

ラットにおけるL-トレオン酸カルシウムの生体利用特性 Bioavailability of Ca L-threonate in the rat

志塚 ふじ子 Fujiko Shizuka

Ca L-threonate ($C_8H_{14}O_{10}\cdot Ca$) is a commercially available Ca ingredient, which is advertised to help deliver Ca more efficiently to the bones and increases the absorption rate of Ca. The purpose of this study was to evaluate the bioavailability of Ca threonate by comparing with that of Ca carbonate ($CaCO_3$), an ordinary Ca supplement. Female 4 week-old rats were fed purified diets containing either low (0.25%) or adequate (0.5%) level of Ca for 2 weeks. Feces and urine were collected and Ca concentrations were analyzed at the periods of 4-5 d and 11-12 d. When Ca intake was low, the absorption rate of Ca was higher in threonate (97-98%) than carbonate (89-93%), though the difference was not statistically significant. When Ca intake was adequate, apparent Ca absorption of both ingredients showed similar value, being about 75%. Femur weight and maximum breaking force increased with increasing dietary Ca content, but no difference between threonate and carbonate was observed. These results suggest that bioavailability of Ca threonate is comparable with that of Ca carbonate.

はじめに

わが国の食生活の特徴として、欧米諸国に比べてカルシウムの給源である牛乳・乳製品の摂取量が少ないことがあげられる。大豆製品、野菜、魚介類なども重要なカルシウム給源であるが、これらの食品のみからでは生体要求を満たすに十分な量のカルシウムが摂取できていない。このことは、国民健康・栄養調査では常に、ほとんどの栄養素が摂取基準を充足しているにもかかわらず、カルシウムだけが充足されていないという結果にも示されている。カルシウムをはじめとするミネラルの吸収率は、糖質・タンパク質・脂質の吸収率が90%以上であるのに比べてかなり低いため、摂取量だけでなく吸収率も問題となる。食品中のカルシウムの吸収率は食品によって異なり、最も高いとされる牛乳で40%程度、小魚30%程度、野菜では20%程度¹⁾と報告されている。さらに、カルシウムの吸収率は、食事条件によって変化し、生体の生理的状況によっても変化するという特徴がある。

カルシウムが不足しがちな高齢者や傷病者などにとって、サプリメントの利用は有効な手段である。食品中のカルシウムに吸収率の差があるように、サプリメントとして用いられているカルシウムにもその種類によって吸収率に差があるとされており、吸収率がよいとされるカルシウム製品が市場に出回っている。しかし、それらの科学的根拠は十分とはいえない。

そこで、本研究では、吸収率が高いとして食品添加物やサプリメントの原料として使用されているカルシウム製品であるL-トレオン酸カルシウムの吸収率、利用率をラットを用いて検討した。L-トレオン酸カルシウムは、L-アスコルビン酸(ビタミンC)、過酸化水素(H_2O_2)、炭酸カルシウム($CaCO_3$)を原料として合成された製品である(図1)。

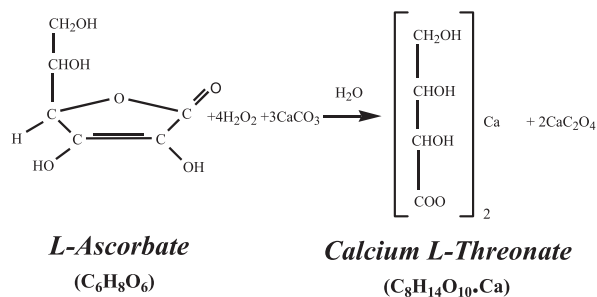


図1 L-トレオン酸カルシウム

方法

4週齢のSD系雌ラットに、表1に示す5種類の実験食のいずれかを、蒸留水とともに2週間自由に摂取させた。各食餌群の例数は5匹とした。実験食のカルシウムレベルは、通常の実験食に用いられているレベルの0.5%、低レベルの0.25%および0%カルシウム食(無カルシウム食)である。

