

ミネラルの吸収率および骨塩代謝に及ぼす 摂取タンパクレベルの影響

奥田豊子¹, 前川智美², 小川典子²
大阪教育大・生活環境¹, 大阪市大・食品栄養²

Effects of protein intake on intestinal absorption and bone mineral metabolism in growing rats

Toyoko Okuda¹, Tomomi Maekawa² and Noriko Ogawa²

¹Osaka kyoiku University, ²Osaka City University

Osteoporosis is a disease characterized by low bone mass, excessive loss of minerals and protein contents in bone. The effects of protein intake on mineral utilization in the body and bone metabolism in the femur were investigated in growing male rats. The apparent intestinal absorption of calcium, phosphorus and magnesium and their retention in the body and weight of femur and humerus increased linearly with dietary concentrations of 5, 10, 20, and 30% casein diet in growing male rats. Femur on 5% casein diet was significantly higher in concentration of calcium, was significantly lower in calcium content and breaking forth than those of other groups. Hence, dietary protein deprivation resulted in slow bone growth and weak bone strength. These findings indicated that protein intake during the crucial years of peak bone mass development is important for the prevention of osteoporosis.

骨粗鬆症の予防には、成長期からの食生活やライフスタイルが重要であることが指摘されている^{1,2)}。我々は、成長期ラット³⁾や成熟ラット⁴⁾を用いて、カルシウムやタンパク質が充分含まれている食事であっても、エネルギー制限下では、骨量や骨破断力が減少することを報告してきた。低栄養状態では骨成長は抑制される⁵⁾。エネルギーや他の栄養素が充分含まれた低タンパク食では、成長は遅れるが、尿中カルシウム排泄量を減少させ、骨塩密度は正常に維持され、骨塩代謝には問題ないことがラットを用いた研究⁶⁾で報告されている。しかし、成長が抑制されているときは骨成長に大きな影響が考えられるので、成長期ラットにタンパク質レベルの異なる食事を投与し、成長、ミネラルの吸収率、体内蓄積率、骨量、骨塩量、骨破断力に及ぼす影響を検討した。

実験方法

4週齢の Sprague-Dawley 系雄ラット35匹を固形飼料で10日間予備飼育した後、ランダムに6匹を選んで、実験食開始前群 (Pre) として解剖した。残りのラットを6群に分け、そのうちの1群に5%カゼイン食を自由に摂取させた (5%群)。10%カゼイン食, 20%カゼイン食, 30%カゼイン食の3種類の飼料を, 5%群と pair-fed させた。対象群 (Control) には20%カゼイン食を自由に摂取させた。ラットには, 蒸留水を自由摂取させた。飼料組成はオリエンタル配合のミネラル混合5%, ビタミン混合2%, コーンサラダ油5%, セルロース5%とした。コーンスターチで各飼料のエネルギーが等しくなるように調整した。約1ヶ月間の実験食投与期間の終わり頃に, 小動物用体脂肪測定装置 (EM-SCAN Model SA-2, USA) でラットの体脂肪率を測定した。実験食投与開始後, 5週間目に2日間の出納実験を行った。

湿重量を測定した大腿骨と上腕骨を骨破断特性測定装置 (飯尾電機製 Rheolometer MAX RX-1600) を用いて骨破断力を測定した。飼料, 糞, 尿と脱脂した大腿骨を乾式灰化後, カルシウムとマグネシウムは原子吸光度計 (日立180-30形原子吸光/炎光光度計) で, リンはホスファ B-テストワコー (モリブデンブルー法) (和光純薬工業) を使用して測定した。

結果および考察

体重の変化と解剖前に測定した脂肪重量と除脂肪重量を Fig. 1 に示す。体脂肪重量は各群間に差がなかった。除脂肪重量では, タンパクレベルの低い食事を摂取した5%群や10%群では, 20%群や30%群より有意に低かった。すなわち, タンパクレベルの高い食事の体重増加のほとんどは, 除脂肪重量の増加によっていた。

カルシウム吸収率では, 10%群は5%群の約3倍の値を示して, 有意に高くなった。さらに10%群よりも20%群や30%群で, 有意に高くなった (Fig. 2)。5%群のみかけの吸収率は約10%と低かったが, 尿中にはほとんど排泄されなかったので, 蓄積率も約10%となった。成績は示していないが, リンとマグネシウムについてもほぼカルシウムと同様な傾向を示した。5%群の大腿骨湿重量は, pre と比較し有意に高い成長を示したが, 他の群よりは有意に低い値を示した (Fig. 3)。タンパクレベルの高い食事を摂取した群ほど, 骨重量は大きくなる傾向を示した。また Control 群は, 20%群よりも有意に高い値となった。成績は示していないが, 骨長は骨重量に比較し, 各群間の差は小さいが同様な傾向を示した。

