

## 山羊乳供給がラットの血漿中カルシウム含量および骨密度指標に及ぼす影響

金 天 浩<sup>1)</sup>, 安 東 春<sup>2)</sup>

(1)江原大学校獣医学部獣医学科\*, 2)全北大学校獣医学部獣医学科\*\*)

**Effects of Goat Milk Supplementation on Plasma Calcium Contents and Bone Mineral Density in Rats**Cheon Ho KIM<sup>1)</sup> and Dong Choon AHN<sup>2)</sup><sup>1)</sup>College of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Chuncheon, 200–701, Korea,<sup>2)</sup>College of Veterinary medicine, Chonbuk National University, Jeonju, Chonbuk, 560–756, Korea

## Summary

This study was undertaken to investigate to the effects of goat milk supplementation on plasma calcium contents, bone mineral density and bone mineral content of total femur in rats. Six-week-old male Sprague-Dawley rats were randomly assigned to 3 groups for 10 weeks. The experimental groups were divided 3 groups; C group (distilled water), M group (cow milk), G group (goat milk). There were no significant differences in body weight gain and plasma calcium contents, BMD, BMC among the groups. These results suggest that reliable goat milk data in not commonly consumed food in Korea for the nutritional information and food composition database.

老人性代謝疾患の一種である骨粗鬆症 (osteoporosis) は骨密度が減少して骨折のリスクが増加した状態である<sup>1)</sup>。骨粗鬆症の発症数は、韓国など、急速に人口が老齢化している地域において増加している。骨粗鬆症の発生には、高齢化、食事、喫煙、人種、体重、閉経後の女性ホルモン分泌欠乏、飲酒、糖尿病など、多様な要因が関わっており<sup>2-4)</sup>、低骨密度状態がとくに重要な危険因子として認識されている<sup>5)</sup>。

一方、カルシウム栄養状態は骨格疾患誘発と密接に関連する。韓国における 1998 年度の国民健康・栄養調査結果によると、韓国人の 1 日平均カルシウム摂取量は約 500 mg であり、韓国人栄養摂取基準として定められた 1 日推奨量 700 mg に及ばず、推奨量の 75% 未満摂取者の比率が約 64% であると報告されている<sup>6)</sup>。カルシウムは、人体にもっとも多量に含有されている無機質で、成人体重の約 2.0% を占め、そのほとんどが骨と歯牙に含まれており、血液凝固、筋肉の収縮と弛緩、心臓の規則的拍動、神経の興奮と刺激の伝達、および酵素の活性化などの生理作用を有する<sup>7,8)</sup>。したがって、カルシウム摂取不足は、骨の成長遅延、佝僂病、骨軟化症、骨粗鬆症の発生危険率を高めることが報告されている。しかも韓国では、国民所得の増大とともに食生活が欧米化し、動物性脂肪摂取量の増加に伴いエネルギーの過剰摂取が生じて、肥満者の増加が認められ、

循環器系疾患、高血圧、動脈硬化および高脂血症など様々な慢性疾患の発症数が増加している<sup>9,10)</sup>。

山羊乳を原料として用いた乳製品は、生理的に牛乳を利用できない乳児において母乳の代用品として貴重である<sup>11)</sup>。しかしながら、未加工の山羊乳は牛乳に比較して葉酸とビタミン B<sub>12</sub> の含有量が低いので<sup>12)</sup>、山羊乳を唯一の栄養源として用いた乳児では山羊乳貧血 (goat milk anemia) ともいわれる巨赤芽球性貧血 (megaloblastic anemia) が発生することが報告されている<sup>13)</sup>。一方、山羊乳と牛乳それぞれ 100 g あたりのビタミンとミネラル含量を比較した研究によると、カルシウムは山羊乳が約 134 mg、牛乳は約 122 mg であり、山羊乳が牛乳に比べて約 9.0%、マグネシウムは山羊乳が約 16 mg、牛乳は約 12 mg であり山羊乳が牛乳に比べて約 25%、マンガンも山羊乳が牛乳に比べて 37.5% 多く、セレンも山羊乳が 1.33 μg、牛乳は 0.96 μg であり、山羊乳が牛乳に比べて約 28% 多く含まれると報告されている<sup>14-16)</sup>。また、ビタミンの場合も、ビタミン A は牛乳 (126 IU) に比べて山羊乳 (185 IU) に多く含まれ、その他にもビタミン C、ビタミン B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、ナイアシンなども山羊乳の方が多いと報告されている<sup>17)</sup>。しかし、山羊乳は牛乳に比べて多くの栄養成分を高濃度に含有しているが、その栄養生理学的機能性に関する研究はあまり行なわれていない。

