

乳酸菌摂取におけるカゼインと大豆たんぱく質が ラットの体重変動に及ぼす影響

坂井 恵子, 日高 未来, 昇 マリア, 下野 真央, 谷口 玲奈, 柳木 香純

要 旨

本研究では、乳酸菌を摂取する際に同時に摂取するたんぱく質の質の違いが体重変動に及ぼす影響について、さらに運動の効果について検討を行い明らかにすることを目的とした。

方 法：動物実験は Sprague-Dawley 系雌ラットの 4 週齢を無作為に標準食群 (control) と乳酸菌含有食群 (lact) に分け、実験飼料で 13 週間飼育を行った。実験飼料は、たんぱく質として動物性のカゼインまたは植物性の大豆たんぱく質を使用した。そのたんぱく質群をさらに脂質として n-9 系のオリーブ油または n-3 系のエゴマ油に分けて行った。乳酸菌は *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* FC, *Acetobacter orientalis* FA を用い、ヨーグルトを調製して使用した。その他の各食餌群の成分は全て同じで行った。飼育終了後、血液と肝臓の生化学的分析を行った。運動は各食餌群の中に運動の有りと無しの群に分けて行った。

結 果：乳酸菌含有食と標準食の投与カロリー量を同じにして飼育したラットの体重は、カゼインの方が大豆たんぱく質に比べてオリーブ油とエゴマ油とも有意に高かった。運動と体重との関係は、運動の有無と体重との間に有意な差は認められなかった。

血液中のトリアシルグリセロール (TG) は、カゼインとオリーブ油の組合せが、大豆たんぱく質とカゼイン及びエゴマ油に比べて有意に高いのが認められた。肝臓の TG は、運動有りの場合、カゼインとオリーブ油と乳酸菌の組合せが他の食餌群より有意に高くなった。総コレステロールは血液と肝臓において、乳酸菌や運動の有無に関わらず、カゼインと大豆たんぱく質で同じ傾向を示した。血糖値もカゼインと大豆たんぱく質で同じ傾向を示した。HDL-コレステロールは、乳酸菌と大豆たんぱく質の組合せがカゼインに比べて有意に低くなった。

結 論：体重変動には、摂取カロリー量が同じ場合、脂質の質や運動の有無よりも、たんぱく質の動物性または植物性の質の違いが大きく関与していることが明らかとなった。

体重変動には血液の TG が関与していたが、肝臓の TG や総コレステロールは体重変動との相関は低いのが認められた。

キーワード：乳酸菌, 体重変動, カゼイン, 大豆たんぱく, 運動

緒 言

乳酸菌摂取は腸内フローラに影響を及ぼし、2 型糖尿病や炎症反応抑制に関わると報告されている^{1,2)}。乳酸菌をヨーグルトにして投与すると肥満やインスリンレジスタンス、脂肪肝の改善など報告されている。著者らは先行研究において、乳酸菌食の影響は肝臓のトリアシルグリセロール (TG) と総コレステロール (T-Cho) において、オリーブ油がエゴマ油やコーン油に比べて有意に高かったのを示したが、それは乳酸菌よりむしろ脂肪酸の質の影響の方が寄与していたのを報告した³⁾。そこで、本研究ではたんぱく質の質の違いと運動の有無の効果について、体重変動と血

液・肝臓の脂質プロファイルを中心に検討を行った。

方 法

実験動物：sprague - dawley 系雌ラット (SLC, 静岡) の 4 週齢を無作為に 8 群に分け (各群 6 ~ 7 匹) (Fig.1), 実験飼料 (Table 1) で 13 週間飼育を行った。

実験飼料：乳酸菌食 (lact) と標準食 (control) とに分け、各々のたんぱく質としてカゼイン (wako) と大豆たんぱく質 (wako) を使用し、各たんぱく質群の脂質として n-9 系のオリーブ油 (wako) と n-3 系のエゴマ油 (朝日 ST) に分けて行った。乳酸菌は *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* FC, *Acetobacter orientalis* FA (フジッコ株) を用い、牛乳 (明治) でヨーグルトを調製して行った。継代培養ではなく毎回粉末より調製し