大腿骨中の灰分 (成績は示していない), カルシウム濃度 (Fig. 4) は, 5%群が10%群や20%群よりも有意に高い値を示した。他の群間には差が認められなかった。しかし, 5%群の大腿骨重量は他の群より有意に少ないので, 大腿骨中に含まれる全体量は他の群より有意に低値を示した。エネルギー摂取量の多かった Control 群では, 20%カゼイン群より有意に高値を示した。

大腿骨の骨破断力は, 5%群よりも10%群で有意に高くなり, また10%群よりも20%群や30%群は, より高い値となった (Fig. 3)。大腿骨の破断力は, タンパク質摂取量, カルシウム吸収率やカルシウム蓄積率, 大腿骨カルシウム量と高い正の相関が認められたが (Table 1), 大腿骨灰分やカルシウム濃

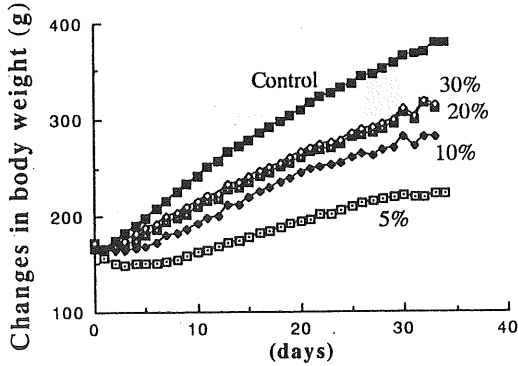
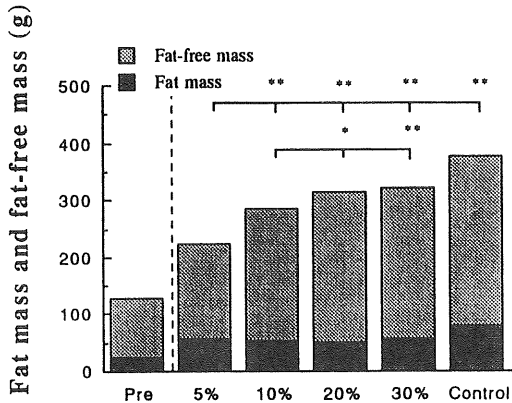
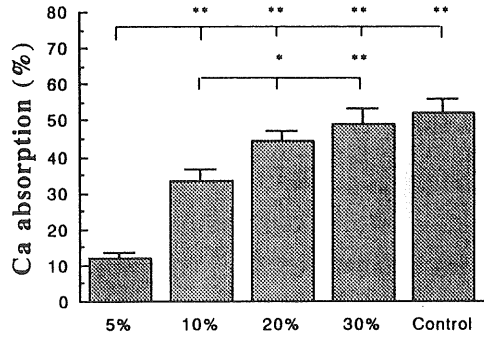
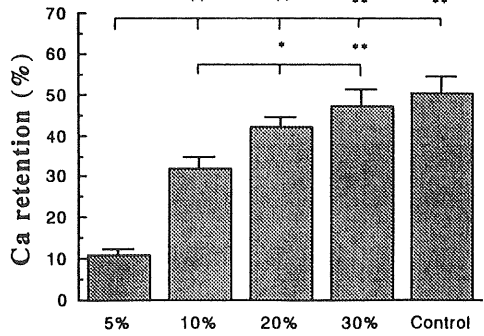


Fig. 1-A Changes in body weight.



Mean ± SE. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ (Fat-free mass).

Fig. 1-B Weight of fat mass and fat-free mass.



Mean ± SE. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

Fig. 2 Absorption and retention of calcium

Table 1. Correlation coefficient

	Breaking force	
	Femur	Humerus
Final body weight	0.92	0.91
Fat-free mass	0.94	0.88
Hemoglobin	0.73	0.74
Serum ALP activity	-0.85	-0.74
Calcium absorption	0.79	0.70
Calcium retention	0.80	0.71
Weight of bone	0.97	0.92
Calcium content in femur	0.96	

度とは相関性は認められなかった。すなわち、骨破断力は、骨カルシウムや灰分濃度ではなく、骨重量や骨カルシウム量との関連性が高いことが示された。タンパク質の摂取量が多くなると、カルシウムの吸収率や蓄積率を増加させ、さらにその結果、骨中のミネラル量を増加させ、骨破断力を大きくしたも

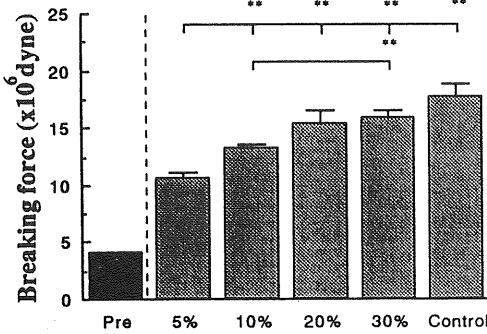
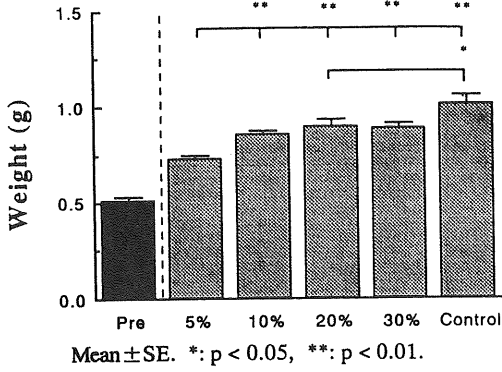


Fig. 3 Weight and breaking forth of femur.