\*所在地：韓国春川市孝子 2 洞 92-1 (〒200-701)

\*\*所在地：韓国全州市徳真区徳真洞 1 (〒561-756)

今日の消費者は健康に対する関心度が以前よりも高まっており、畜産物に関しても高機能のものを好む傾向がある。したがって、乳児における母乳の代用品、高齢者における骨粗鬆症予防につながるカルシウム給源として山羊乳を広く普及させるには、山羊乳の理化学的特性に対する研究と機能性食品としての利用可能性に対する基礎研究が行われる必要がある。以上のことを背景として、本実験では実験動物としてラットを用い、山羊乳の摂取がラットの血中成分含量とカルシウム含量および骨密度指標に及ぼす影響について検討した。

## 材料と方法

### 1. 実験材料

本実験に用いた山羊乳は、江原道にある草原牧場で放牧中の乳山羊から搾乳したものであり、搾乳後48時間以内の新鮮なものを冷蔵保管しながらラットに与えた。一方、牛乳は春川市近くにある乳牛牧場より搾乳48時間以内のものを購入し、同様に冷蔵保管しながらラットに与えた。

### 2. 実験動物および飼育条件

5週齢のSD系雄ラット40匹を市販固形飼料で1週間適応飼育後、12匹ずつ3群に分け、引き続き市販固形飼料を自由摂取法で投与するとともに、各群に飲料水として山羊乳(G群)、牛乳(M群)および蒸留水(C群)を自由に与え、60日間飼育した。飼育室は温度 $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $55 \pm 15\%$ に維持し、明暗周期も12時間ずつ(7:00点灯~19:00消灯)自動的に変わるように調節した。体重は7日に1回測定した。

### 3. 血液採取および大退骨の分離

実験期間終了後、すべてのラットは12時間絶食後、diethyl etherで吸入麻酔させ、腹部大動脈よりヘパリン入り採血試験管を用いて採血した。血液はただちに遠心分離(3,000 rpm $\times$ 10 min)して血漿を分離した後、分析試料とした。また採血直後、左側の大腿骨を採取し、骨密度と骨塩含有量の測定まで冷凍保管した。

### 4. 血漿カルシウム含量の定量

遠心分離により得られた血漿中のカルシウム含量は血液生化学自動分析機(ThermoVantaa KoneLab 20XT, Finland)を用いて分析した。

### 5. 骨密度と骨塩含有量の測定

冷凍保管していた大腿骨骨幹部の骨密度(Bone Mineral Density, BMD)はdual X-ray apparatus(GE Medical System, Madison, Lunar PIXImus2, WI USA)、骨塩含有量(Bone Mineral Content, BMC)は骨濃度計(Bone densitometer)を用いて測定した。

### 6. 統計学的分析

実験結果はSAS programを利用して各実験群の平均値と標準偏差を計算し、一元配置分散分析(one-way analysis of variance, ANOVA)を実施後、Duncan's multiple range testによって群間の比較を行った。有意水準は5%未満( $p < 0.05$ )とした。

