

バターと鶏卵多量摂取後のカルシウム・マグネシウム尿中排泄増加と摂取前の栄養状態

西牟田 守¹⁾, 児玉直子²⁾, 吉武 裕³⁾(¹⁾独立行政法人国立健康・栄養研究所*, ²⁾食糧学院 東京栄養食糧専門学校, ³⁾鹿屋体育大学)**The Nutritional conditions before the loading affected uresis of calcium and magnesium after oral load of large quantities of butter and eggs**Mamoru NISHIMUTA¹⁾, Naoko KODAMA²⁾ and Yutaka YOSHITAKE³⁾¹⁾*Laboratory of Mineral Nutrition, Division of Human Nutrition, The Incorporated Administrative Agency of Health and Nutrition, Tokyo, 162-8636, Japan*²⁾*Tokyo Dietitian Academy, Tokyo, 154-8544, Japan*³⁾*Department for Interdisciplinary Studies of Lifelong Sports and Physical Activity, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kanoya, 891-2393, Japan***Abstract**

Oral ingestion of large quantities of butter and eggs led uresis of calcium (Ca) and magnesium (Mg). In the previous study, this uresis was much higher after excess energy intake than that at the initial day. This suggested that this uresis is affected by the nutritional conditions before the loading. This study compared this uresis between those after energy restriction and at control. Six female students took part in the two loading tests before and after a metabolic study whose dietary intake of energy was as low as 1650 kcal/d, which reduced the body weight in all subjects. Ca and Mg uresis after the metabolic study were lower than that at the control day. This confirmed that this uresis is affected by the nutritional conditions before the loading.

Key words: butter and eggs, ingestion, Ca and Mg, urine, nutritional conditions

糖尿病の診断基準の参考に用いられてきた糖負荷試験の血糖値や血中インスリン濃度の結果は、糖負荷試験直前の被験者の食事条件で大きく修飾される。これと同様に、糖負荷試験後に起きるカルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg) の尿中排泄増加が絶食によって抑制されることも明らかになっている¹⁾。一方、脂質負荷を念頭に置き、大学生女子を対象にバター1/8 ポンド (56g) と鶏卵5個 (約300g) を食パン (6枚切り) 1枚とともに早朝空腹時に経口負荷する (バター鶏卵負荷試験) と、糖負荷試験と同様にCaとMgの尿中排泄増加が起こるが、一週間同量のバターと鶏卵を摂取させ、エネルギー摂取量が増加した後の早朝空腹時に同量のバターと鶏卵を負荷すると、CaとMgの尿中排泄増加が増強された²⁾。そこで、負荷前の栄養状態がバター鶏卵負荷試験のCaとMgの尿中排泄を修飾すると考えた。本研究ではエネルギー等を規制した出納実験の前後にバター鶏卵負荷試験を実施し、エネルギー制限によりCaとMgの尿中排泄増加が抑制するか否かを検討した。

*所在地：新宿区戸山1-23-1 (〒162-8636)

実験方法

実験は2001年夏に被験者を国立健康・栄養研究所被験者室に宿泊させて実施した。被験者は予め実験の目的や内容、起こりうる不利益などを説明し、文書で参加希望を申し込んだ大学生女子6名である (Table 1)。なお、本実験は独立行政法人国立健康・栄養研究所倫理委員会の承認を受けて実施した。

本実験は2001年夏に実施した出納実験の前後に2回 (Test 1, Test 2), 同様のプロトコール (Fig. 1) で実施した。すなわち、実験前夜午後10時に栄研式皮脂厚計により皮下脂肪厚を測定した後就寝し、実験当日は午前6時に起床後、完全排尿し、血圧、身長および体重を測定した。午前8時30分に採尿し、有塩バター60gと鶏卵 (ゆで) 5個 (約300g) を食パン (45g), 食塩 (食卓塩0.5g) およびイオン交換水 (ad lib.) とともに30分以内に摂取させた。なお、負荷食の五訂日本食品標準成分表³⁾による計算値をTable 2に示した。その後は90分間隔で5回採尿し、採尿の都度イオン交換水を150g摂取した。なお、出納実験 (16日間) は一期4日のサイクルメニューとし、一日当たりエネルギー1650kcal, タンパク質59g, 脂質41g, 炭水化物250g, 主なタンパク質供給源は魚介類として実施した。

