

## 緑茶系飲料の投与がラットの鉄および亜鉛栄養状態に及ぼす影響

安井 萌<sup>1)</sup>, 小野寺 佳奈<sup>1)</sup>, 細見 亮太<sup>1)</sup>,  
福永 健治<sup>1)</sup>, 西山 利正<sup>2)</sup>, 吉田 宗弘<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup> 関西大学化学生命工学部食品工学研究室\*, (<sup>2)</sup> 関西医科大学公衆衛生学教室\*\*)

### Effect of Administration with Green Tea Beverages on Iron and Zinc Status in Rats

Moe YASUI<sup>1)</sup>, Kana ONODERA<sup>1)</sup>, Ryôta HOSOMI<sup>1)</sup>,  
Kenji FUKUNAGA<sup>1)</sup>, Toshimasa NISHIYAMA<sup>2)</sup>, Munehiro YOSHIDA<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Laboratory of Food and Nutritional Sciences, Faculty of Chemistry, Materials and Bioengineering, Kansai University,  
Yamate 3-3-35, Suita, Osaka 564-8680, Japan,

<sup>2)</sup> Department of Public Health, Kansai Medical University, Fumizino 10-15, Moriguchi, Osaka 570-8506, Japan

#### Summary

In order to examine the effect of intake of green-tea beverage on iron and zinc status, tissue iron and zinc contents of rats administered with green-tea beverages were compared with those of the control rats without the tea beverages. Thirty-six male 4-weeks-old Wistar rats were divided into six groups. The first group was fed an AIN93G-based diet containing FeSO<sub>4</sub> at a level of 12.5 µg Fe/g (low iron diet). The second and third groups were fed the low-iron diet to which a commercial green-tea beverage or a commercial catechin-rich green-tea beverage was added at a level of 800 mL/kg, respectively. The fourth group was fed an AIN93G-based diet containing FeSO<sub>4</sub> at a level of 25.0 µg Fe/g (adequate iron diet). The fifth and sixth groups fed the adequate iron diet to which the commercial green-tea beverage or the commercial catechin-rich green-tea beverage was added, respectively. After the 4-weeks-feeding, significant higher hemoglobin contents and lower serum total iron binding capacities were observed in rats fed the adequate iron diets than those fed the low iron diets regardless of the administration with the green-tea beverages. Similarly, iron and zinc contents in the liver, kidney, femur and spleen as well as the apparent absorption of iron and zinc were not changed by the administration with the green-tea beverages while the tissue iron and zinc contents were influenced by the dietary iron level. These results indicate that the intake of green-tea beverage does not effect on iron and zinc absorption even in a low iron status.

茶はコーヒーとともに世界中で嗜好されている飲料である。近年では緑茶に含有されるカテキン類の健康効果に注目が集まっており、意図的にカテキン濃度を高めた緑茶飲料が販売されている。一方、茶に含有されるカテキン類はタンニンと呼ばれ、鉄をはじめとするミネラル類の吸収を抑制するといわれている。このため栄養学の教科書では、茶の飲用はミネラル栄養にとってはマイナスの影響が強いと記述されてきた。

このような背景のもとで、臨床の場においても、貧血治療に用いる鉄剤を茶浸出液で服用することは禁忌とされている。たしかに、臨床で多用されている徐放性鉄剤の吸収は緑茶浸出液の飲用によって低下することが報告されている<sup>1)</sup>。しかし、硫酸第一鉄剤やクエン酸鉄剤を用いた研究では、緑茶浸出液の鉄吸収に及ぼす影響は認められていな

い<sup>2,3)</sup>。鉄は消化管内でタンニン類と結合し、不溶性となった場合に吸収率が低下するが、クエン酸やビタミンCが共存すると、その結合は阻害される可能性がある。また、口腔内でタンニン類と鉄が結合しても、胃のpHが十分低ければ、その結合は解離すると考えられる。したがって、鉄剤を茶浸出液で服用した場合の影響は、共存物および鉄剤服用と食事との時間的關係によって変化すると考えられる。

