

ラットのカルシウム、リン、 マグネシウム出納に及ぼす 調製豆乳食と牛乳食の影響

石 井 孝 彦

著者らは、これまでに、ラットを用いた成人病の基礎実験において、豆乳の血清コレステロール上昇抑制効果は牛乳より高く、鶏卵より低く、調製豆乳の血清コレステロール上昇抑制効果は鶏卵と同じくらいであったこと¹⁾、さらに、調製豆乳の血清コレステロール上昇抑制効果は添加してある植物油によることを報告した²⁾。しかしながら、調製豆乳食は、食餌蛋白レベルをかえても、自然発症高血圧ラットの血圧に牛乳食と違った影響を及ぼすことがなかったことも報告した³⁾。

最近、ミネラルの摂取量と成人病に関して、McCarron が Ca 摂取量と血圧値との間に負の相関のあることを強調しており、また Karppanen が Mg 摂取量の多い人に虚血性心疾患発生率の低いことを報告している。吉田と篠田は、豆乳にはミネラルの吸収利用性を低下させるとされているフィチン酸がかなり多く存在していると報告し、Naito et al.⁷⁾ は牛乳カゼインから Ca 吸収を促進するカゼインフォスフォペプチドが生成すると報告している。また、Johnson et al.⁸⁾ や Shuette et al.⁹⁾ は、ヒトが高蛋白質を摂取することによって、Ca 出納が負を示すと報告し、Spencer et al.¹⁰⁾ は Ca 出納が正を示すと報告している。一方、Bell et al.¹¹⁾ や Whiting and Draper¹²⁾ は、雄ラットを用いた実験で、高蛋白質摂取が Ca 出納を負にするとしながらも、“Ca を深部標識した場合、骨からの“Ca の動員が認められなかったと報告している。阿左

¹³⁾ 美らもカゼインまたは分離大豆蛋白質食飼育の発育期の雄ラットを用いた実験で、蛋白質の摂取量および質的違いが Ca 出納に及ぼす影響を調べ、Ca の尿中排泄量が摂取蛋白質量の増加および加齢に伴って増加し、カゼイン食飼育でその傾向が著しいが、Ca 出納は負を示さなかったことを報告している。

このように、豆乳の大量飲用は日本人に欠乏しがちな ¹⁴⁾ Ca などのミネラル出納に影響すると思われるので、本実験は、調製豆乳食及び食餌蛋白質レベルが Ca, P, Mg 出納に及ぼす影響を牛乳食と比較して調べることを目的とした。

実験材料と方法

5週齢の SD 系雄ラット 1 群 5 匹の 20 匹を TABLE 1 に示した飼料で、室温 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $55 \pm 10\%$ 、12 時間交代の明暗期の室内で 4 週間飼育した。15%と 5%蛋白質レベルの噴霧乾燥調製豆乳（三菱化成 ㈱）飼料をそれぞれ HPSM 群、LPSM 群とした。15%と 5%蛋白質レベルの全粉乳（雪印乳業 ㈱）飼料を HWM 群、LWM 群とした。各飼料の Ca, P, Mg 含量を TABLE 1 の下欄に示した。飼料を自由摂取させ、毎日 16 時に体重と残飼料の測定を行った。実験飼育の最終週に 4 日間代謝ケージで飼育し、糞と尿を採取した。後の 2 日間の糞と尿を分析に使用した。飼育終了日の 8 時に餌箱をはずし、14 時から 5 匹をネブタール麻酔下で、心臓より採血し、屠殺し、右後肢の大腿骨を切り出した。

飼料、糞、尿と骨の Ca, Mg と血清 Mg については、 600°C で乾式灰化後、4N 塩酸に溶かし、再び灰化し、その後、サンプルを塩化ランタンが最終濃度 1,000 ppm となるようにした 4N 塩酸に溶かした。¹⁵⁾ それらを日立原子吸光分析装置により空気-アセチレン炎を用いて定量した。また飼料、糞、尿と骨の P については過塩素酸で湿式分解後、¹⁶⁾ Allen の方法で定量した。また血清 Ca, P, グルコース、トリグリセライド、遊離脂肪酸、アルブミン、総蛋白、GOT, GPT, コレステロール、HDL-コレステロールは和光純薬 ㈱ の