尿の測定はナトリウム (Na), カリウム (K), カルシウム (Ca), マグネシウム (Mg) および亜鉛 (Zn) が原子吸光法, クレアチニン (Cre) および無機リン (iP) が比色法である。なお, Caの測定に際してはPの影響を防止するために終濃度が2500ppmとなるように塩化ストロンチウムを添加し, また, pHの影響を防止するためにpHの異なる同濃度の標準液の吸光度が等しくなるようにバーナーの高さを調節した⁴⁾。

結果は平均値と標準偏差で示し, 分散分析で有意差のあった項目に関し対応のあるt-検定を実施し危険率0.5%未満を有意差ありと判定した。

Table 1 Characteristics of subjects

ID	Age (yr)	Test 1					Test 2				
		Height (cm)	Weight (kg)	Blood pressure (Hg)		SFT* (mm)	Height (cm)	Weight (kg)	Blood pressure (mmHg)		SFT* (mm)
				Systolic	Diastolic				Systolic	Diastolic	
c	20	158.6	45.02	90	60	18.0	159.2	43.45	86	54	17.5
d	20	160.4	54.01	96	54	33.0	160.5	52.64	92	46	30.0
e	19	161.5	52.39	110	64	27.0	161.2	51.33	122	64	23.5
f	19	172.6	60.24	90	54	47.5	173.1	58.57	84	48	41.5
g	20	154.4	47.50	86	50	40.0	154.8	46.80	88	54	33.0
k	20	165.5	52.74	84	60	23.0	165.2	50.70	84	56	19.0
mean	19.7	162.2	51.98	93	57	31.4	162.3	50.58	93	54	27.4
s.d.	0.5	6.3	5.32	9	5	11.0	6.3	5.17	15	6	9.2
p (Test 1 vs Test 2)							0.352	0.0008	1.000	0.129	0.008

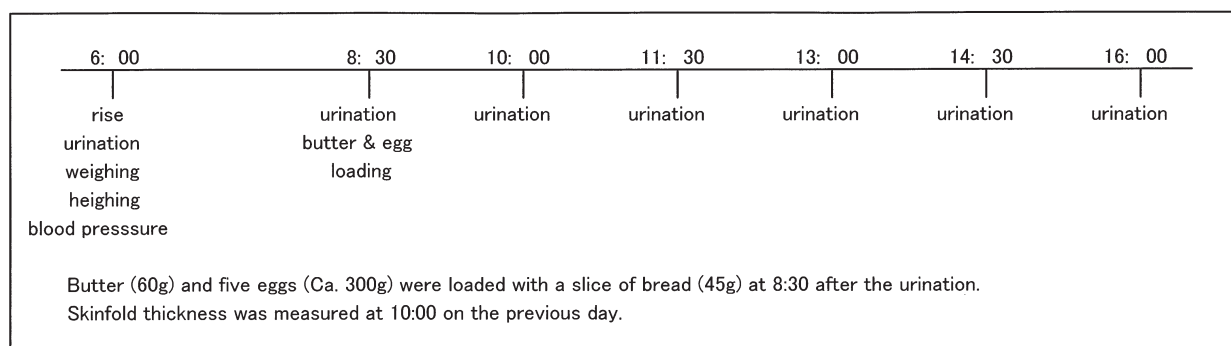


Fig. 1 Protocol of the experiment.

Table 2 Food composition of the test diet (Butter 60g, egg 300g, bread 45g and salt 0.5g)

Energy	1028 kcal		Thiamin (B ₁)	0.22 mg
Water	253.3 g		Riboflavin (B ₂)	1.24 mg
Protein	43.2 g		Niacin	0.8 mg
Lipid	81.5 g		Vitamin B ₆	0.22 mg
Carbohydrate	22.0 g		Vitamin B ₁₂	2.8 μ g
Ash	5.4 g		Folate	122 μ g
Sodium (Na)	1260 mg	(54.8 mmol)	Pantothenic acid	4.42 mg
Potassium (K)	420 mg	(10.7 mmol)	Ascorbic acid	0 mg
Calcium (Ca)	178 mg	(4.4 mmol)	Fatty acids	
Magnesium (Mg)	44 mg	(1.8 mmol)	Saturated	39.18 g
Phosphorus (P)	586 mg	(18.9 mmol)	Monounsaturated	24.32 g
Iron (Fe)	5.7 mg	(102.1 μ mol)	Polyunsaturated	6.52 g
Zinc (Zn)	4.3 mg	(65.8 μ mol)	Cholesterol	1416 mg
Copper (Cu)	0.29 mg	(4.6 μ mol)	Dietary fibers	
Retinol	720 μ g		Water soluble	0.2 g
Carotene	132 μ g		Water insoluble	0.9 g
Retinol equivalents	732 μ g		Total	1.0 g
Vitamin D	10 μ g			
Vitamin E	4.5 mg			
Vitamin K	46 μ g			