たものを使用した。各食餌群のその他の成分³⁾は全て同じで行った。実験飼料は全ての食餌群のカロリー量を同一にして毎日投与し、翌日残量を測定し、摂取量を記録した。

体重測定：一週間に一回行った。運動：ラット用回転式運動測定装置を用いて1匹づつ週2回、5分間で行った。回転装置内ではラットの自発運動に任せ回転数を記録した。

生化学的測定：飼育終了後、ラットをネンブタールで麻酔したのち心臓採血を行った。その後ラットの肝臓を摘出し、測定するまで-80℃で保存した。生化学的測定は和光純薬（株）の測定キットを使用し、会社のプロトコールに従って行った。

尚、動物実験は鹿児島純心女子大学動物実験指針に従って行われた。

結 果

本研究での各食餌群間の餌の摂取量に有意な差は認められなかった。また、各食餌群間に週2回、5分間／匹の運動量（回転数）に有意な差は認められなかった（data not shown）。

1. 体重変動への影響

・たんぱく質の影響：動物性たんぱく質であるカゼインの方が、植物性たんぱく質の大豆たんぱく質に比べてオリーブ油とエゴマ油ともに有意な体重増加が認められた（Fig.2）。

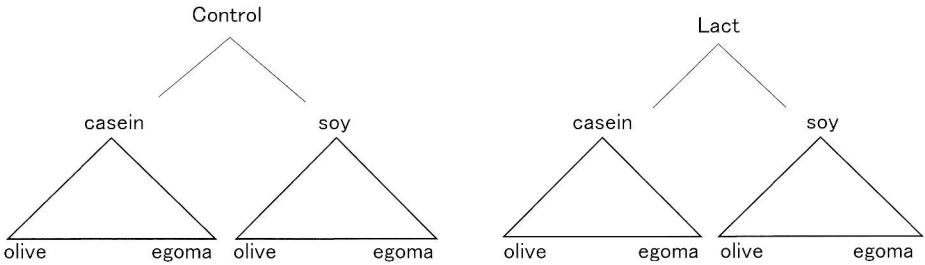


Fig.1 Dietary groups in experiment.
Each group consisted of rats with and without exercise.

Table 1 Experimental diet (g).

	control	control	control	control	lact	lact	lact	lact
	casein	casein	soy	soy	casein	casein	soy	soy
	olive	egoma	olive	egoma	olive	egoma	olive	egoma
casein	100	100	0	0	94	94	0	0
soy	0	0	100	100	0	0	94	94
Corn starch	250	250	250	250	240	240	240	240
Olive oil	55	0	55	0	47	0	47	0
Egoma oil	0	55	0	55	0	47	0	47
yogurt	0	0	0	0	200	200	200	200

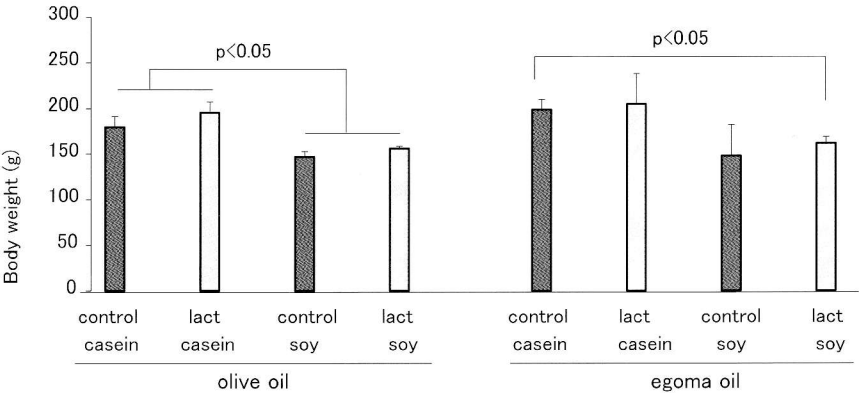


Fig.2 The effect of protein on body weight gained by experimental diets. Compared the casein to soy protein with either olive oil or egoma oil in control or with yogurt (lact) diet.