TABLE 1. COMPOSITION OF EXPERIMENTAL DIETS. (g/100g)

	High Prepared Soy Milk HPSM	Low Prepared Soy Milk LPSM	High Whole Milk HWM	Low Whole Milk LWM
Prepared Soy Milk- Spray-dried	48.5	16.2		
Whole Milk Powder			48.9	16.3
Corn Oil		9.7		
Butter			6.0	12.0
α -Corn Starch			15.0	15.0
Cellulose Powder	4.0	4.0	4.0	4.0
Mineral Mixture *	4.0	4.0	4.0	4.0
Vitamin Mixture *	1.0	1.0	1.0	1.0
Sucrose	42.5	50.1	36.1	47.7
Analysis value of mineral in each diets (mg/100g diet)				
Calcium	703	630	1,029	739
Phosphorus	613	509	814	576
Magnesium	124	79	100	81

*: AIN 76

キットにより測定した。

結果と考察

実験期間中の増体重は HPSM 群 177.4 g, HWM 群 182.0 g, LPSM 群 34.6 g, LWM 群 33.2 g であった。HPSM 群が LPSM 群より, HWM 群が LWM 群より多かったが, HPSM 群と HWM 群間, LPSM 群と LWM 群間には差がなかった (TABLE 2)。1日あたりの飼料摂取量は HWM 群 18.6 g, HPSM 群 14.1 g, LPSM 群 11.5 g の順で少なく, 3群間で有意差があった。LWM 群の摂取量 13.0 g は HPSM 群と LPSM 群の間であり, 両者に対して有意差はなかった。また, 糞排泄量は HWM 群, HPSM 群, LWM 群, LPSM 群の順で少なく, 飼料摂取量と同じ傾向であった。

Ca 出納

Ca の出納については TABLE 3 に示した。摂取 Ca 量は飼料中の含量と

TABLE 2. FEED INTAKE, FECAL EXCRETION AND BODY WEIGHT GAIN IN RATS. (M±SD)

	Feed Intake g/day	Feces g/day	Body Weight Gain g/4 week
HPSM	14.1±1.4 ^a	1.7979±0.0993 ^a	177.4±11.9 ^a
HWM	18.6±1.6 ^b	2.4626±0.1577 ^b	182.0±23.7 ^a
LPSM	11.5±1.5 ^a	0.7604±0.2380 ^a	34.6± 5.9 ^b
LWM	13.0±1.0 ^a	1.0595±0.1224 ^a	33.2± 8.3 ^b

*** means in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$).

摂取量により, HPSM 群 99.1 mg が HWM 群 191.4 mg より, LPSM 群 72.5 mg が LWM 群 96.1 mg より有意に少なく, HPSM 群が LPSM 群より, HWM 群が LWM 群より多かった。すなわち, HWM 群の摂取 Ca 量が著しく多かった。糞 Ca 量も HPSM 群 58.0 mg が HWM 群 152.5 mg より, LPSM 群 42.3 mg が LWM 群 65.2 mg より有意に少なく, HPSM 群が LPSM 群より, HWM 群が LWM 群より多く, 摂取 Ca 量と同じ傾向であった。従って, 吸収 Ca 量は各群間に差がなかった。牛乳群のカゼインフォスフォペプチドが Ca 吸収を促進し, 豆乳中のフィチン酸が Ca 吸収を阻害するという確証は得られなかった。すなわち, Ca 吸収率は LPSM 群が 40.9 % と LWM 群 32.5 % とは有意差がなく, HPSM 群は 41.1 % と HWM 群 20.2 % より高かった。また HWM 群が LWM 群より低かった。吉田と栗山¹⁷⁾は 10 % 蛋白飼料 (約 0.6 % Ca 飼料) で大豆蛋白飼料, カゼイン飼料で Ca