被験カルシウムであるL-トレオン酸カルシウムの対照として、食品添加物やカルシウムサプレメン

表1 実験食組成

	(g/kg)				
	0% Ca	0.25% Ca		0.5% Ca	
			Carbonate	Threonate	Carbonate
Casein	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
L-cystine	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Cellulose	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
α -starch	562.0	562.0	562.0	562.0	562.0
Corn oil	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Vitamin mix. ¹⁾	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ca-carbonate ²⁾	0.0	6.3	0.0	12.5	0.0
Ca-threonate ³⁾	0.0	0.0	19.4	0.0	38.7
Mineral mix. ⁴⁾	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
Sucrose	119.8	113.6	100.5	107.3	81.1
Total	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0

¹⁾ AIN-93 mix., ²⁾ CaCO₃ (Ca: 40.05%),

³⁾ C₈H₁₄O₁₀ · Ca (Ca: 12.92%), ⁴⁾ Ca-free mix. of AIN-93

表2 体重、摂食量、器官重量および血液性状

		0% Ca		0.25% Ca		0.5% Ca	
				Carbonate	Threonate	Carbonate	Threonate
Initial B.W.	(g)	97.7 ± 3.4	97.7 ± 3.2	98.0 ± 2.7	97.9 ± 2.4	97.5 ± 2.4	
Final B.W.	(g)	151.9 ± 5.4	156.4 ± 11.1	153.8 ± 8.1	159.0 ± 8.7	160.9 ± 11.4	
Food intake	(g/day)	13.6 ± 0.7	13.8 ± 1.8	12.9 ± 1.0	13.9 ± 0.6	13.4 ± 1.1	
B.W. gain	(g/day)	3.9 ± 0.2	4.2 ± 0.6	4.0 ± 0.4	4.4 ± 0.5	4.5 ± 0.7	
Liver	(g)	6.53 ± 0.39	6.77 ± 0.82	6.80 ± 0.66	6.99 ± 0.56	6.60 ± 0.87	
Kidney	(g)	1.30 ± 0.11	1.27 ± 0.15	1.33 ± 0.06	1.28 ± 0.10	1.33 ± 0.11	
Spleen	(g)	0.41 ± 0.03	0.43 ± 0.07	0.49 ± 0.07	0.46 ± 0.06	0.48 ± 0.07	
Total protein	(g/dl)	5.5 ± 0.3	5.1 ± 0.4	5.1 ± 0.7	5.2 ± 0.3	4.8 ± 0.5	
Albumin	(g/dl)	3.5 ± 0.2	3.2 ± 0.4	3.2 ± 0.4	3.3 ± 0.3	3.0 ± 0.3	
A/G ratio		1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.3	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	
GOT	(mU/ml)	74 ± 11	71 ± 25	55 ± 7	59 ± 4	52 ± 9	
GPT	(mU/ml)	25 ± 6	23 ± 1	16 ± 3*#	18 ± 3*	13 ± 2*	
LAP	(mU/ml)	65 ± 9	56 ± 8	53 ± 8	59 ± 4	52 ± 9	
Triglyceride	(mg/dl)	28 ± 10	45 ± 12	55 ± 20*	34 ± 11	36 ± 11	
Phospholipid	(mg/dl)	139 ± 28	119 ± 11	127 ± 19	134 ± 8	120 ± 26	
β -lipoprotein	(mg/dl)	81 ± 20	101 ± 25	128 ± 42	90 ± 14	82 ± 25	
Total cho.	(mg/dl)	66 ± 18	56 ± 5	59 ± 9	67 ± 5	56 ± 13	
Ca	(mg/dl)	8.65 ± 1.36	8.27 ± 0.70	8.57 ± 1.15	8.83 ± 0.51	8.24 ± 0.69	

Values are means±SD (n=5). * p<0.05; vs 0% Ca, # p<0.05; vs Carbonate, by Tukey's HSD test.

トの原料として一般的によく用いられている炭酸カルシウムを用いた。実験期 1 週間目、2 週間目の後半 2 日間（実験期 4～5 日目および 11～12 日目）、糞および尿を採取してカルシウム含量を測定した。糞は硝酸で湿式灰化して分析に供した。カルシウムの分析には原子吸光光度計（日立製作所 A-1800）を用いた。

カルシウム出納、見かけの吸収率および体内保留率は、次の式で算出した。

見かけの吸収量 = 摂取量 - 糞中排泄量

上記吸収率 (%) = 見かけの吸収量 ÷ 摂取量 × 100

出納 = 摂取量 - (糞中排泄量 + 尿中排泄量)