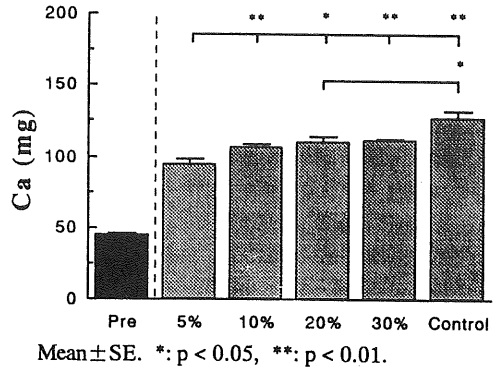
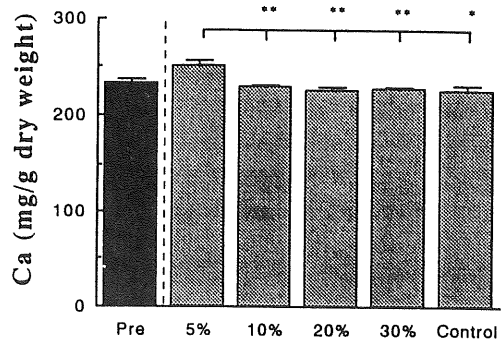


Fig. 4 Concentration and content of calcium in femur.

のと推測される。上腕骨の骨長、骨重量、および骨破断力も大腿骨とほぼ同様な傾向を示した。

Orwoll⁶⁾等は、成長期ラットを用いて、タンパク質栄養の骨代謝に及ぼす影響を検討し、5%カゼイン食では18%カゼイン食に比較し骨の成長は遅れるが、尿中カルシウム排泄量を減少させ、骨代謝を正常に保つことを報告している。たしかに5%カゼイン食群では、尿中排泄カルシウム量は20%カゼイン食群の1/2以下で有意に低かったが、吸収量に比べて尿中損出量はわずかで、見かけ上腸管吸収されたカルシウムは、体内にほとんど蓄積していた (Fig. 2)。したがって、20%、30%カゼイン食群の尿中カルシウム排泄量は低タンパク質群より有意に高いが、体内蓄積量にはほとんど影響しなかった。さらに、5%カゼイン食群の大腿骨中の灰分とカルシウム濃度は、他の群より有意に高かったが、骨破断力は、他の群よりむしろ逆に低かった。骨破断力は、灰分、カルシウム濃度より、それらの全体量との関連性が高いと推測される。骨粗鬆症の診断には骨塩密度が指標として使用されているが、骨塩密度だけでなく、骨塩量そのものが重要であることが示唆された。

以上の結果は、成長期には体の成長に必要なタンパク質を十分に摂取することが重要であることを示している。従来、骨の成長や、さらに高齢期における骨粗鬆症の予防には、骨の中の重要な成分であるカルシウムの摂取が不足しないよう、栄養に気をつけることが強調されてきたが、本実験の成績は、カルシウムの腸管吸収や骨の石灰化には、タンパク質の摂取レベルが大きく関与していることを明らかにした。さらに骨破断力には、骨塩密度や骨塩濃度より、骨塩量やカルシウム量が重要であることを明か

にした。

文 献

- 1) Houtkooper, L.B., Ritenbaugh, C., Aickin, M., Lohman, T.G., Going, S.B., Weber, J.L., Greaves, K.A., Boyden, T.W., Pamerter, R.W., and Hall, M.C. (1995) : J. Nutr. 125 : 1229
- 2) Ulrich, C.M., Georgiou, C.C., Snow-Harter, C.M., and Gillis, D.E. (1996) : Am. J. Clin. Nutr. 63 : 72
- 3) 奥田豊子, 谷口 香, 小川典子, 片山 (須川) 洋 (1993) : 日本家政学会第45回大会研究発表要旨集 : 107
- 4) 新田千佳子, 片山 (須川) 洋子, 奥田豊子 (1992) : 第46回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集 : 101
- 5) Adams, P., Berridge, F.R. (1969) : Arch. Dis. Child 44 : 705
- 6) Orwoll, E., Ware, M., Stribrska, L., Bikle, D., Sanchez, T., Andon, M., and Li, F. (1992) : Am. J. Clin. Nutr. 56 : 314