

Bonsnes ら²¹⁾の方法に従い測定し、この補正值として示した。

9. 統計処理

各測定値は、平均値(Means)±標準誤差(SEM)で示した。統計は SPSS 統計ソフトを用い、Leavene's Test で等分散性を検定後、Student's *t*-test を行い、*p*<0.05 で有意とした。

結果

1. 臓器重量

肝臓、腎臓の重量は Mg 欠乏食投与により高値を示したが、心臓重量では Mg 欠乏食投与による差はみられなかった (Table 2)。

2. 血液および組織中 Fe, Cu, Ca, Mg 濃度

Fe 濃度は肝臓および心臓で Mg 欠乏食投与により高値を示した。Cu 濃度は赤血球、血漿および腎臓で Mg 欠乏食投与により各々高値を示した。特に腎臓の Ca 含量は Mg 欠乏食の投与により N 群に比し、約 20 倍の増加がみられた。Mg 欠乏食の投与により血漿中 Mg 濃度は低値を示したが、肝臓および腎臓では逆に高値を示した。Ca 濃度は赤血球、腎臓および心臓で高値を示した。(Table 3-6)。

3. SOD および GPX の活性

抗酸化酵素である SOD 活性は Mg 欠乏食投与により心臓で低値を示したが、血漿では高値を示した。GPX 活性は肝臓、腎臓および血漿で Mg 欠乏食投与により低値を示したが、心臓で高値を示した (Table 7)。

4. 血漿、組織中脂質量

血漿中 TG は Mg 欠乏食投与により高値を示し、PL は低値を示した。また、TC は Mg 欠乏食投与による差はみられなかった。肝臓中 TG、TC は Mg 欠乏食投与により高値を示したが PL は低値を示した。

腎臓、心臓中 TG、PL は Mg 欠乏食投与による差はみられなかった。また、心臓中 TC は Mg 欠乏食投与により高値を示したが、腎臓では顕著な差はみられなかった (Table 8)。

5. 組織中過酸化脂質量

PCOOH 量は赤血球膜、血漿、肝臓、心臓および大動脈で Mg 欠乏食投与により高値を示した。さらに、赤血球膜および心臓の PEOOH 量は Mg 欠乏食投与により高値を示したが、他の組織では顕著な差はみられなかった。過酸化二次生成物である TBARS 量を肝臓のみで測定したが PCOOH 量と同様に Mg 欠乏食投与により高値を示した (Table 9)。

6. 尿中 8-OHdG 量

生体内の DNA 酸化修復マーカーである尿中 8-OHdG 排泄量は Mg 欠乏食投与により高値を示した (Table 10)。

考察

フリーラジカルは DNA や脂質を攻撃し、細胞に悪影響を及ぼすと考えられている。また生体内脂質過酸化に Fe や Cu などの遷移元素がイニシエーターとして関与することが知られている²²⁾。

生体は過剰な Fe の蓄積を避けるため厳格な制御機構を備えている²³⁾。しかし、実験動物を様々な栄養状態下におくことで有害性のある Fe などが生体に蓄積される場合がある。Mg 欠乏食の投与によって肝臓や心臓に Fe の沈着がみられることを多くの研究者²⁴⁾⁹⁾²⁴⁻²⁷⁾が報告しているが、本実験においても同様な結果を示した。この現象は Mg 欠乏食投与により組織間の鉄輸送に何らかの障害が生じた結果、これらの組織に Fe が沈着したものと考えられる。

村上ら²⁸⁾は過剰の Fe を投与した肝臓での Fe の増加を認め、TBARS 量が上昇することを報告している。Gunther

ら²⁵⁾は Mg 欠乏食投与により TBARS 量が増加する理由として肝臓での Fe の増加以外に、細胞膜リン脂質の不飽和脂肪酸組成の変化を挙げている。従って本実験のようにリン脂質の過酸化一次生成物(PCOOH および PEOOH)を測定することも意義があると思われる。また、Kumar ら²⁴⁾や Gueux ら²⁷⁾は組織の TBARS 量が増加する要因として、Mg 欠乏食投与によるリポタンパク中のトリグリセライド量の増加を報告している。この結果より、Mg 欠乏食投与の肝臓や心臓中過酸化リン脂質量の有意な増加には組織への Fe 沈着や脂質代謝異常が重要な因子として関与していると推察される。