- ・ **脂質の質の影響**：オリーブ油とエゴマ油では、乳酸菌食は標準食と同じ傾向であった (Fig.3)。
- ・ **運動の影響**：各食餌群間に週2回、5分間/匹の運動量 (回転数) に有意な差は認められなかった (data not shown)。結果は、「運動なし」群と「運動有り」群ともにカゼインの方が大豆たんぱく質に比べて体重は有意に増加した。それはオリーブ油とエゴマ油ともに同じであった。そして、運動の影響は本実験条件ではみられなかった (Fig.4)。

2. 血液・肝臓への影響

- ・ **トリアシルグリセロール (TG) と摂取たんぱく質の影響**：血液では、カゼインとオリーブ油の組合せが、大豆たんぱく質とオリーブ油やエゴマ油、さらにカゼインとエゴマ油より有意に高いのが認められた (Fig.5)。トリアシルグリセロールに対する運動の効果は、本研究の条件では運動しない場合と同じであり、運動の影響は認められなかった。一方、肝臓では、運動することによりカゼインと乳酸菌の組合せは、大豆たんぱく質より TG が有意に上昇し、それはオリーブ油とエゴマ油ともに

認められた (Fig.6)。

- ・ **総コレステロール (T-Cho) と摂取たんぱく質の影響**：血液では、運動無しにおいて乳酸菌の影響はみられなかったが、大豆たんぱく質とエゴマ油の組合せが他の群に比べて有意に低かった (Fig.7)。運動することによりカゼインと乳酸菌の組合せの T-Cho が大豆たんぱく質と乳酸菌の組合せより有意に高いのが認められた。一方、肝臓の T-Cho は、カゼインと大豆たんぱく質、オリーブ油とエゴマ油、運動の有無、さらに乳酸菌の有無にも影響されず、有意な差は認められなかった (Fig.8)。
- ・ **血糖値と摂取たんぱく質の影響**：血液中のグルコース値はカゼインと大豆たんぱく質、オリーブ油とエゴマ油、乳酸菌の摂取、さらに運動の影響による影響は、殆どなかった (Fig.9)。
- ・ **HDL-コレステロールとたんぱく質の影響**：運動有りの乳酸菌食 (lact) において、大豆たんぱく質の方がカゼインより有意に低くなるのが認められた (Fig.10)。

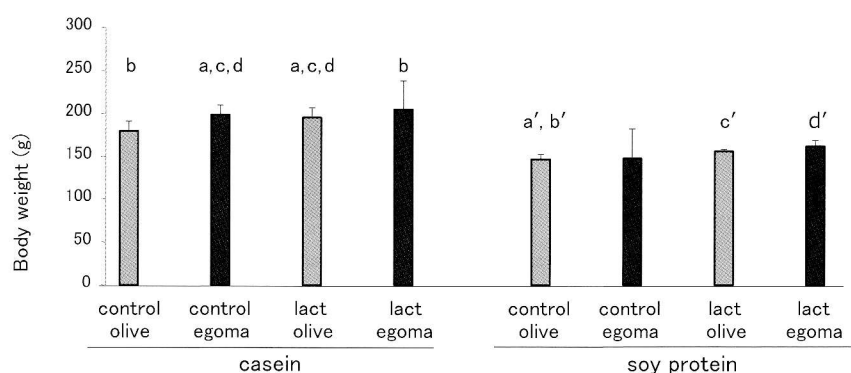


Fig.3 Effect of fatty acids on body weight of rats gained by either olive oil or egoma oil with diet contained yogurt (lact). t-test: a, c & a', c': $p < 0.01$, b, d & b', d': $p < 0.05$.