TABLE 3. CALCIUM BALANCE IN RATS FED THE EXPERIMENTAL DIETS. (M±SD)

	Intake mg/day	Feces mg/day	Absorption mg/day	Ratio of Absorption %	Urine mg/day	Retention mg/day	Ratio of Retention %
HPSM	99.1±10.1 ^a	58.0± 4.2 ^a	41.1±10.0	41.1± 6.1 ^a	3.5±1.2 ^a	37.6± 9.4	37.6± 5.6 ^a
HWM	191.4±16.0 ^b	152.2±10.4 ^b	38.9± 7.9	20.2± 3.1 ^a	2.2±0.6 ^a	36.6± 8.0	19.0± 3.2 ^a
LPSM	72.5± 9.2 ^a	42.3± 3.4 ^a	30.2± 8.9	40.9± 7.9 ^a	1.5±0.9 ^a	28.9± 8.6	38.9± 7.6 ^a
LWM	96.1± 7.4 ^a	65.2±15.2 ^b	30.9±10.6	32.5±12.1 ^a	1.5±0.5 ^a	29.4±10.4	31.0±11.8 ^a

*** means in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$).

吸収率(吸収量)が49.2% (38.3 mg), 47.0% (31.8 mg)と報告している。吉田¹⁸⁾と枝川は同様の実験で(約0.6% Ca 飼料), 大豆蛋白飼料, カゼイン飼料でCa 吸収率(吸収量)が実験Iで51.7% (15.4 mg), 48.0% (20.8 mg)と実験IIで25.1% (33.9 mg), 31.6% (28.5 mg)と報告している。使用した分離大豆蛋白質のフィチン酸量が1.0%だったので, 飼料中のフィチン酸含量は0.1%程度であり, フィチン酸とCa が腸管内でキレートを形成したとしても, その量はこれら無機質の出納に悪影響を及ぼすほどではなかったと考察している。阿左美¹³⁾らは20%蛋白飼料(約0.6% Ca 飼料)の雌ラット13週飼育で分離大豆蛋白飼料, カゼイン飼料のCa 吸収率(吸収量)が42.7% (24.2 mg), 34.1% (19.7 mg)と報告している。阿左美¹⁹⁾らは20%蛋白飼料(約0.4% Ca 飼料)の経産ラット6週飼育で分離大豆蛋白飼料, カゼイン飼料のCa 吸収率(吸収量)が27.8% (17.3 mg), 44.0% (23.4 mg)と報告している。これらの実験報告でカゼイン飼料群のCa 吸収率が大豆蛋白飼料群のCa 吸収率より有意に高かったのは1例であった。本実験の結果は, 15%蛋白飼料のHPSM 飼料(0.62% Ca 飼料), HWM 飼料(1.02% Ca 飼料)及び5%蛋白飼料のLPSM 飼料(0.60% Ca 飼料), LWM 飼料(0.74% Ca 飼料)のCa 吸収率(吸収量)が41.1% (41.1 mg), 20.2% (38.9 mg), 40.9% (30.2 mg), 32.5% (30.9 mg)であった。Ca 含量の多いHWM 群のCa 吸収率が低く, Ca 含量の少ないHPSM 群, LPSM 群とLWM 群のCa 吸収率が高かった。他の報告^{13), 17), 18), 19)}のカゼイン群にあたるHWM 群のCa 吸収率が低かった。しかし, Ca 吸収量では各群間に差がなかった。この結果の大きな理由として, HWM 群の飼料中Ca 含量と飼料摂取量が他の3群に比べ著しく多かったことがあげられる。飼料中Ca 含量については, ヒトがミネラルを十分摂取できる食事と同時に牛乳または調製豆乳を飲用した場合を想定したので, その時のCa 吸収量と考えられる。飼料摂取量の違いはミネラルを十分含む食事をダイエットなどで減食した場合のCa 吸収量と考えられる。