Mg が慢性的に不足した場合には虚血性心疾患などの循環器疾患が誘発される²⁹⁾。この現象は Mg 欠乏動物での動脈硬化に対して促進的に働く血中脂質成分の変化によって説明³⁰⁾されている。そのため、Mg 欠乏食投与により大動脈や血液の脂質過酸化反応が誘導されることが考えられ、本実験の大動脈中 PCOOH 量も Mg 欠乏食の投与によって高値を示した。Rayssiguier ら⁶⁾は Mg 欠乏食を投与したところ、心血管系に酸化傷害を生じさせることを報告している。また、本実験では赤血球膜および血漿中の PCOOH もしくは PEOOH 量は Mg 欠乏食投与によって有意に増加した。この変化は赤血球および血漿中 Fe 濃度の変動ではなく、Cu 濃度の増加に起因した変化であると思われる。Mg 欠乏状態の血中でも Cu が脂質過酸化を亢進すると考えられる³¹⁻³³⁾。また、血漿中過酸化リン脂質量は酸化 LDL 由来であるという報告³⁴⁾があるが、Gueux ら³⁵⁾は VLDL+LDL 画分に Cu を添加したところ、その添加量に応じて酸化されること

を報告している。本実験の Mg 欠乏食投与による血漿トリグリセライド濃度や総コレステロール濃度上昇は Mg 欠乏での血液中 VLDL の増加を示唆している。血漿中 PCOOH 量の増加は VLDL の表面に存在するリン脂質が血中 Cu 濃度の上昇に起因した酸化傷害を受けたためであると思われる。即ち Mg 欠乏食投与による赤血球膜や血漿中過酸化リン脂質量の変化は、肝臓や心臓にみられた Fe 濃度の増加に起因した反応ではなく、Cu 濃度が有意に増加したことによる脂質過酸化反応の誘導と考えられる。また、このような血液中の過酸化リン脂質量や血漿中脂質の変動は大動脈の脂質過酸化反応を誘導する可能性を示唆している。

一方、これら組織の過酸化リン脂質や TBARS 量の変動因子には抗酸化酵素活性の関与も考えられる。Zhu ら³⁶⁾や Kumar ら³⁷⁾は Mg 欠乏食の投与により SOD, GPX およびカタラーゼ活性が低下することを報告している。GPX はセレン (Se) を中心元素にもつ酵素であるが、Jimenez ら³⁸⁾は Mg 欠乏食投与時の Se 吸収は低下することを報告している。また、Zhu ら³⁶⁾によると Mg 欠乏は Se 代謝に関連する酵素に影響を及ぼすが、心臓で SOD 活性が低下する機序は不明であると考察している。本実験における心臓では GPX 活性に差は認められなかったが、SOD 活性は Mg 欠乏食投与により低値を示した。逆に肝臓中 SOD 活性には Mg 欠乏食投与による影響はみられなかったが、GPX 活性は有意に低値を示した。肝臓や心臓の PCOOH 量の誘導は Mg 欠乏による SOD または GPX いずれか一方の活性低下でも引き起こされるものと思われる。また、腎臓中の過酸化リン脂質量について、さきに我々⁴⁾は Mg 欠乏食投与による腎の組織傷害を

観察していることから、過酸化リン脂質の上昇を推測したが、その影響はほとんどみられなかった。腎臓では Zn, Cu, Mn などの重金属が増加する際には金属タンパク質であるメタロチオネインも増加することが報告³⁹⁾されている。本実験の Mg 欠乏状態における腎臓で増加した Cu もメタロチオネインの形態をとるならばイオン化して存在しておらず、脂質過酸化は起こりにくいと考えられる。また、我々⁴⁾は著しい上昇をみせた Ca について糖タンパクやリンとの複合体を形成していることを推察している。以上のことから腎臓では脂質過酸化反応が亢進しなかったと思われる。