体内保留率 (%) = 出納 ÷ 摂取量 × 100

実験期終了後、下大静脈から採血し、遠心分離して血漿を得、臨床化学分析自動装置（島津製作所 CL-8000）を用いて、総タンパク質、アルブミン、トランスアミナーゼ（GOT、GPT）、ロイシンアミノペプチダーゼ（LAP）、中性脂肪（TG）、リン脂質、総コレステロール、遊離コレステロールの分析を行った。

左右の大腿骨を摘出して湿重量を測定し、クリープメーター（山電 RE-3305）を用いて破断強度を測定した。大腿骨の破断強度は、大腿骨両端を 2 点で支え、中央の 1 点に力を加える 3 点曲げ試験法により計測した。骨が折れた時点の負荷量を最大破断強度（Maximum breaking force）とした。その後、大腿骨は硝酸で湿式灰化し、原子吸光法により、光度計（日立製作所 A-1800）を用いてカルシウム含量を測定した。大腿骨カルシウム含量、破断強度のデータは、左右の平均値で示した。

データの解析には分散分析（ANOVA）を行い、

食餌群間の比較には Tukey の HSD 検定を用いた。有意水準は 5 % ($p < 0.05$) とした。

結 果

表 2 に示すように、摂食量、体重増加量、臓器重量のいずれも、食餌カルシウムレベル、カルシウム源の違いによる差はなく、各種血漿生化学検査の値は基準範囲内にあった。

カルシウム出納期の糞乾燥重量には食餌カルシウムレベル、カルシウム源の違いによる差はなかった（表 3）。糞中カルシウム含量（mg/g）は、0.25% カルシウム食群では 0% 食群との差はなかったが、L-トレオン酸カルシウム群では炭酸カルシウム群に比べて低く、出納期第 1 週目（実験食飼育第 4-5 日目）においては、有意な ($p < 0.05$) 低値であった。0.5% カルシウム食群は、0% および 0.25% カルシウム食群に比べて糞中の灰分、カルシウム含量および灰分中のカルシウムの割合のいずれも有意に ($p < 0.05$) 高かった。0.5% L-トレオン酸カルシウム群の糞単位重量当たりのカルシウム含量は、炭酸カルシウム群に比べて低く、1 週目においては有意に ($p < 0.05$) 低かった（表 3）。

出納期 2 日間の糞中および尿中カルシウム排泄を図 2 に示す。糞中排泄量は、0%、0.25% カルシウム食では数ミリグラム以下と低く、0.5% カルシウム食群では 30~40 mg と有意に ($p < 0.05$) 増加した。0.25%、0.5% 食のいずれも、L-トレオン酸カルシウム群の糞中排泄量は炭酸カルシウムに比べて低かったが、有意な差ではなかった。

尿中へのカルシウム排泄量は、0.25% の低カルシウム食群では無カルシウム食群と同様であり、

表 3 糞中の灰分およびカルシウム含量

		0% Ca		0.25% Ca		0.5% Ca	
				Carbonate	Threonate	Carbonate	Threonate
Day 4-5							
Dry feces	(g/2 days)	1.20 ± 0.54	1.24 ± 0.54	0.86 ± 0.57	1.55 ± 0.57	1.49 ± 0.42	
Fecal ash	(%)	1.6 ± 0.4	2.3 ± 0.8	1.6 ± 0.1	7.2 ± 0.6 *+	4.8 ± 0.2 *+#	
Fecal Ca	(mg/g)	2.4 ± 1.8	5.4 ± 2.1	1.4 ± 0.7 #	23.5 ± 0.9 *+	19.4 ± 2.6 *+#	
Ca in the ash	(%)	15.9 ± 13.2	23.1 ± 3.4	9.1 ± 4.1 #	32.7 ± 2.1 *	40.8 ± 4.8 *+	
Day 11-12							
Dry feces	(g/2 days)	0.95 ± 0.51	1.48 ± 0.56	1.32 ± 0.70	1.56 ± 0.45	1.75 ± 0.15	
Fecal ash	(%)	1.6 ± 0.2	1.5 ± 0.5	0.9 ± 0.3	6.7 ± 0.5 *+	5.5 ± 0.4 *+#	
Fecal Ca	(mg/g)	0.6 ± 0.2	3.4 ± 1.1	1.2 ± 0.5	23.5 ± 2.7 *+	20.4 ± 3.5 *+	
Ca in the ash	(%)	4.1 ± 1.5	22.7 ± 2.5 *	12.7 ± 0.7 *#	34.9 ± 3.5 *+	37.0 ± 6.7 *+	

Values are means±SD (n=5). * $p < 0.05$; vs 0% Ca, + $p < 0.05$; vs 0.25% Ca, # $p < 0.05$; vs Carbonate, by Tukey's HSD test.