一方、英国における研究は、小学校就学前の幼児において、紅茶の飲用量と血清フェリチン濃度との間に弱い負の相関のあることを報告している<sup>4)</sup>。しかし、英国の食事摂取調査は、紅茶を飲用する幼児では、鉄とビタミンCの摂取が有意に少ないことを指摘しており、紅茶が直接的に鉄の有効性を低下させるのではない可能性も高い<sup>5)</sup>。また、

\*所在地：吹田市山手町 3-3-35 (〒564-8680)

\*\*所在地：守口市文園町10-15 (〒570-8506)

米国における研究では、50～750 mL の茶を飲用する習慣のある母親から出生した乳児では、小赤血球性貧血の有病率が有意に高いことが認められている<sup>6)</sup>。

高齢者を対象にした研究においても、紅茶の飲用量と平均赤血球容積との間に負の相関のあることが認められている<sup>7)</sup>。さらに、40歳以上の日本人男性を対象とした研究でも、緑茶の飲用量の増加が血清フェリチン濃度の低下を起こすことが見いだされている<sup>8)</sup>。しかし一般成人を対象とした研究では、茶の飲用量と鉄栄養状態との間に関連性を認めないという結果の方が多い。たとえば、32～66歳の中国人女性を対象にした研究は、鉄栄養状態と緑茶飲用量との間にいかなる関連も認めていない<sup>9)</sup>。先の英国の食事摂取調査が示すように、茶の飲用量と鉄やビタミンCの摂取量との関連を検討する必要があると思われる。

以上のような研究結果を総括した Nelson と Poulter は、少なくとも先進国において、鉄の摂取が十分な成人では、茶の飲用が鉄の栄養状態を低下させるという明確な証拠はなく、鉄欠乏のリスクを持つヒトにおいて、茶を食間に飲用する、または食後1時間控えることで十分であるとしている<sup>10)</sup>。

このように茶の飲用の鉄栄養に及ぼす影響は曖昧である。しかし、日本の成人女性の約20%がヘモグロビン濃度12 g/dL未満にあるという現状<sup>11)</sup>、さらに近年のカテキン強化緑茶飲料（高カテキン緑茶）の消費拡大を考慮すると、茶飲用と鉄栄養の関連を正しく評価することは、日本人の鉄栄養においてきわめて重要といえる。以上より、本研究では、ラットに緑茶飲料を摂取させ、鉄栄養に関する血液検査項目と組織中鉄濃度を測定することにより、茶飲用の鉄栄養状態に及ぼす影響を検討した。また、あわせて組織中亜鉛濃度も測定し、茶飲用の亜鉛栄養状態に及ぼす影響についても検討した。

## 実験方法

AIN93G 飼料<sup>12)</sup> からクエン酸鉄を除いた基本飼料に硫酸第一鉄を鉄濃度12.5または25 µg/gとなるように添加して鉄水準が異なる2種類の飼料を作成した。この2種類の飼料の各々1 kgに、蒸留水、2倍濃縮した市販のペットボトル入り緑茶飲料、または2倍濃縮した高カテキン緑茶を400 mL加え、十分に練って成型後、風乾することによ

り6種類の飼料を調製した。4週齢のWistar系雄ラット36匹を6匹ずつ6群に分け、その各々に調製した6種の飼料を与え4週間飼育した。飼育期間の最後の3日間は代謝ケージに入れ、糞の採取を行った。なお、飲料の総フェノール濃度(mgカテキン当量/mL)は、緑茶飲料が0.70、高カテキン緑茶が3.19であった。

飼育期間終了後に血液を採取して血球計算と血清生化学検査に供するとともに、肝臓、腎臓、脾臓、大腿骨を採取した。採取した臓器と糞は濃硝酸で灰化後、鉄および亜鉛濃度をフレーム式原子吸光法で測定した。鉄と亜鉛の摂取量と糞への鉄と亜鉛の排泄量をもとに、両ミネラルの見かけの吸収率をもとめた。

なお本実験は、関西医科大学実験動物倫理委員会の承認を受けて実施した。

## 結果

飼育期間中のラットの摂食量、終了後の体重と臓器重量に群間の差は認められなかった。また、血清生化学検査において、肝機能、コレステロール、中性脂肪、尿素窒素にも群間の差はなかった。