以上のように Mg 欠乏食を投与することによって種々の組織の脂質過酸化反応が亢進することを確認した。この過酸化脂質の増加に伴う組織への損傷を明らかにする目的で DNA 酸化傷害のバイオマーカーである尿中の 8-OHdG 量を測定したところ、8-OHdG 量は Mg 欠乏食投与により有意に高い排泄量を示した。酸化傷害によって生じた 8-OHdG は生体内のエンドヌクレアーゼなどによって正常な dG と交換され、8-OHdG の形のまま代謝されず血液を通過し尿中に排泄されることが知られている^{40,41)}。この尿中 8-OHdG 量は生体内における DNA 損傷の程度を表すとされているが、損傷した DNA が修復された結果として尿中に排泄されるという報告^{41,42)}もある。尿中 8-OHdG 量の増減が組織の DNA 損傷を示しているのか、あるいは DNA の修復された結果を示しているのか明確ではない。今後は組織中の 8-OHdG 量を測定し、さらに検討する必要があると思われる。

要 約

本研究では Mg 欠乏食投与による組

織中ミネラル分布と過酸化リン脂質量の変化について検討を行った。Mg 欠乏食投与により血漿、赤血球膜、肝臓、心臓および大動脈中 PCOOH 量の増加を観察した。これらの組織中過酸化リン脂質の増加は遷移元素である Fe や Cu の蓄積に起因することが考えられた。Mg 欠乏食投与により抗酸化酵素である SOD もしくは GPX の活性が肝臓、腎臓、心臓および血漿で低下した。また、Mg 欠乏食投与により血漿中脂質濃度の増加が観察されており、リポタンパクが酸化傷害されている可能性が示唆された。さらに生体内 DNA の酸化的損傷マーカーである 8-OHdG の上昇が尿で確認された。

文 献

- 1) 糸川嘉則, 斎藤昇 編 (1995) マグネシウム 成人病との関係. p. 38-39. 光生館. 東京.
- 2) Kimura M, Itokawa Y (1989) Inefficient utilization of iron and minerals in magnesium deficient rats. (Ed: Itokawa Y, Durlach J) *Magnesium in Health and Disease*. : p. 95-102.
- 3) Jimenez A, Planells E, Aranda P, Sanchez-Vinas M, Llopis J (1997) Changes in bioavailability and tissue Distribution of Copper caused by Magnesium deficiency in rats. *J Agric Food Chem*, 45: 4023-4027.
- 4) Kikuchi T, Matsuzaki H, Sato S, Kajita Y, Chiba H, Tsuchiya H, Masuyama R, Uehara M, Suzuki K, Goto S (1998) Diminished kidney function Nephro-calcinosis in rats fed a Magnesium-Deficient Diet. *J Nutr Sci Vitaminol*, 44:

- 515-523.
- 5) Rayssiguier Y (1986) lipid and vascular diseases. Experimental metal evidence in animal models. *Magnesium*, 5: 182-190.
 - 6) Rayssiguier Y, Mazur A, Cardot P, Gueux E (1989) Effect of magnesium on lipid metabolism and cardiovascular disease. In 'Magnesium in Health and Disease' (Itokawa Y, Durlach J eds.): p. 199-207.
 - 7) 木村美恵子, 松田晃彦, 氏原真弓, 近藤久雄, 野谷千里, 糸川嘉則 (1990) マグネシウム欠乏が引き起こすマンガン欠乏症. *マグネシウム*, 9, 1: 93-99.
 - 8) 木村美恵子, 横井克彦, 糸川嘉則 (1991) マグネシウム欠乏ラットの生体内ミネラルバランスに及ぼす鉄摂取量の影響. *マグネシウム*, 10, 1: 19-27.
 - 9) Kimura M, Yokoi K (1996) Iron accumulation in tissues of Magnesium-deficient rats with Dietary Iron Overload. *Biol Trace Elem Res*, 51: 177-197.
 - 10) American Institute of Nutrition (1977) Report of the American Institute of Nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *J Nutr*, 107: 1340-1348.
 - 11) Rose HG, Oklander M (1965) Improved procedure for the extraction of lipids from human erythrocytes. *J Lipid Res*, 6: 428-431.
 - 12) Sharman AR, Moran PE (1984) Copper metabolism in iron-deficient maternal and neonatal rats. *J Nutr*, 114: 298-306.
 - 13) 下村滋, 保田和雄, 長谷川敬彦, 須見泰子 (1970) 原子分光分析-基礎と応用-. p69-163. 廣川書店, 東京
 - 14) Oyanagi Y (1984) Evaluation of assay methods and establishment of kit for superoxide dismutase. *Anal Biochem*, 142: 290-296.
 - 15) Lawrence RA, Burk RF (1976) Glutathione peroxidase activity in Selenium-deficient rat liver. *Biochem. Biophys Res Commun*, 71, 4: 952-958.
 - 16) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ (1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem*, 193: 265-275.
 - 17) Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*, 226: 497-509.
 - 18) Miyazawa T, Suzuki T, Fujimoto K, Yasuda K (1992) Chemiluminescent simultaneous determination of phosphatidylcholine hydroperoxide and phosphatidylethanolamine hydroperoxide in the liver and brain of the rat. *J Lipid Res*, 33: 1051-1059.
 - 19) Miyazawa T, Fujimoto K, Suzuki T, Yasuda K (1994) Determination of Phospholipid hydroperoxides using Luminol Chemiluminescence-high performance liquid chromatography. *Methods Enzymol*, 233: 324-332.

- 20) Kikugawa K, Kojima T, Yamaki S, Kosugi H (1990) Interpretation of the thiobarbituric acid reactivity of rat liver and brain homogenates in the presence of ferric ion and ethylenediaminetetraacetic acid. *Anal Biochem*, 202: 249-255.
- 21) Bonsnes RW, Tausky HH (1945) On the colorimetric determination of creatinine by the Jaffe reaction. *J Biol Chem*, 158 : 581-591.
- 22) 二木鋭雄, 島崎弘幸, 美濃真 (1994) 抗酸化物質 フリーラジカルと生体防御. p40-41. 学会出版センター, 東京
- 23) Gunshin H, Mackenzie B, Berger UV, Gunshin Y, Romero MF, Borton WF, Nussberger S, Gollan JL, Hediger MA (1997) Cloning and characterization of a mammalian proton-coupled metal-ion transporter. *Nature*, 388: 482-487.
- 24) Kumar BP, Shivakumar K, Kartha CC (1997) Magnesium deficiency-related Changes in lipid Peroxidation and collagen metabolism *In Vivo* in rat heart. *Int J Biochem Cell Biol*, 29, 1: 129-134.
- 25) Gunther T, Vormann J, Hollriegl V, Gossrau R (1991) Effect of Magnesium deficiency and salicylate on lipid peroxidation in vivo. *Magnesium Bull*, 1: 26-29.
- 26) Rayssiguier Y, Gueux E, Bussiere L, Durlach J, Mazur A (1993) Dietary magnesium affects susceptibility of lipoproteins and tissues to peroxidation in rats. *J Am Coll Nutr*, 12, 2: 133-137.
- 27) Gueux E, Braesco VA, Bussiere L, Grolier P, Mazur A, Rayssiguier Y (1995) Effects of magnesium Deficiency on Triacylglycerol-Richlipoprotein and tissue susceptibility to peroxidation in relation to vitamin E content. *Br J Nutr*, 74: 849-856.
- 28) 村上亜由美, 岸本三香子, 川口真規子, 松浦寿喜, 市川富夫 (1998) 雌ラットへム鉄過剰投与時各組織における過酸化脂質の生成とその関連物質. 日本栄養・食糧学会誌, 51, 1: 9-15.
- 29) Karppanen H (1981) Epidemiological studies on The relationship between magnesium intake and cardiovascular diseases. *Artery*, 9: 190-199.
- 30) Altura BM, Altura BT (1984) Magnesium deficiency and hypertension : correlation between magnesium-deficient diets and microcirculatory changes in stu. *Science*, 223: 1315-1317
- 31) Uehara M, Chiba H, Mogi H, Suzuki K, Goto S (1997) Induction of increased phosphatidylcholine hydroperoxide by an iron-deficient diet in rats. *J Nutr Biochem* 8: 385-391.