0.5% 食群では無カルシウム食群に比べて有意に (p<0.05) 多かった。尿中へのカルシウム排泄量は少なく、0.5% カルシウム食群においても、2 日間で数ミリグラム程度排泄されているにすぎなかったが、糞中排泄とは逆に、L-トレオン酸カルシウム

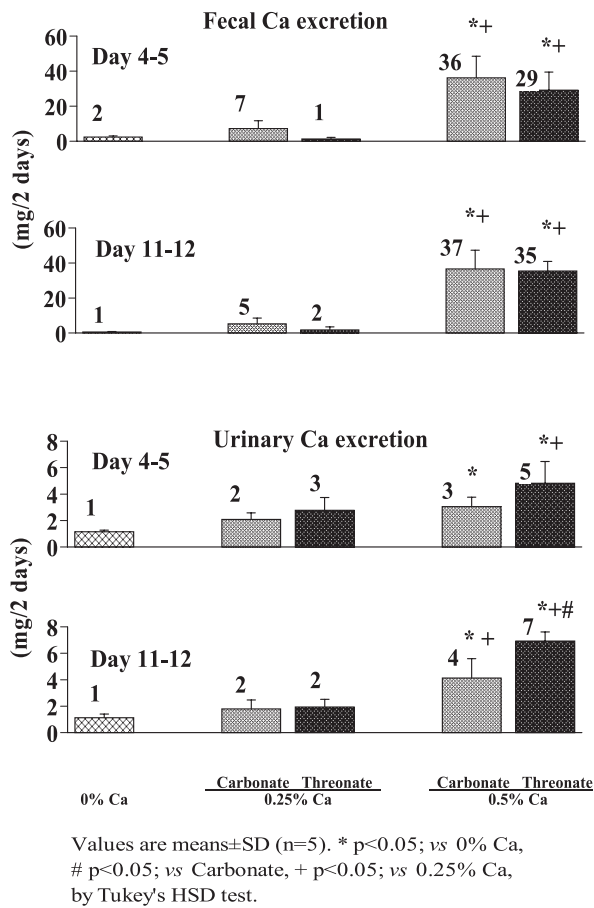


図 2 糞中、尿中カルシウム排泄量

ムでは炭酸カルシウムに比べて多い傾向を示し、0.5% 食群の出納期第 2 週目 (実験期 11-12 日目) においては有意に (p<0.05) 多かった (図 2)。

表 4 に見かけの吸収率、体内保留率の結果を示す。0.25% カルシウム食群においては、炭酸カルシウムおよび L-トレオン酸カルシウムの見かけのカルシウム吸収率はそれぞれ、第 1 週目 (4-5 日目) には 89.4% および 98.1%、第 2 週目 (11-12 日目) には 92.6% および 97.4% となり、炭酸カルシウムに比べて L-トレオン酸カルシウムで高い値を示した。同様に、体内保留率は 1 週目 86.3% および 93.5%、2 週目 90.1% および 94.5% であり、L-トレオン酸カルシウムで高い値であった。しかし、L-トレオン酸カルシウムの見かけの吸収率、体内保留率のいずれも、炭酸カルシウムとの間に統計的に有意な差は認められなかった。食餌カルシウムレベルを 0.5% にあげると、見かけの吸収率、体内保留率ともに、70% 台の値となった。0.5% カルシウム食においても、L-トレオン酸カルシウムの見かけの吸収率、体内利用率は炭酸カルシウムに比べて高い値であったが、有意な差ではなかった。

カルシウム出納は、無カルシウム食では負の値であったが、0.25% の低カルシウム食飼育においても 2 日間で約 60 mg の正の値を示し、カルシウムレベルを 0.5% に高めると約 100 mg に増加した。0.25% カルシウム食、0.5% カルシウム食ともに、カルシウム出納値にカルシウム源の違いによる差は認められなかった。