尿Ca 量はHPSM 群が他の3群より多かったが, 出納を負にするものではなかった。保留Ca 量は吸収Ca 量と同じく, 各群間に有意差はなかった。

Ca 保留率は Ca 吸収率と同じであった。すなわち、HWM 群 19.0 % が他の 3 群より低かった。

P 出納

P 出納を TABLE 4 にまとめた。摂取 P 量は HPSM 群が HWM 群より、LPSM 群が LWM 群より有意に少なかった。HPSM 群が LPSM 群より、HWM 群が LWM 群より多かった。糞 P 量は摂取 P 量と同じ傾向であった。従って、吸収 P 量は HPSM 群 46.4 mg が HWM 群 88.2 mg より少なかった。LPSM 群 32.0 mg と LWM 群 38.5 mg に差がなかった。HPSM 群は LPSM 群より、HWM 群が LWM 群より多かった。P 吸収率はいずれの群間にも有意差がなかった。吉田と栗山は 10 % 蛋白飼料 (約 0.6 % P 飼料) で大豆蛋白飼料, カゼイン飼料で P 吸収率 (吸収量) が 73.7 % (57.3 mg), 70.4 % (46.9 mg) と報告している。吉田と枝川は同様の実験で (約 0.55 % P 飼料), 大豆蛋白飼料, カゼイン飼料で P 吸収率 (吸収量) が実験 I で 66.2 % (35.2 mg), 66.6 % (36.4 mg) と実験 II で 66.8 % (40.2 mg), 65.9 % (41.6 mg) と報告している。阿左美らは 20 % 蛋白飼料 (約 0.4 % P 飼料) の雌ラット 13 週飼育で分離大豆蛋白飼料, カゼイン飼料の P 吸収率 (吸収量) が 52.8 % (19.4 mg), 49.1 % (19.7 mg) と報告している。阿左美らは 20 % 蛋白飼料 (約 0.45 % P 飼料) の経産ラット 6 週飼育で分離大豆蛋白飼料, カゼイン飼料の P 吸収率 (吸収量) が 50.1 % (34.0 mg), 58.2 % (32.5 mg) と報告してい

TABLE 4. PHOSPHORUS BALANCE IN RATS FED THE EXPERIMENTAL DIETS. (M $\pm$ SD)

	Intake mg/day	Feces mg/day	Absorption mg/day	Ratio of Absorption%	Urine mg/day	Retention mg/day	Ratio of Retention%
HPSM	86.4 $\pm$ 8.8*	40.0 $\pm$ 6.3*	46.4 $\pm$ 11.4*	53.3 $\pm$ 8.5	14.6 $\pm$ 1.2*	31.8 $\pm$ 10.9*	36.3 $\pm$ 9.2*
HWM	151.4 $\pm$ 12.7	63.2 $\pm$ 5.1*	88.2 $\pm$ 9.5*	58.2 $\pm$ 2.6	39.3 $\pm$ 4.7	48.9 $\pm$ 8.8*	32.2 $\pm$ 3.9*
LPSM	58.5 $\pm$ 7.4	26.6 $\pm$ 4.3*	32.0 $\pm$ 7.3*	54.3 $\pm$ 7.4	16.3 $\pm$ 2.4*	15.7 $\pm$ 5.8*	26.3 $\pm$ 7.3*
LWM	74.9 $\pm$ 5.8*	36.4 $\pm$ 3.4*	38.5 $\pm$ 5.1*	51.3 $\pm$ 4.4	18.6 $\pm$ 4.9*	19.9 $\pm$ 1.8*	28.1 $\pm$ 6.1*

*** means in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$).

る。本実験の結果と同じく、P吸収率には差がみられないようである。本実験のP吸収量はCaと異なり、摂取P量の順と同じで、HWM群、HPSM群、LWM群、LPSM群の順であった。