- 32) 千葉大成, 高寄みさお, 増山律子, 上原万里子, 菅家祐輔, 鈴木和春, 五島孜郎 (1998) 鉄欠乏ラットにおける肝中過酸化脂質量の経時的変動. 日本栄養・食糧学会誌, 51, 4: 201-206.
- 33) Uehara M, Tateishi S, Chiba H, Suzuki K, Goto S (1998) Effects of iron and copper supplementation on the formation of thiobarbituric Acid-reactive substances and phosphatidylcholine hydroperoxide in the livers of iron- and copper-deficient rats. *J Nutr Sci Vitaminol*, 44: 705-714.
- 34) Miyazawa T, Fujimoto F, Oikawa S (1990) Determination of lipid hydroperoxides in low density lipoprotein from human plasma using high performance liquid chromatography with chemiluminescence detection. *Biomed Chromatogr*, 4, 3: 131-134.
- 35) Gueux E, Cubixolles C, Bussiere L, Mazur A, Rayssiguier Y (1993) Oxidative modification of triglyceride-rich lipoproteins in hypertriglyceridemic rats following Magnesium deficiency. *Lipids*, 28, 6: 573-575.
- 36) Zhu Z, Kimura M, Itokawa Y (1993) Selenium concentration and glutathione peroxidase activity in selenium and magnesium deficient rats. *Biol Trace Elem Res*, 37: 209-217.
- 37) Kumar BP, Shivakumar K (1997) Depressed anti oxidant defense in rat heart in experimental magnesium deficiency. *Biol Trace Elem Res*, 60:139-144.
- 38) Jimenez A, Planells E, Aranda P, Sanchez-Vinas M, Llopis J (1997) Changes in bioavailability and tissue distribution of selenium caused by magnesium deficiency in rats. *J Am Coll Nutr*, 16, 2: 175-180.
- 39) Namikawa K, Kinsoku A, Minami T, Okazaki Y, Kadota E, Teramura K, Hashimoto S (1995) Relationship Between age and nephrotoxicity following single low-dose cisplatin (CDDP) injection in rats. *Biol Pharm Bull*, 18, 7: 957-962
- 40) Kasai H, Crain PF, Kuchio Y, Nishimura S, Ootsyama A, Tanooka H (1986) Formation of 8-hydroxyguanine moiety in cellular DNA by agents producing oxygen radicals and evidence for its repair. *Carcinogenesis*, 7: 1849-1851
- 41) Fraga CG, Shigenaga MK, Park JW, Degan P, Ames BN (1990) Oxidative damage to DNA during aging: 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in rat organ DNA and Urine. *Proc Natl Acad Sci USA*, 87: 4533-4537.
- 42) 松尾光芳 編著 (1994) 老化と環境因子. p. 204-209. 学会出版センター. 東京.

Table 1. Composition of the experimental diets (%)

	0.05% Mg (N)	0.006% Mg (D)
Casein	20.0	20.0
DL-Methionine	0.3	0.3
Starch	5.0	5.0
Cellulose powder	5.0	5.0
Corn oil	3.7	3.7
Mineral mixture¹⁾	1.0	1.0
Vitamin mixture²⁾	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2
MgO	0.085	0.008
Saccharose	49.715	49.792
Total	100.000	100.000

1) According to AIN-76, but Mg source was excluded

2) AIN-76 vitamin mixture

N: Normal diet group D: Mg deficient group

Table 2. Organ Weight (wet weight)

	N	D
Liver (g)	7.96 ± 0.33	8.56 ± 0.67*
Kidney (g)	0.77 ± 0.02	1.03 ± 0.06*
Heart (g)	0.60 ± 0.01	0.59 ± 0.02

Values are means ± SEM for six rats.

*Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group

Table 3. Iron concentration in various tissues

	N	D
Liver (μ g/g dry wt.)	505 \pm 48	973 \pm 56*
Kidney (μ g/g dry wt.)	332 \pm 18	256 \pm 27
Heart (μ g/g dry wt.)	292 \pm 13	353 \pm 18*
Aorta (μ g/g dry wt.)	137 \pm 22	118 \pm 31
RBC (μ g/g dry wt.)	2570 \pm 60	2741 \pm 48
Plasma (μ g/dl)	277 \pm 38	256 \pm 13

Values are means \pm SEM for six rats. *Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group RBC: red blood cell

Table 5. Calcium concentration in various tissues

	N	D
Liver (mg/g dry wt.)	0.267 \pm 0.02	0.316 \pm 0.02
Kidney (mg/g dry wt.)	0.403 \pm 0.01	9.301 \pm 0.78*
Heart (mg/g dry wt.)	0.222 \pm 0.01	0.276 \pm 0.009*
Aorta (mg/g dry wt.)	0.167 \pm 0.01	0.152 \pm 0.006
RBC (μ g/g dry wt.)	8.189 \pm 0.62	14.5 \pm 1.18*
Plasma (mg/dl)	13.08 \pm 0.06	13.4 \pm 0.18

Values are means \pm SEM for six rats. *Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group RBC: red blood cell

Table 4. Copper concentration in various tissues

	N	D
Liver (μ g/g dry wt.)	26.8 \pm 1.7	30.6 \pm 0.6
Kidney (μ g/g dry wt.)	39.8 \pm 1.4	54.3 \pm 3.8*
Heart (μ g/g dry wt.)	49.5 \pm 4.3	57.8 \pm 4.9
RBC (μ g/g dry wt.)	2.41 \pm 0.16	3.51 \pm 0.05*
Plasma (μ g/dl)	84.9 \pm 1.6	108 \pm 1.6*

Values are means \pm SEM for six rats. *Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group RBC: red blood cell

Table 6. Magnesium concentration in various tissues

	N	D
Liver (mg/g dry wt.)	0.786 \pm 0.02	0.906 \pm 0.01*
Kidney (mg/g dry wt.)	0.873 \pm 0.01	0.924 \pm 0.008*
Heart (mg/g dry wt.)	1.051 \pm 0.006	1.06 \pm 0.01
Aorta (mg/g dry wt.)	0.084 \pm 0.002	0.078 \pm 0.001
RBC (μ g/g dry wt.)	0.148 \pm 0.003	0.151 \pm 0.006
Plasma (mg/dl)	2.266 \pm 0.101	0.770 \pm 0.027*

Values are means \pm SEM for six rats. *Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group RBC: red blood cell

Table 7. Antioxidant enzyme activities in various tissues

	Liver		Kidney		Heart	
	N	D	N	D	N	D
SOD	770 ± 59	745 ± 73	420 ± 17	431 ± 39	277 ± 13	163 ± 11*
GPX	2221 ± 78	1803 ± 73*	1190 ± 53	1061 ± 27*	1057 ± 33	1357 ± 54*
	RBC					
	Plasma					
	N	D	N	D		
SOD	1494 ± 133	1567 ± 110	2.63 ± 0.05	3.23 ± 0.15*		
GPX	575 ± 17	664 ± 45	172 ± 4	142 ± 5*		

Values are means ± SEM for six rats. *Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group RBC: red blood cell