結 果

被験者の体重および皮下脂肪厚はTest 1に比較しTest 2で有意に少なかった。尿量，クレアチニンおよびミネラルの尿中排泄の経時変化をFigs. 1, 2に示した。Test 1に比較するとTest 2ではKの排泄量が多く (Fig. 2), CaとMgの排泄量が少なかった (Fig. 3)。

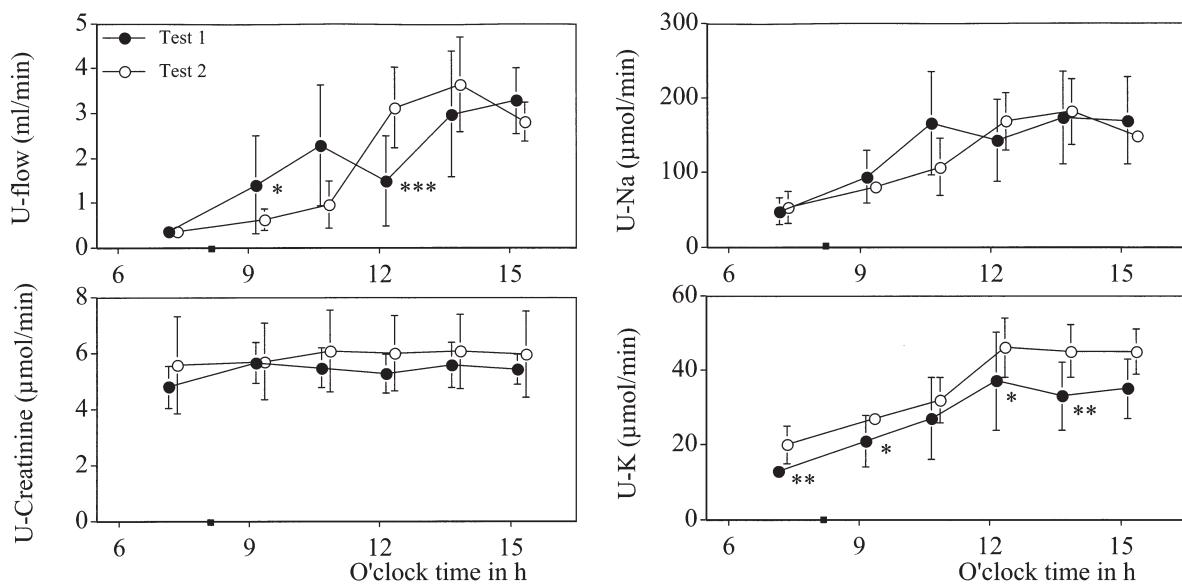


Fig. 2 Urine flow (U-flow), creatinine (U-Cre), sodium (U-Na) and potassium (U-K) excretion after the ingestion of butter (60g) and five eggs (ca. 300g) in the fasted mornings before (Test 1) and after (Test 2) a balance study (energy restriction, n=6).