尿P量はHWM群が他の3群より有意に多かった。保留P量はHPSM群31.8mgがHWM群48.9mgより、LPSM群15.7mgがLWM群37.2mgより少ない傾向を示し、HPSM群がLPSM群より、HWM群がLWM群より多かった。P保留率はLPSM群26.3%とLWM群28.1%間、HPSM群36.3%とHWM群32.2%間に差はなかった。HPSM群はLPSM群より高かったが、HWM群、LWM群間に差はなかった。

Mg 出納

Mg 出納をTABLE 5に示した。摂取Mg量はHPSM群17.5mgがLPSM群9.1mgより、HWM群18.6mgがLWM群10.5mgより多かった。糞Mg量はLPSM群がLWM群より有意に少なく、HPSM群とHWM群間に差はなかった。HPSM群がLPSM群より、HWM群がLWM群より多かった。従って、吸収Mg量は摂取Mg量の順と同じであった。またHPSM群8.81mgがLPSM群5.19mgより、HWM群9.06mgがLWM群5.21mgより多かった。Mg吸収率は各群間に差がなかった。Caと異なる結果で、Pと同様の結果であった。吉田と栗山¹⁷⁾の10%蛋白飼料(約0.05% Mg 飼料)実験、吉田と枝川¹⁸⁾は同様の実験、阿左美¹³⁾らの20%蛋白飼料(約0.05% Mg 飼

TABLE 5. MAGNESIUM BALANCE IN RATS FED
THE EXPERIMENTAL DIETS. (M $\pm$ SD)

	Intake mg/day	Feces mg/day	Absorption mg/day	Ratio of Absorption%	Urine mg/day	Retention mg/day	Ratio of Retention%
HPSM	17.5 $\pm$ 1.8 ^a	8.69 $\pm$ 0.80 ^a	8.81 $\pm$ 1.68 ^a	50.1 $\pm$ 5.3	3.65 $\pm$ 0.45 ^a	5.16 $\pm$ 1.41 ^a	29.2 $\pm$ 5.3 ^a
HWM	18.6 $\pm$ 1.6 ^a	9.53 $\pm$ 0.47 ^a	9.06 $\pm$ 1.36 ^a	48.5 $\pm$ 3.7	3.90 $\pm$ 0.38 ^a	5.16 $\pm$ 1.37 ^a	27.8 $\pm$ 4.9 ^a
LPSM	9.1 $\pm$ 1.2 ^b	3.89 $\pm$ 0.98 ^b	5.19 $\pm$ 1.64 ^b	56.3 $\pm$ 12.7	2.00 $\pm$ 0.61 ^b	3.19 $\pm$ 1.07 ^b	34.5 $\pm$ 8.5 ^b
LWM	10.5 $\pm$ 0.8 ^b	5.32 $\pm$ 0.58 ^b	5.21 $\pm$ 0.60 ^b	49.5 $\pm$ 3.9	2.60 $\pm$ 0.55 ^b	2.66 $\pm$ 0.66 ^b	24.9 $\pm$ 6.4 ^b

^{a, b} means in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$).

料)の実験, 阿左美らの¹⁹⁾20%蛋白飼料(約0.06% Mg 飼料)の実験も本実験の結果と同じく差がないようである。

尿 Mg 量は HPSM 群は LPSM 群より, HWM 群は LWM 群より多かった。保留 Mg 量も吸収 Mg 量と同様の結果であった。Mg 保留率は LPSM 群 34.5%が LWM 群 24.9%より高く, HPSM 群 29.2%, HWM 群 27.8%はそれらの中間であった。

本実験は引用した報告^{13), 17), 18), 19)}と違い, 飼料中 Ca 含量及び摂取量に差があった。そのためか, 含量が多いほど吸収率が低く, 吸収量に差がなく, カゼインフォスフォペプチドの好影響やフィチン酸の悪影響が見られなかった。これには, 前述の含量, 摂取量の差の他に, 出納実験が全期間でなく飼育4週目だけだったので, ラットが30から40mgの吸収量を確保するよう適応した結果を観察したのかもしれない。しかしながら, P と Mg については, 摂取量が多い方が吸収量, 保留量も多い傾向が見られ, 吸収率には差がなかった。