SOD: superoxide dismutase GPX: glutathione peroxidase

Table 8. Lipid concentrations in various tissues

	Liver		Kidney		Heart	
	N	D	N	D	N	D
TG (mg/g tissue)	7.47 ± 1.07	11.6 ± 1.97*	1.07 ± 0.16	1.12 ± 0.15	0.27 ± 0.06	0.18 ± 0.01
PL (mg/g tissue)	12.6 ± 0.73	10.4 ± 0.66*	5.69 ± 0.40	5.78 ± 0.17	7.11 ± 1.68	9.10 ± 2.11
TC (mg/g tissue)	1.68 ± 0.09	2.93 ± 0.16*	1.60 ± 0.08	1.59 ± 0.05	0.44 ± 0.01	0.53 ± 0.02*

Plasma		
	N	D
TG (mg/dl)	124 ± 12	189 ± 19*
PL (mg/dl)	165 ± 7.4	185 ± 5.6*
TC (mg/dl)	64.5 ± 2.8	70.6 ± 3.0*

Values are means ± SEM for six rats.

*Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group

TG: triglyceride PL: phospholipid TC: total cholesterol

Table 9. Lipid peroxides level in various tissues

	Liver		Kidney		Heart	
	N	D	N	D	N	D
PCOOH (pmol/g tissue)	302 ± 28	485 ± 63*	297 ± 35	325 ± 31	1074 ± 39	1239 ± 65*
PEOOH (pmol/g tissue)	155 ± 19	160 ± 14	134 ± 9	128 ± 7	994 ± 31	1044 ± 53*

	Aorta		RBC membrane (pmol/ml packed cells)		Plasma (pmol/ml plasma)	
	N	D	N	D	N	D
PCOOH	306 ± 11	421 ± 50*	90.3 ± 8.6	144 ± 9.8*	70.4 ± 3.9	110 ± 3.6*
PEOOH	239 ± 14	234 ± 20	72.9 ± 6.6	103 ± 7.8*		

TBARS (nmol/g liver)

Liver	N	D
	34.2 ± 2.9	54.9 ± 10.8*

Values are means ± SEM for six rats.

*Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group RBC: red blood cell

PCOOH: phosphatidylcholine hydroperoxide PEOOH: phosphatidylethanolamine hydroperoxide

TBARS: thiobarbituric acid reactivity substance

Table 10. 8-OHdG level in Urine

Urine	8-OHdG (ng/mg Cr)	
	N	D
34.2 ± 2.08	64.9 ± 5.03*	

Values are means ± SEM for six rats. *Significantly different from the normal diet ($p < 0.05$).

N: Normal diet group D: Mg deficient group

8-OHdG: 8-hydroxydeoxyguanosine Cr: creatinine

19990650

以降は雑誌/図書等に掲載された論文となりますので、
「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。

「研究成果の刊行に関する一覧表」

1. K.Kaneko, C.Kiyose, T.Ueda, H.Ichikawa, O.Igarashi ;Studies of the metabolism of α -tocopherol stereoisomers in rats using {5-methyl-14C} SRR- and RRR- α -tocopherol, J.Lipid Res., 41, 357-367(2000)
- 2.三浦努、上原万里子、鈴木和春、五島孜郎；高マグネシウム投与がラットの糞便中ステロイド排泄に及ぼす影響、日本栄養食糧学会誌、51,17-21(1998)
- 3.三浦努、上原万里子、鈴木和春、菅家祐輔、五島孜郎；ラットの糞便中ミネラル排泄に及ぼす長期高カルシウム食投与の影響、日本栄養食糧学会誌、51,81-86(1998)
- 4.Y.Toba,R.Masuyama,K.Kato,Y.Takada, S.Aoe, K.Suzuki; Effects of dietary magnesium level on calcium absorption in growing male rats, Nutr.Res. 19,783-793 (1999)
- 5.T.Miura,H.Matsuzaki,K.Suzuki, S.Goto; Long-term high intake of calcium reduces magnesium utilization in rats , Nutr.Res., 19, 1363-1369 (1999)
- 6.H.Matsuzaki, T.Kikuchi, Y.Kajita, R.Masuyama, M.Uehara, S.Goto, K.Suzuki; Comparison of various phosphorus source on nephrocalcinosis and kidney function in rats, J.Nutr.Sci. Vitaminol., 45,595-608(1999)