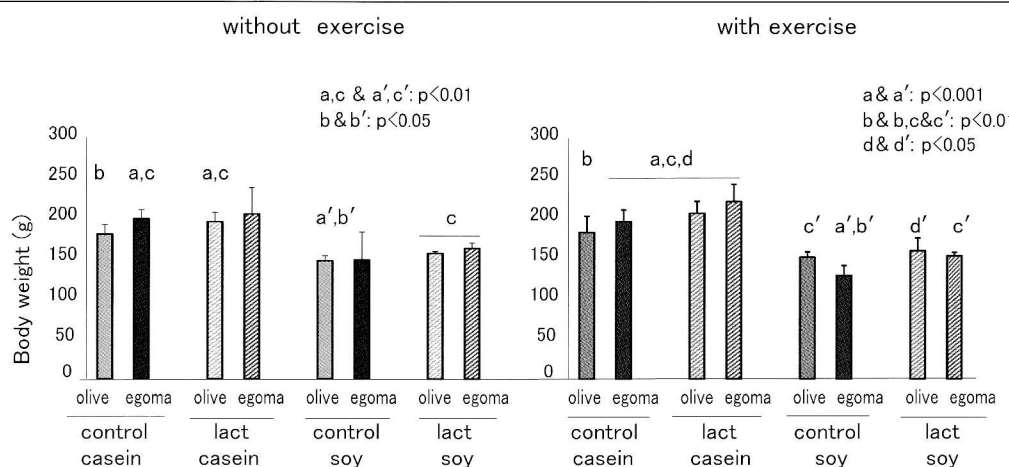


Fig.4 Effect of exercise on body weight gained during experimental diets.

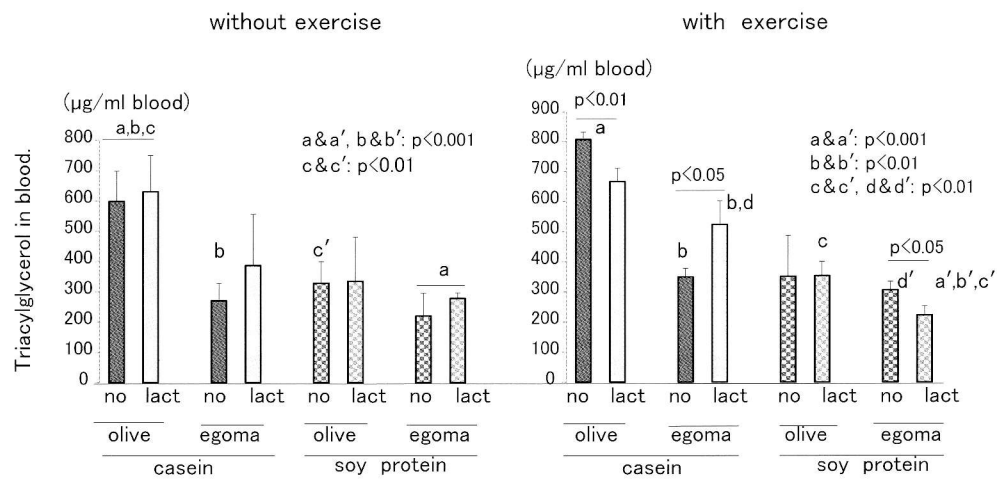


Fig.5 Triacylglycerol in blood of rats fed experimental diets

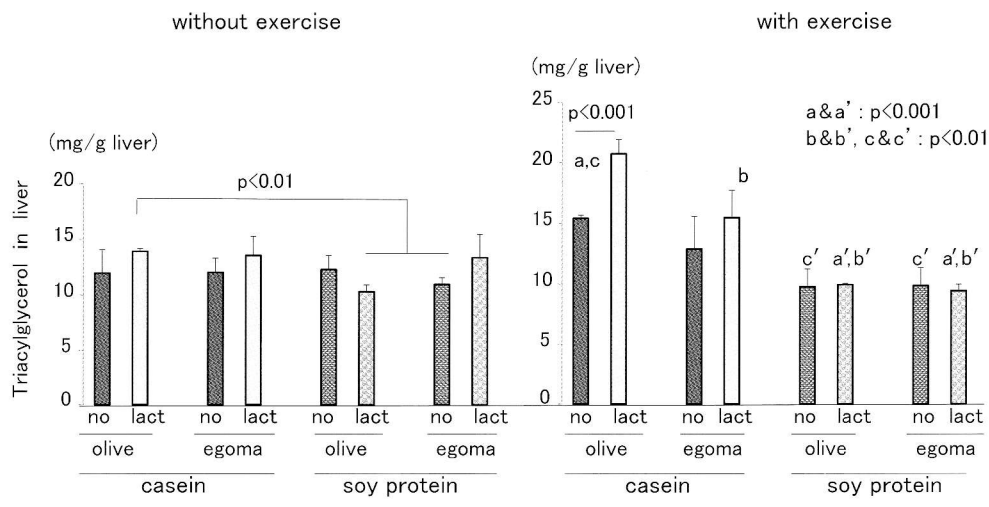


Fig. 6 Triacylglycerol in liver of rats fed experimental diet.