大腿骨と血清中の Ca, P, Mg

TABLE 6 に大腿骨の結果を示した。骨重量, 骨中 Ca, P, Mg 量は HPSM 群が LPSM 群より, HWM 群が LWM 群より多かった。100g 体重あたりに換算すると, 重量は HPSM 群が LPSM 群より, HWM 群が LWM 群より多い傾向にあった。100g 体重あたり骨中Ca と P 量は LWM 群が高く, Mg 量は4群間に差がなかった。吉田と栗山は¹⁷⁾10%蛋白飼料で大豆蛋白飼料, カゼイン飼料の骨の乾燥重量, Ca, P, Mg 含量に差がなく, 吉田と枝川は同様の実験 I で骨重量が大豆蛋白群よりカゼイン群が多かったが, Ca, P, Mg 含量に差がなかったと報告している。阿左美らは¹³⁾20%蛋白飼料雌ラット25週飼育で分離大豆蛋白飼料, カゼイン飼料の骨 Mg 含量のみに差がみられたと報告しているが, 別の実験では骨に差がなかったと報告している。本実験¹⁹⁾の結果は体重増が多い高蛋白食群の骨重量, Ca, P, Mg 量が多いが, 100g 体重あたりにすると骨重量, Ca, P, Mg 量は差がないか, 逆に低蛋白食群が

TABLE 6. EFFECT OF THE EXPERIMENTAL DIETS ON
FEMOR WEIGHT AND CALCIUM, PHOSPHORUS
AND MAGNESIUM CONTENT IN RATS.(M±SD)

	Weight g	Ca mg	P mg	Mg mg
HPSM	0.587±0.046 ^a	66.02±1.90 ^a	43.70±1.36 ^a	1.51±0.15 ^a
HWM	0.778±0.183 ^b	70.32±6.45 ^a	51.91±5.82 ^b	2.04±0.30 ^b
LPSM	0.310±0.029 ^{c,d}	39.43±4.11 ^b	24.81±1.13 ^c	0.95±0.25 ^{c,d}
LWM	0.385±0.057 ^d	44.54±5.63 ^b	29.60±2.87 ^d	1.03±0.13 ^d
	g/100 g Body Weight	mg/100 g B. W.	mg/100 g B. W.	mg/100 g B. W.
HPSM	0.216±0.022	24.25±0.75 ^a	16.07±1.00 ^a	0.556±0.066
HWM	0.266±0.048	24.20±1.19 ^a	17.86±1.32 ^{a,b}	0.701±0.074
LPSM	0.209±0.014	26.56±2.25 ^{a,b}	16.79±1.60 ^a	0.640±0.157
LWM	0.251±0.047	28.65±3.26 ^b	19.02±1.17 ^b	0.666±0.123

^{a, b, c, d} means in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$).

多くなっている。

老齡化社会を迎えて、老人、特に閉経期の女性において多くみられる骨粗しょう症は深刻な社会問題となっている。骨粗しょう症は、経口的に摂取されるCa量の不足などにより、Caバランスが負となり、骨幹部の骨密度が減少して骨の脆弱化が引き起こされて発症するものとされている^{20), 21)}。本実験では成長中のラットを使用したためか、HPSM群とHWM群間やLPSM群とLWM群間で、骨重量や骨中Ca量に差がなかった。また、本実験の飼料はPに対してCaが多い飼料であったためか、血清CaはPより高い傾向にあった(TABLE 7)。血清Caは4群間に差が見られなかった。血清PはLWM群が有意に低かった。血清MgはHPSM群が高く、LWM群が低かった。その他の成分では、血糖値はLPSM群が高く、LWM群が低かった。血清トリグリセライドはHWM群が他の3群より高かった。血清遊離脂肪酸はLPSM群が他の3群より低かった。血清アルブミンと総蛋白はHWM群で高く、LWM群で低かった。GOT, GPTには大差がなかった。血清コレステロールはLPSM群がLWM群より低く、HPSM群がHWM群より低い傾向が見られた。HDL-コレステロールはHPSM群がHWM群より低かった。本実験の血清生化学値では、HWM群の血清トリグリセライドが他の3