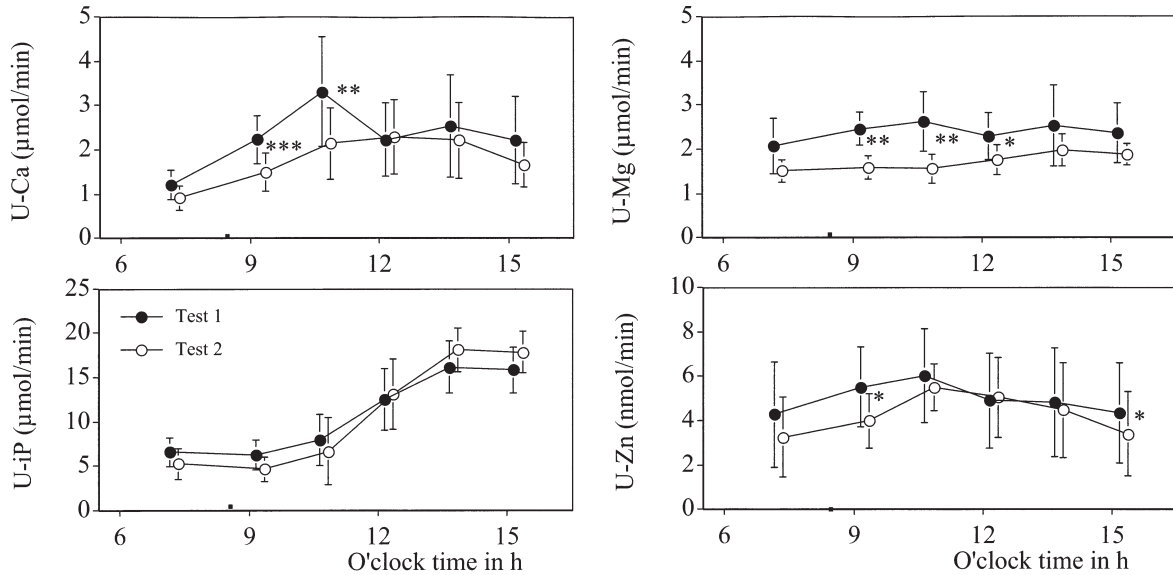


Fig. 3 Urine calcium (U-Ca), magnesium (U-Mg), inorganic phosphate (U-iP) and zinc (U-Zn) excretion after the ingestion of butter (60g) and five eggs (ca. 300g) in the fasted mornings before (Test 1) and after (Test 2) a balance study (energy restriction, n=6).

考 察

栄養素の吸収や排泄はそれぞれ単独で進行するのではなく、リン酸化などの化学反応を伴い進行している。中性脂肪もアシル基が加水分解されモノアシルグリセロールまたはジアシルグリセロールと脂肪酸などに分解され、腸管から吸収されそのまま脂肪として蓄積するとともに、高エネルギーリン酸化合物として細胞内に蓄積する。

それらの反応に用いられる基質や補酵素は身体のいずれかの臓器から供給され、反応の終了後は元の臓器に戻るか腸管または腎臓で排泄されることになる。腎臓からのミネラルの排泄、すなわち尿中排泄の経時変化を観察することは、体内で起きている物質の移動を反映していると考えられるので、重要である。

前回の実験²⁾では2回の負荷試験の間、連日バターと鶏卵を負荷量と同量摂取させ、2回目の負荷前はエネルギー摂取過剰となっていた。その結果、バターと鶏卵負荷による尿中Ca, Mg排泄量は2回目が有意に高値となった。また、1回目の負荷前の尿中Mg排泄量は低く、2回目の負荷前の値より有意に低値であった。

本実験結果では、Test 2前の摂取エネルギーが1650kcal/dであり、体重と皮下脂肪厚がエネルギー摂取制限により低下した。我々はこれと関連し、バターと鶏卵負荷による尿中Ca, Mg排泄量がTest 2で有意に低値となったと考えた。したがって、バターと鶏卵負荷による尿中Ca, Mg排泄量増大は、負荷前の摂取エネルギーと関連し、エネルギー摂取過剰が続くとCaとMgの尿中排泄が増加すると考えた。

本実験と前回の実験²⁾のもう一つの違いは、前回の実験では食塩の摂取量を規定しなかったが、本実験では0.5gと規定した点である。また、本実験で負荷した食品はいずれもNaを含んでいる。そのため、Naの負荷量は54.8mmol (食塩3.2g)となった。

その結果、本実験では、0.9%食塩水 (生理的食塩水)⁵⁾ や0.6%食塩水⁶⁾ を早朝空腹時に負荷した場合と同様に、負荷後にNa, Kの尿中排泄量が増加したものと考えた。

なお、本実験の尿中K排泄量はTest 2で有意に高値となった。これは、出納実験期間中の食事によるK供給量が、実験前より多かったことを反映していると思われるが、詳細は今後の検討に委ねられる。

文 献

- 1) Lindeman RD (1969) Influence of various nutrients and hormones on urinary divalent cation excretion. *Ann NY Acad Sci* 162: 802-809.
- 2) 西牟田 守, 辻 悦子, 児玉直子, 小野桂子, 小林修平 (1986) バターおよび鶏卵の経口負荷による血中および尿中ミネラルレベルの変動 -新しい尿中マグネシウム排泄亢進因子-. *JJSMgR (マグネシウム)* 5: 53-60.
- 3) 科学技術庁資源調査会 編 (2000) 五訂日本食品標準成分表, 大蔵省印刷局, 東京.
- 4) Kodama N, Nishimuta M, Suzuki K (2003) Negative balance of calcium and magnesium under a relatively low sodium intake in human. *J Nutr Sci Vitaminol* **49**: 201-209.
- 5) 西牟田 守 (1983) 水・電解質尿中排泄に及ぼす食塩水摂取の影響. *日本栄養・食糧学会誌* 36: 367-371.
- 6) 山田哲雄, 西牟田 守, 小林修平, 鈴木一正 (1983) 運動と水・電解質環境. *体力科学* 32: 185-187.