## 結果と考察

Fig. 1に山羊乳と牛乳を固形飼料とともに60日間与えた

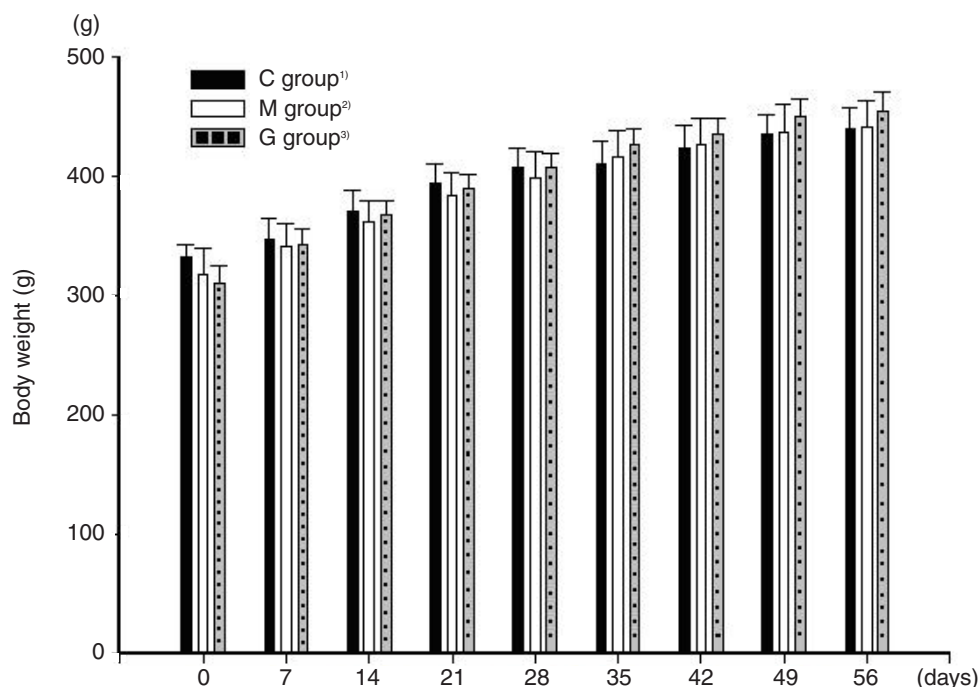


Fig. 1 Changes of body weight in the experimental rats.

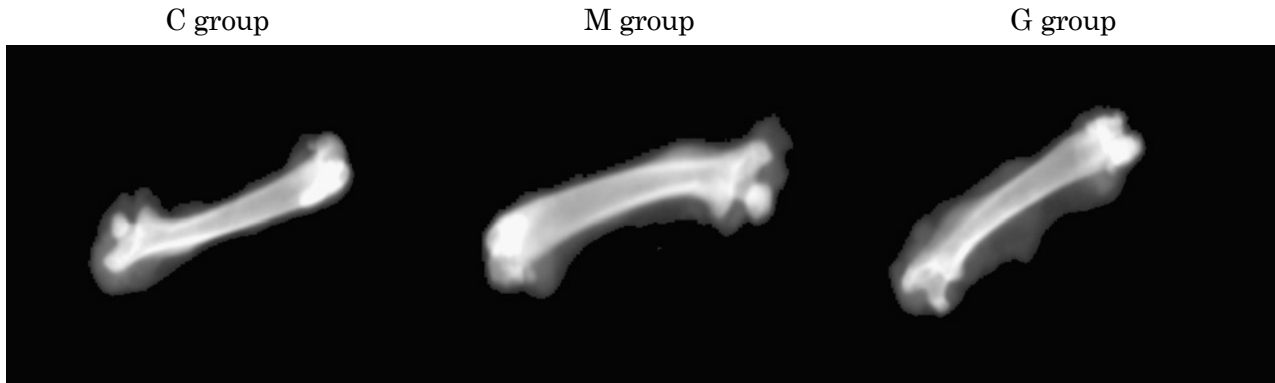
<sup>1)</sup>G: Goat milk, <sup>2)</sup>M: Milk, <sup>3)</sup>C: Control.

**Table 1** Plasma calcium contents and BMD, BMC of the total femur in rats

Group <sup>1)</sup>	BMD (g/cm <sup>2</sup> )	BMC (g)	Ca <sup>2+</sup> (mg/dL)
Goat milk	0.23 ± 0.01	0.65 ± 0.03	20.08 ± 2.02
Cow milk	0.23 ± 0.01	0.64 ± 0.05	20.93 ± 1.92
Control	0.23 ± 0.02	0.63 ± 0.05	20.41 ± 0.87

Values are means ± SD.

Abbreviations: Ca<sup>2+</sup>: Calcium ion, BMD: Bone mineral density, BMC: Bone mineral content.