TABLE 7. EFFECT OF THE EXPERIMENTAL DIETS ON SERUM COMPONENTS IN RATS. (M $\pm$ SD)

	Ca mg/dl	P mg/dl	Mg mg/dl	Glucose mg/dl	Triglyceride mg/dl	Free fatty acid μ Eq/l
HPSM	9.9 $\pm$ 1.3	9.8 $\pm$ 0.1 ^{a*}	2.3 $\pm$ 0.2 ^a	226 $\pm$ 26 ^{ab}	70.6 $\pm$ 52.3 ^a	0.303 $\pm$ 0.055 ^{a*}
HWM	10.8 $\pm$ 1.7	10.8 $\pm$ 1.2 ^{a*}	2.2 $\pm$ 0.6 ^{ab}	229 $\pm$ 4 ^{ab}	254.3 $\pm$ 86.5 ^b	0.596 $\pm$ 0.192 ^{a*}
LPSM	10.1 $\pm$ 2.5	8.7 $\pm$ 1.0 ^{ab}	2.0 $\pm$ 0.2 ^{ab}	245 $\pm$ 19 ^a	67.2 $\pm$ 52.0 ^a	0.247 $\pm$ 0.139 ^a
LWM	9.5 $\pm$ 2.1	8.1 $\pm$ 0.7 ^b	1.8 $\pm$ 0.2 ^b	209 $\pm$ 15 ^b	65.4 $\pm$ 21.0 ^a	0.497 $\pm$ 0.116 ^{bc}
	Albumin g/dl	Protein g/dl	GOT u/dl	GPT u/dl	Cholesterol mg/dl	HDL-Cholesterol mg/dl
HPSM	3.1 $\pm$ 0.2 ^{ab}	4.4 $\pm$ 0.6	71 $\pm$ 53	18 $\pm$ 12 ^{ab}	34.5 $\pm$ 6.6 ^a	28.6 $\pm$ 9.4 ^a
HWM	3.5 $\pm$ 0.4 ^a	5.4 $\pm$ 0.6	100 $\pm$ 13	28 $\pm$ 3 ^a	66.2 $\pm$ 30.5 ^{ab}	43.0 $\pm$ 8.6 ^b
LPSM	3.1 $\pm$ 0.3 ^{ab}	5.3 $\pm$ 1.5	93 $\pm$ 13	20 $\pm$ 5 ^b	44.2 $\pm$ 11.4 ^a	33.3 $\pm$ 0.6 ^{ab}
LWM	3.0 $\pm$ 0.2 ^b	3.7 $\pm$ 0.8	157 $\pm$ 83	17 $\pm$ 12 ^{ab}	60.8 $\pm$ 4.0 ^b	34.0 $\pm$ 7.9 ^{ab}

*** means in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($p < 0.05$).

群より高かった他は正常範囲であった。

したがって、本実験のように、成長中のラットでは十分量の Ca を摂取していれば、豆乳のようなフィチン酸を含んでいるような食餌でも Ca 出納に影響はないと思われる。しかし、老齢ラットや Ca 摂取量が不十分な場合でも同様のことがいえるか否かは今後に残している。

要 約

1. フィチン酸が存在する調製豆乳食が Ca, P, Mg 出納に及ぼす影響を牛乳食と比較して調べることを目的とした。
2. Ca 吸収率は LPSM (低調製豆乳, 5%蛋白レベル) 群が 40.9%と LWM (低全粉乳) 群 32.5%とは有意差がなく, HPSM (高調製豆乳, 15%蛋白レベル) 群は 41.1%と HWM (高全粉乳) 群 20.2%より高く, HWM 群が LWM 群より低かったが, 吸収 Ca 量には各群間に差がなかった。
3. 吸収 P 量は HPSM 群 46.4 mg が HWM 群 88.2 mg より少なかったが, LPSM 群 32.0 mg LWM 群 38.5 mg 間に差がなかった。P 吸収率はいずれの群間にも有意差がなかった。