表 5 に大腿骨の重量ならびにカルシウム含量を示す。表 2 に示されたように、無カルシウム食を与え

表 4 カルシウムの見かけの吸収率、出納および体内保留率

	0% Ca	0.25% Ca		0.5% Ca	
		Carbonate	Threonate	Carbonate	Threonate
Day 4-5					
Ca absorbed (% intake)	-	89.4 ± 6.7	98.1 ± 1.4	73.6 ± 9.3 +	77.0 ± 8.1 +
Ca balance (mg/2 days)	-3.5 ± 0.7	57.9 ± 7.5 *	56.8 ± 5.2 *	98.3 ± 13.6 **	93.8 ± 15.0 **
Ca retained (% intake)	-	86.3 ± 6.6	93.5 ± 2.8	71.4 ± 8.9 +	73.2 ± 8.6 +
Day 11-12					
Ca absorbed (% intake)	-	92.6 ± 4.5	97.4 ± 2.2	75.0 ± 6.2 +	74.9 ± 3.5 +
Ca balance (mg/2 days)	-1.7 ± 0.3	63.4 ± 9.5 *	62.7 ± 5.1 *	105.0 ± 7.3 **	99.3 ± 9.6 **
Ca retained (% intake)	-	90.1 ± 5.1	94.5 ± 2.7	72.2 ± 5.8 +	70.0 ± 3.7 +

Values are means±SD (n=5). * p<0.05; vs 0% Ca, + p<0.05; vs 0.25% Ca, by Tukey's HSD test.

Ca absorbed (% intake) = (Ca intake - Fecal Ca)/Ca intake×100

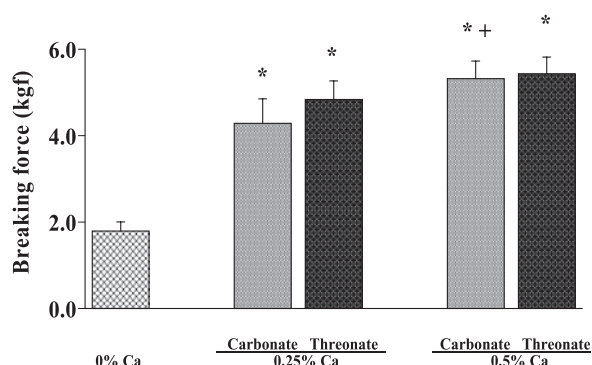
Ca balance (mg/2 days) = Ca intake - (Fecal Ca + Urinary Ca)

Ca retained (% intake) = Ca balance/Ca intake×100

表 5 大腿骨重量およびカルシウム含量

	0% Ca	0.25% Ca		0.5% Ca	
		Carbonate	Threonate	Carbonate	Threonate
Femur weight (g)	0.64 ± 0.07	0.76 ± 0.10	0.80 ± 0.06 *	0.85 ± 0.02 *	0.82 ± 0.09 *
Femur ash (g)	0.13 ± 0.01	0.21 ± 0.02 *	0.23 ± 0.01 *	0.26 ± 0.01 *+	0.26 ± 0.01 *+
Femur ash (%)	21.2 ± 1.9	28.3 ± 1.9 *	28.6 ± 1.7 *	30.5 ± 1.6 *	31.9 ± 2.6 *
Femur Ca (mg)	46.2 ± 3.0	77.4 ± 12.3 *	87.2 ± 10.8 *	90.9 ± 4.8 *	97.8 ± 9.9 *
Femur Ca (mg/g)	73.1 ± 5.7	103.4 ± 18.4 *	109.7 ± 17.1 *	107.2 ± 4.7 *	119.9 ± 15.6 *

Values are means±SD (n=5). * p<0.05; vs 0% Ca, + p<0.05; vs 0.25% Ca, by Tukey's HSD test.



Values are means±SD (n=5). * p<0.05; vs 0% Ca, + p<0.05; vs 0.25% Ca, by Tukey's HSD test.

