酸ことにメチオニン、シスチン、トリプトファンの増加を来し、この蛋白価の上昇が、鉄吸収を亢進させたと考えられる。¹⁴⁾ 島田教授は ¹⁵⁾ Granick の説をとるとともに、鉄吸収機構に何らかの酵素様の変化を司るものの介在を考え、アミノ酸はこの場に働き、鉄吸収を阻害する ferritin の蓄積を妨げ、結果的に吸収が促進されるのであらうといわれた。著者の成績もこれにより解釈されると思う。

b. ¹⁶⁾ Klein は肝臓と鉄代謝は密接な関係があると述べ、¹⁷⁾ 尼子の浴風園の老年者の調査では老年者は多少なりとも肝臓機能障害がみられたといっている。¹⁸⁾ Hosbon によれば、老年者には貧血が相当みうけられたという。老年者が成年者に比し、血清鉄が低く血清鉄不飽和度が高いことは第5報に述べたが、明らかに鉄欠乏性貧血が推定され、腸管の吸収能力、肝臓機能低下が考えられる。

著者は老年者にビタミン類、ホルモンを夫々別個に与えて、それらが老年者の鉄吸収に及ぼす影響をみた。

ビタミン類と鉄吸収に関しては ¹⁹⁾ V. B₁ はそれ自身では影響がないといわれる。²⁰⁾ V. B₂ は投与量が多いと直接吸収に変化を及ぼさないが、排泄が極度に抑制されるという。V. C は最も密接に鉄の還元を通じて鉄吸収に係するが、摂取した V. C は胃液で相当破壊されるので、投与時間を考慮すべきであるといわれている。²¹⁾⁽²²⁾ V. B₆ は ²³⁾ 血清鉄の上昇からみて吸収を盛んにするといわれる。

著者の投与したビタミン A、カロチン、B₁、B₂、B₆、C、何れも鉄吸収に影響はないようであつた。V. C は投与時間の関係も考えられ、食事と共に与えたことが胃液の分泌の盛んな時に当り、或いは破壊されたのかもしれない。ヨーグルトも影響はなかつた。

男性ホルモンの欠乏が貧血を招来すると、²⁴⁾ Blacher、²⁵⁾ Steinglass により報告された。また男性ホルモン投与により正常動物の赤血球数を増加させ、男性ホルモン欠乏によつて生じた貧血を一部回復させることが ²⁶⁾ Craft により明らかにされた。

著者の男性ホルモンとしてエナルモンを投与した場合においても、1日 15 mg 投与したのに1カ月後で血清鉄は上昇し、血清鉄不飽和度は下降し、飽和率は 25% から 31% と上昇した。4カ月後には成年男子の域に達し、明らかに男性ホルモン投与が鉄の吸収を亢進させて、血清鉄の上昇を来し、飽和率を高めたのを確めた。

結論 食餌の質を動物性蛋白食と植物性蛋白食にした際の血清鉄、血清鉄不飽和度、総血清鉄結合能に及ぼす影響をみたのに、動物性蛋白食の方が植物性蛋白食よりも鉄吸収のよいのを認めた。動物性蛋白食餌の

アミノ酸は F. A. O. の基準配合比に比し、植物性蛋白食餌よりも高く、それにより一般的栄養の向上とともに、鉄吸収を亢進させるアミノ酸の増量となったことによるものと考えられた。

また、身体諸器官の機能低下せる老年者の鉄吸収は、ビタミン投与では影響は認められなかったが、男性ホルモン投与の男子は投与後 1 カ月より血清鉄の上昇をみとめ、飽和率は上昇し、4 カ月後は、成年男子と同程度まで回復した。男性ホルモン投与が明らかに老年者の鉄吸収に良い影響を与えたのをみとめた。

稿を終るにぞみ、終始御懇篤なる御教導御鞭撻を賜わった大阪医科大学教授杉本好一博士に深く感謝の意を表します。また終始変らざる御指導を賜わった国立栄養研究所長有本邦太郎博士に厚く感謝申し上げます。また終始変らざる御懇篤なる御指導並びに御校閲を賜わった国立栄養研究所栄養化学部長田村盈之輔博士並びに日本医科大学教授島田敏夫博士に満腔の謝意を捧げます。実験に御援助を惜まれなかった横田フミ、松野信郎両氏に厚く感謝致します。

文 献

- 1) Lintzel, W. : Z. Biol., 83, 289 (1925)
- 2) Kirch, E. R., et al. : J. Biol. Chem., 171, 687 (1947)
- 3) Belgium, O., et al. : J. Biol. Chem., 177, 531 (1949)
- 4) 小泉 : 日本生化学会総会発表 (1955)
- 5) Barkan, G., Walker, B. S. : J. Biol. Chem., 135, 37 (1940)
- 6) Rath, C. E., Finch, C. A. : J. Clin. Invest., 28, 79 (1949)
- 7) Orr, M. L., Watt, B. K. : Amino acid content of foods (1957)
- 8) 科学技術庁資源局 : F. A. O. 蛋白所要量 (1958)
- 9) Braunsteiner, H. et al. : Klin. Wschr., 30, 394 (1952)
- 10) 野田 : 生化学, 29, 199 (1957) 11) 野田 : 生化学, 30, 304 (1958)
- 12) 小泉 : 栄養食糧学会総会発表 (1954) 13) 松井 : 日医大誌, 20, 524, 618 (1953)
- 14) 島田 : 総合医学, 10, 112 (1953)
- 15) Granick, S., et al. : J. Biol. Chem., 164, 737 (1946)
- 16) Klein, E., et al. : Klin. Wschr., 34, 297 (1956)
- 17) 尼子 : 日本医学会総会講演 (1951)
- 18) Hobson W. : Geriatrics, 8, 251 (1953)
- 19) Lemberg, R. : Hematin compound and Bili pigment : 567, Inter Science Publishers. New York (1949); 島田 : 日医大誌, 19, 849 (1952)
- 20) Lattanzi, A., et al. : Boll. soc. ital. biol. sper. 24, 559 (1948) cit. Chem. Abst.; 島田 : 日医大誌, 19, 849 (1952)
- 21) Braum, H. et al. : Klin. Wschr., 27, 468 (1949)
- 22) 吉野 : 生化学, 27 (8) 529 (1955)
- 23) Lamberg, R. : Hematin compound and Bili pigment : 567, Inter Science Publishers. New York (1949); 島田 : 日医大誌, 19, 850 (1952)
- 24) Blacher, C. : Biol. Generalis, 2, 435 (1926)
- 25) Steinglass, P. : Proc. Soc. Exp. Biol. & Med., 48, 169 (1941)
- 26) Craft, W. : Endocrinol, 29, 596 (1941)

(受付 : 昭和35年 6 月 25 日)