**Fig. 2** Bone mineral densitometry image

<sup>1)</sup> See the annotation of Fig. 1.

ラットの体重の増加量を比較した結果を示した。体重増加量は山羊乳摂取群、牛乳摂取群、対照群の順に多いことが観察された。このような山羊乳摂取群での体重増加は山羊乳群ラットの一部（12匹中4匹）が他のラットと比べて著量の体重増加（150～170g）を示したことによる。山羊乳摂取によって食欲増加とともに消化管での栄養素の消化吸収率が増加するといわれており<sup>18)</sup>、今回も同様のことが起こった可能性が考えられる。山羊乳摂取と体重の増加との関連について今後代謝ケージなどを用いた精密な実験が必要であろうと考えられる。

Table 1に各群における血漿カルシウム含量、骨密度（BMD）および骨塩含有量（BMC）を示した。カルシウム含量は牛乳群の場合が山羊乳摂取群と対照群に比べ高かったが有意性は認められなかった。また骨密度（BMD）および骨含有量（BMC）においても、山羊乳摂取群の場合が他の群に比べ少し高い値を示したものの有意の差は認められなかった。また、Fig. 2に大腿骨の全部位の写真を示したが、各群の間に大きな差は認められなかった。

今回の実験では山羊乳投与の影響を明確に示すことはできなかった。今後、投与方法や投与量などを厳密に制御した実験を進めていく必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1) Kleerekoper M (1998) The role of fluoride in the prevention of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin North Am* 27 (2): 441-452.
- 2) Heaney RP, Recker RR, Saville PD (1977) Calcium balance and calcium requirements in middle aged women. *Am J Clin Nutr* 30: 1603-1609.
- 3) Lee HJ (1996) The relationship of exercise to bone mineral density of Korean women in Taegu. *Korean J Nutr* 29: 806-820.
- 4) Son SM, Chun YN (2002) Bone densities with anthropometric indices and lifestyles in elderly people. *Korean J Commu Nutr* 7: 327-335.
- 5) Hough S (1998) Fast and slow bone losers. Relevance to the management of osteoporosis. *Drugs Aging* 12 (Suppl 1): 1-7.
- 6) Ministry of Health and Welfare, Korea (1999) '98 National Nutrition Survey Report.
- 7) Rivilin RS (1991) An update on calcium: applications for the 90's. *Am J Clin Nutr* 65: 712-716.
- 8) McCarren DA (1997) Role of adequate dietary calcium intake on saturable and non-components of duodenal calcium transport. *Am J Physiol* 240: G32-G37.
- 9) Ackley S, Barrett-Conner E, Saurez L (1983) Dairy product's calcium and blood pressure. *Am J Clin Nutr* 38: 457-461.
- 10) Moon HK, Joung HJ (1999) Dietary risk factors of hypertension in the elderly. *Korean J Nutr* 32: 90-100.
- 11) Jensen, RG, Ferris AN, Lammi-Keefe CJ, Henderson RA (1990) Lipids of bovine and human milk: A comparison. *J Dairy Sci* 73: 223.
- 12) Collins RA (1962) Goat's milk anemia in retrospect. *Am J Clin Nutr* 11: 169.
- 13) Parkash S, Jenness R (1968) The composition and characteristics of goat's milk: A review. *Dairy Sci Abstr* 30: 67.
- 14) Park YW, Chukwu HI (1988) Macro-mineral concen-

- trations in milk of two goat breeds at different stages of lactation. *Small Rum Res* 1 : 157.
- 15) Park YW, Chukwu HI (1989) Trace mineral concentrations in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds during the first 5 months of lactation. *J Food Comp Anal* 2 : 161.
  - 16) Posati LP, Orr ML (1976) Composition of foods. *Agric. Handbook No.8-1*. ARS, USDA, Washington, DC.
  - 17) Jenness R, Patton S (1976) Principles of Dairy chemistry. Robert E. Krieger Publishing Co. Huntington, NY : pp.214.
  - 18) Kim HS, Park YS, Kim CI (1998) Changes of serum lipid profiles after eating *Licii Fructus* in rats fed high fat diet. *Korean J Nutr* 31 : 263–270.