Table 1に各群ラットのヘモグロビン、血清鉄および血清総鉄結合能(TIBC)をまとめた。血清鉄には群間の差を認めなかったが、ヘモグロビンとTIBCには飼料の鉄濃度差が反映され、鉄投与水準25 µg/gの群が12.5 µg/gの群に比較して、ヘモグロビンは高値、TIBCは低値であった。このことから、12.5 µg/gの群では鉄がやや不足していたと考えられる。一方、茶系飲料の飼料への添加は鉄の投与水準にかかわらずヘモグロビン、血清鉄、TIBCに影響を及ぼさなかった。

Table 2に各群ラットの臓器中鉄濃度をまとめた。いずれの臓器においても、多少のばらつきはあるものの、鉄投与水準25 µg/gの群が12.5 µg/gの群に比較して明らかに高い鉄濃度を示した。しかし、茶系飲料の飼料への添加は、鉄の投与水準にかかわらず、鉄濃度に影響を及ぼさなかった。

Table 3に各群ラットの臓器中亜鉛濃度をまとめた。腎臓を除く、肝臓、脾臓、大腿骨において、鉄投与水準12.5 µg/gの群が25 µg/gの群に比較して亜鉛濃度は有意に高値を示した。一方、茶系飲料の飼料への添加は、鉄の

**Table 1** Hemoglobin, serum iron and serum total iron binding capacity (TIBC) in rats fed experimental diets

Beverage added to diet	Hemoglobin (g/dL)		Serum iron (µg/dL)		TIBC (µg/dL)	
	12.5 µg/g Fe	25.0 µg/g Fe	12.5 µg/g Fe	25.0 µg/g Fe	12.5 µg/g Fe	25.0 µg/g Fe
Water	12.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	14.8 ± 0.5 <sup>c</sup>	216 ± 19	190 ± 22	622 ± 22	552 ± 35
Green tea	13.4 ± 0.1 <sup>ab</sup>	14.1 ± 0.2 <sup>bc</sup>	199 ± 13	176 ± 14	585 ± 45	488 ± 18
Catechin-rich tea	12.5 ± 0.2 <sup>b</sup>	14.9 ± 0.3 <sup>c</sup>	187 ± 15	208 ± 18	609 ± 31	509 ± 23
Two-way ANOVA						
Iron level	<i>p</i> < 0.001		NS		<i>p</i> < 0.001	
Beverage	NS		NS		NS	
Interaction	<i>p</i> = 0.003		NS		NS	

Values are means ± SEM (n=6). Means in the hemoglobin not sharing a common superscript differ significantly (*p* < 0.05).

**Table 2** Tissue iron contents of rats fed experimental diets

Beverage added to diet	Liver ( $\mu\text{g/g}$ )		Kidney ( $\mu\text{g/g}$ )		Femur ( $\mu\text{g/g}$ )		Spleen ( $\mu\text{g/g}$ )	
	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe
Water	44.0 $\pm$ 4.4	113.2 $\pm$ 4.1	45.0 $\pm$ 3.3	68.8 $\pm$ 8.4	28.6 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	39.4 $\pm$ 2.1 <sup>c</sup>	163 $\pm$ 14 <sup>a</sup>	228 $\pm$ 13 <sup>b</sup>
Green tea	46.7 $\pm$ 4.2	110.0 $\pm$ 7.1	48.3 $\pm$ 4.2	54.6 $\pm$ 2.5	30.4 $\pm$ 2.6 <sup>ab</sup>	37.5 $\pm$ 1.4 <sup>bc</sup>	212 $\pm$ 13 <sup>ab</sup>	212 $\pm$ 8 <sup>ab</sup>
Catechin-rich tea	42.9 $\pm$ 3.9	101.4 $\pm$ 6.1	41.6 $\pm$ 2.9	74.4 $\pm$ 6.9	26.3 $\pm$ 2.2 <sup>a</sup>	44.3 $\pm$ 1.2 <sup>c</sup>	172 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	209 $\pm$ 11 <sup>ab</sup>
Two-way ANOVA								
Iron level	$p < 0.001$		$p < 0.001$		$p < 0.001$		$p = 0.002$	
Beverage	NS		NS		NS		NS	
Interaction	NS		NS		$p = 0.017$		$p = 0.040$	

Values are means  $\pm$  SEM (n=6). Means in the same tissue not sharing a common superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ).