図 3 大腿骨破断強度

でも体重増加量には影響はなかったが、骨に対しては明らかな影響が見られ、大腿骨重量ならびにカルシウム量は明らかな低値を示した。大腿骨カルシウム含量は、炭酸カルシウムに比べて吸収率、体内保留率が高かったL-トレオン酸カルシウム飼育で高い傾向にあったが、有意な差ではなかった。

最大破断強度は無カルシウム食で著しく低く、食餌カルシウムレベルを上げると上昇した。L-トレオン酸カルシウム群では炭酸カルシウム食群に比べて高かったが、有意な差ではなかった(図3)。

考 察

食品のカルシウムの吸収率については、牛乳カルシウムの吸収率が他の食品に比べてとくに高いことが、1953年、兼松によって報告されている²⁾。牛乳のカルシウム吸収率50%、小魚30%、野菜17%という数値は、この半世紀以上前の報告に基づいている。牛乳の吸収率が高い理由として、牛乳タンパク質のカゼインが消化される過程で生成するカゼインホスホペプチド(CPP)、乳糖、カルシウム結合タンパク質などが関係していると考えられている。CPPは消化管内でのカルシウムの可溶性を高める

ことにより吸収率を高めることが明らかにされている³⁾。なお、ガラクトオリゴ糖、フラクトオリゴ糖などの難消化性オリゴ糖も、カルシウムの吸収率を高めることが確認されており^{4,5)}、その作用は腸内細菌により資化され有機酸が生成することにより腸管腔内pHが酸性側に傾くことによるとされている。野菜カルシウムの吸収率が低いのは、カルシウム吸収阻害作用のあるシュウ酸やフィチン酸、食物繊維などを含むためであると考えられる。また、カルシウム塩の違いが吸収率に関係していることも考えられ、小魚カルシウムの吸収率が比較的低いのは、小魚は小腸内で不溶性の塩を形成するリン酸カルシウムを含むことが関係しているのではないかと考えられている。

カルシウム塩の違いによる吸収率については、大きな差はないとする報告も多い^{6,7)}が、本研究で検討したL-トレオン酸カルシウムの他にも、D-グルコン酸カルシウムなどの有機酸カルシウム塩が吸収率の高い食品添加物やサプリメント素材として市場に出回っている。

本研究で用いたL-トレオン酸カルシウムは、L-アスコルビン酸と炭酸カルシウムを原料に合成された製品であり、“95%という高い吸収率”と謳われている。また、L-トレオン酸カルシウムは吸収速度が遅く、長時間にわたって血中カルシウム濃度を高く維持するとされている。その根拠は、ラットに200 mg/kgのカルシウムを胃内投与し、血清カルシウム濃度の経時変化を、4種類のカルシウム源で比較した次のような結果による。すなわち、酢酸カルシウムは投与後2時間で血清カルシウムが投与前のレベルに低下し、次いで炭酸カルシウムの低下がみられ、グルコン酸カルシウムとL-トレオン酸カルシウムは長時間にわたって血中カルシウム濃度を高く維持した。この時、他のカルシウム源はいずれも血清カルシウム濃度上昇のピークが投与30分以内であったのに対し、L-トレオン酸カルシウムのピークは投与1時間後と、他のカルシウム源に比

べて遅かった。この結果から、L-トレオン酸カルシウムは、とくにカルシウムが不足しているような条件下においては、骨組織への取り込みに有利であるとし、骨粗しょう症やクル病の予防・治療用として特許を取得している。しかしながら、骨代謝はビタミンDや副甲状腺ホルモン(PTH)、カルシトニン、性ホルモンなどによって調節されており^{8,9)}、血中のカルシウムレベルが骨への取り込みに関係するという報告は認められない。高齢者や骨粗しょう症患者においては骨吸収を促進するPTHが高く、そのため、血中カルシウムレベルはむしろ高くなる傾向にあることから窺えるように、血中カルシウムを長時間にわたって高いレベルに維持することが、骨への取り込みを高めることにつながるものではない。また、カルシウムの吸収率はカルシウムの摂取量や生体側の生理的条件によっても異なることから、“○○%という高い吸収率を誇るカルシウム源”という表示は適切ではない。