4. 吸収 Mg 量は HPSM 群 8.81 mg が LPSM 群 5.19 mg より、HWM 群 9.06 mg が LWM 群 5.21 mg より多かった。Mg 吸収率は各群間に差がなく、P と同様の結果であった。
5. 大腿骨の重量、骨中 Ca, P, Mg 量は HPSM 群が LPSM 群より、HWM 群が LWM 群より多かった。100g 体重あたりに換算すると、重量は HPSM 群が LPSM 群より、HWM 群が LWM 群より多い傾向にあり、Ca と P 量は LWM 群が 高かったが、Mg 量は 4 群間に差がなかった。
6. 血清 Ca は 4 群間に差が見られず、血清 P は LWM 群が有意に低く、血清 Mg は HPSM 群が高く、LWM 群が低かった。調べた成分では、HWM 群の血清トリグリセライドが他の 3 群より高かった他は正常範囲であった。
7. 成長中のラットでは十分量の Ca を摂取していれば、調製豆乳のようなフィチン酸を含んでいるような食餌でも Ca 出納に影響しなかった。

試料を供与していただいた三菱化成株式会社、株式会社雪印乳業に感謝いたします。家政学研究、栄養学を履修した田口智重子、天野江里子、田辺裕香子、須田桂子、石山貴子の各嬢、亀島ひさえ、山本千絵副手に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 石井孝彦, 山口迪夫; 栄養学雑誌, 50, 347, 1992
- 2) 石井孝彦, 山口迪夫; 栄養学雑誌, 51, 73, 1993
- 3) 石井孝彦; 青山学院女子短期大学紀要, 45 輯, 75, 1991
- 4) MacCarron, D. A.; Hypertention, 7, 607, 1985
- 5) Karppanen, H.; Artery, 9, 190, 1981
- 6) 吉田 勉, 篠田粧子; 立川短期大学紀要, 19, 71, 1986
- 7) 内藤 博; 日本栄養食糧学会誌, 39, 433, 1986
- 8) Johnson, N. E., Aleantara, E. N. and Linkswiler, H. M.; J. Nutr., 100, 1425, 1970
- 9) Shuette, S. A., Zemel, M. B. and Linkswiler, H. M.; J. Nutr., 110, 305, 1980
- 10) Spencer, H., Kramer, L., DeBartolo, M., Norris, C. and Osis, D.; Am. J. Clin. Nutr., 37, 924, 1983
- 11) Bell, R. R., Engelmann, D. H., Sie, T. L. and Draper, H. H.; J. Nutr., 105, 475, 1975
- 12) Whiting, S. J. and Draper, H. H.; J. Nutr., 111, 178, 1981
- 13) 阿差美章治, 平塚静子, 北野隆雄, 江差隆年; 栄養学雑誌, 47, 103, 1989
- 14) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修; 国民栄養の現状 平成3年調査成績, 1993, 第一出版, 東京
- 15) 日本化学会編; 実験化学講座(統) 7, 509, 1965
- 16) Allen, R. J. L.; Biochem. J., 34, 858, 1940
- 17) 吉田 勉, 栗山久枝; 栄養と食糧, 28, 25, 1975
- 18) 吉田 勉, 枝川純子; 栄養学雑誌, 36, 245, 1978
- 19) 阿差美章治, 平塚静子, 北野隆雄, 江差隆年; 日本栄養食糧学会誌, 43, 427, 1990
- 20) 須田立雄, 小澤英浩, 高橋栄明; 骨の科学, 1985, 医歯薬出版, 東京
- 21) 小林 正, 岡野登志夫, 増田園子, 竹内敦子, 津川尚子; 日本栄養食糧学会誌, 40, 293, 1987