**Table 3** Tissue zinc contents of rats fed experimental diets

Beverage added to diet	Liver ( $\mu\text{g/g}$ )		Kidney ( $\mu\text{g/g}$ )		Femur ( $\mu\text{g/g}$ )		Spleen ( $\mu\text{g/g}$ )	
	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe
Water	27.1 $\pm$ 0.8	23.3 $\pm$ 0.9	26.1 $\pm$ 0.5	25.2 $\pm$ 1.1	145.1 $\pm$ 3.5	131.4 $\pm$ 2.0	18.8 $\pm$ 0.6	18.3 $\pm$ 0.7
Green tea	25.0 $\pm$ 1.4	24.1 $\pm$ 0.7	26.3 $\pm$ 1.1	24.9 $\pm$ 1.6	139.7 $\pm$ 4.5	127.2 $\pm$ 1.8	17.6 $\pm$ 0.3	16.7 $\pm$ 1.6
Catechin-rich tea	26.8 $\pm$ 0.8	22.8 $\pm$ 0.4	25.5 $\pm$ 0.4	25.6 $\pm$ 0.7	134.9 $\pm$ 2.9	135.7 $\pm$ 4.9	20.0 $\pm$ 1.8	15.5 $\pm$ 0.3
Two-way ANOVA								
Iron level	$p < 0.001$		NS		$p = 0.007$		$p = 0.031$	
Beverage	NS		NS		NS		NS	
Interaction	NS		NS		NS		NS	

Values are means  $\pm$  SEM (n=6).

**Table 4** Apparent absorption of iron and zinc in rats fed experimental diets

Beverage added to diet	Iron (%)		Zinc (%)	
	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe	12.5 $\mu\text{g/g}$ Fe	25.0 $\mu\text{g/g}$ Fe
Water	73.9 $\pm$ 2.3	70.2 $\pm$ 3.1	56.7 $\pm$ 4.2	49.6 $\pm$ 7.6
Green tea	72.2 $\pm$ 2.1	78.8 $\pm$ 3.0	58.3 $\pm$ 7.6	58.7 $\pm$ 4.8
Catechin-rich tea	79.7 $\pm$ 2.1	72.6 $\pm$ 1.9	59.7 $\pm$ 5.4	65.1 $\pm$ 2.2
Two-way ANOVA				
Iron level	NS		NS	
Beverage	NS		NS	
Interaction	NS		NS	

Values are means  $\pm$  SEM (n=6).

投与水準にかかわらず、臓器中亜鉛濃度に影響を及ぼさなかった。

Table 4に各群ラットの鉄と亜鉛の見かけの吸収率をまとめた。いずれの見かけの吸収率にも群間の差を認めなかった。

## 考 察

日本人成人の1日の食事量はエネルギー換算で約2,000 kcalである<sup>13)</sup>。これをもとに、エネルギー摂取比を糖質60%、脂質25%、タンパク質15%とし、さらに食物繊維と灰分量を考慮してヒト成人の食事量を求めると、乾燥重量で500g近くになる。ラットの飼料は乾燥粉末の状態でも10%程度の水分を含有しているため、今回の飲料の投与量(飼料1kgあたり800mL)は、ヒトでいえば1日に食事とは別に350~400mL飲用したことに相当する。われわれが以前に大学生を対象にして茶系飲料の1日飲用量を調査した結果では、平均値 $\pm$ 標準偏差が689 $\pm$ 491mLで、飲用量100~500mLの者が40.7%を占めていた<sup>14)</sup>。以上のことから、今回のラットへの茶系飲料の投与量は、ヒト

成人の茶系飲料の飲用量をほぼカバーできると考える。

Table 1に示したように、血清鉄には群間の差を認めなかったが、ヘモグロビンとTIBCには飼料の鉄濃度差が反映され、鉄投与水準25 $\mu\text{g/g}$ の群が12.5 $\mu\text{g/g}$ の群に比較して、ヘモグロビンは高値、TIBCは低値であった。このことは、12.5 $\mu\text{g/g}$ の群においては鉄がやや不足していたことを示している。