本研究は、カルシウムの生体要求量が高いと考えられる成長期のラットにおいて、L-トレオン酸カルシウムの利用特性を調べたものである。本研究においては、生体に対する食餌カルシウムの影響を検討するために、無カルシウム食飼育群も設けた。2週間という期間はラットにとっては長期間であるが、カルシウム摂取量をゼロにしても、通常レベルのカルシウムを摂取した場合と比べて体重の伸びが悪いということはなかった。しかし無カルシウム食飼育は骨に大きな影響を及ぼし、骨重量、骨カルシウム量、骨強度が著しく低下することを確認した。それに対し、カルシウム摂取量を通常レベルの半分である0.25%とした低カルシウム食飼育においては、骨重量や骨強度は通常カルシウムレベルと同様に維持されていた。このようにカルシウム摂取レベルが低い場合、生体は吸収率を上げて効率的にカルシウムを利用していることが確認された。しかし、この結果はカルシウムが少なくてもよいことを示しているわけではなく、ラットにおける望ましいカルシウムレベルは0.5%程度であることはこれまでの研究で明らかにされている¹⁰⁾通りである。

本研究の結果、炭酸カルシウムに比べてL-トレオン酸カルシウムの糞中への排泄量は低いこと、すなわち、吸収率が高い傾向にあることを確認した。しかし、統計的に有意な差があるほどの高さではなく、本研究の結果からは吸収率が優れているとは確認できなかった。なお、本研究の結果、L-トレオン酸カルシウムの吸収率は炭酸カルシウムに比べて高い傾向を示した。すなわち、糞中へのカルシウム

排泄が少ない傾向を示したが、この時、尿中へのカルシウム排泄は多くなる傾向にあった。この結果から、仮に吸収率の高いカルシウムを摂取しても、生体が吸収されたカルシウムを十分に利用することができない状況にある場合、尿中への排泄が増加して腎臓に負担をかけることになる可能性も危惧される。カルシウムの生体利用性については、吸収率のみで評価するのではなく、体内保留および骨に対する影響などを総合的に評価することの必要性を示唆するものである。

以上の結果から、L-トレオン酸カルシウムの吸収率、体内保留率は、食品添加物やカルシウムサプリメントとして一般的に用いられている炭酸カルシウムに比べてとくに優れているとはいえず、カルシウムの生体利用にはカルシウム塩の違いによる大きな差はないことが示唆された。

参考文献

- 1) 上西一弘、江澤郁子、梶本雅俊、土屋文安：日本人若年成人女性における牛乳、小魚(ワカサギ、イワシ)、野菜(コマツナ、モロヘイヤ、オカヒジキ)のカルシウム吸収率。日本栄養・食糧学会誌、51、259-266、1998。
- 2) 兼松重幸：成人に於ける各種食品中のカルシウム利用並にカルシウム所要量に関する研究。栄養と食糧、6、135-147、1953。
- 3) 内藤博：カゼインの消化時生成するホスホペプチドのカルシウム吸収促進機構。日本栄養・食糧学会誌、39、433-439、1986。
- 4) 志村進、佐伯洋二、伊東禧男、鈴木和春、五島孜郎：ラットのミネラル吸収に及ぼすガラクトオリゴ糖およびフルクトオリゴ糖の影響。日本栄養・食糧学会誌、44、287-291、1991。
- 5) 太田篤胤、越阪部奈緒美、山田和彦、斎藤安弘、日高秀昌：フラクトオリゴ糖および各種少糖類のラットにおけるCa、Mg、Pの吸収に及ぼす影響。日本栄養・食糧学会誌、46、123-129、1993。
- 6) Sheikh MS, Santa Ana CA, Nicar MJ, Schiller LR, Fordtran JS: Gastrointestinal absorption of calcium from milk and calcium salts. *N Engl J Med*, 317, 532-6, 1987.
- 7) 中嶋洋子、江指隆年：カルシウム源の差によるカルシウム吸収率の比較検討：各食品中カルシウムの乳類カルシウム利用率との比較(乳類カルシウム利用率を100として)。臨床栄養、85、81-85、1994。
- 8) Gallagher JC, Riggs BL, Eisman J, Hamstra A, Arnaud SB, DeLuca HF: Intestinal calcium absorption and serum vitamin D metabolites in normal subjects and osteoporotic patients: effect of age and dietary calcium. *J Clin Invest*, 64, 729-736, 1979.
- 9) 江澤郁子：カルシウム代謝および骨粗しょう症予防の基礎お

-
- よび応用に関する研究. 日本栄養・食糧学会誌、49、
247-257、1996.
- 10) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr: 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-76 A rodent diet. J Nutr, 123,
1939-1951, 1993.