Table 1, Table 2およびTable 4に示したように、茶系飲料の投与は、鉄の投与水準にかかわらず、ヘモグロビン、血清鉄、TIBC、臓器鉄濃度、鉄の見かけの吸収率のいずれに対しても影響を及ぼさなかった。すなわち、ヒトの飲用量に相当する程度の茶系飲料の投与は、鉄がやや不足した状態であっても、ラットの鉄栄養状態に影響を及ぼさなかった。このことは、茶系飲料の鉄栄養に及ぼす直接的な影響がきわめて小さいことを意味している。したがって、少なくともバランスのとれた食事内容であり、かつ一般的な飲用量の範囲であれば、鉄栄養に対する茶系飲料の飲用の影響に関して神経質になる必要はないといえるだろう。また、鉄と同様に、臓器中亜鉛濃度にも茶系飲料投与の影響が観察されなかったことから、鉄以外のミネラルの

吸収に関しても、茶系飲料飲用の影響は軽微と思われる。

なお、Table 3において、鉄投与水準の低い群のいくつかの臓器において、高い亜鉛濃度が観察された。Table 4に示した亜鉛の見かけの吸収率においては鉄投与水準の影響を観察できなかったが、臓器中亜鉛濃度に対する鉄投与水準の影響は、鉄がやや不足した状態において、鉄吸収に関わる2価金属イオン共通の輸送担体の発現量が増加していたことを反映したものではないかと思われる。

### 参考文献

- 1) 本屋敏郎, 宮田和代, 下園拓郎, 下堂蘭権洋, 木下力, 中村和男, 山口辰哉, 石橋丸應, 伊集院康熙 (1986) 徐放性鉄剤の吸収におよぼすお茶の影響. 病院薬学 12: 411-414.
- 2) 三田村民夫, 北園正太, 吉村 修 (1989) 鉄剤内服時における緑茶飲用の妊婦貧血治療効果に対する影響について. 日産科誌 41: 688-694.
- 3) 小切間美保, 西野幸典, 角田隆巳, 鈴木裕子, 今木雅英, 西村公雄 (2001) 若年女性のクエン酸第一鉄ナトリウム製剤からの鉄吸収に及ぼすアスコルビン酸含有市販緑茶飲料の影響. 栄食誌 54: 81-87.
- 4) Gibson SA (1999) Iron intake and iron status of pre-school children: associations with breakfast cereals, vitamin C and meat. Public Health Nutr 2: 521-528.
- 5) Watt RG, Dykes J, Sheiham A (2000) Drinks consumption in British pre-school children: relation to vitamin C, iron and calcium intakes. J Hum Nutr Dietet 13: 13-18.
- 6) Merhav H, Amitai Y, Palti H, Godfrey S (1985) Tea drinking and microcytic anemia in infants. Am J Clin Nutr 41: 1210-1213.
- 7) Doyle W, Crawley H, Robert H, Bates CJ (1999) Iron deficiency in older people: interactions between food and nutrient intakes with biochemical measures of iron; further analysis of the National Diet and Nutrition Survey of people aged 65 years and over. Eur J Clin Nutr 53: 552-559.
- 8) Imai K, Nakachi K (1995) Cross sectional study of effects of drinking green tea on cardiovascular and liver diseases. Br Med J 310: 693-696.
- 9) Root MM, Hu J, Stephenson LS, Parker RS, Campbell TC (1999) Iron status of middle-aged women in five counties of rural China. Eur J Clin Nutr 53: 199-206.
- 10) Nelson M, Poulter J (2004) Impact of tea drinking on iron status in the UK: a review. J Hum Nutr Dietet 17: 43-54.
- 11) 厚生労働省 (2009) 平成 18 年国民健康・栄養調査報告, 第一出版, 東京: pp. 187.
- 12) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr (1993) AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. J Nutr 123: 1939-1951.
- 13) 厚生労働省 (2009) 平成 18 年国民健康・栄養調査報告, 第一出版, 東京: pp. 268.
- 14) 林希未子, 福永健治, 吉田宗弘 (2005) 大学生における茶からのマンガン摂取量の推定. 日健医誌 14: 19-23.