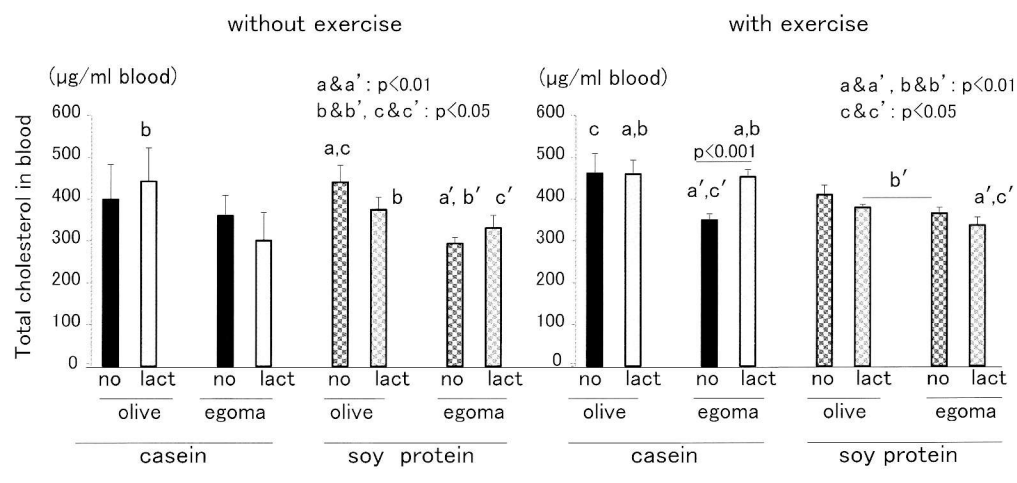


Fig.7 Total cholesterol in blood of rats fed experimental diet.

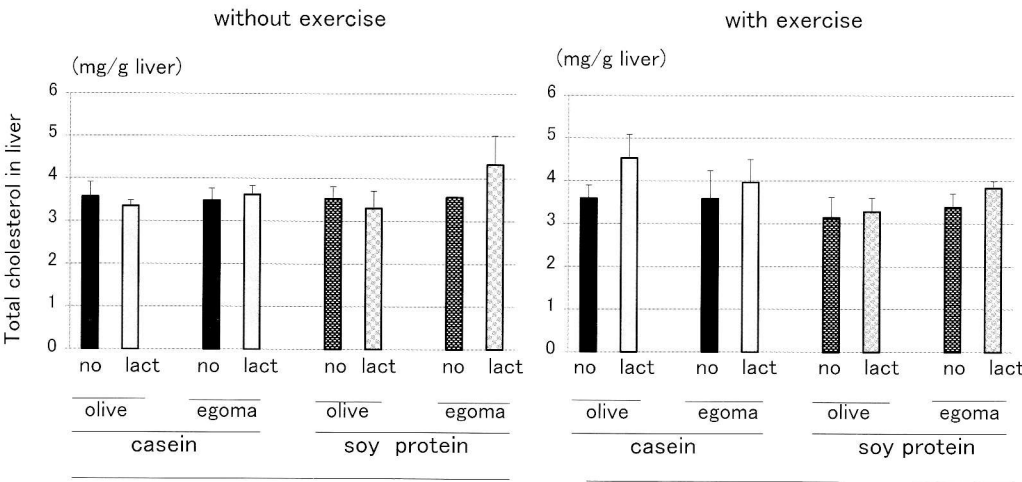


Fig.8 Total cholesterol in liver of rats fed experimental diets.

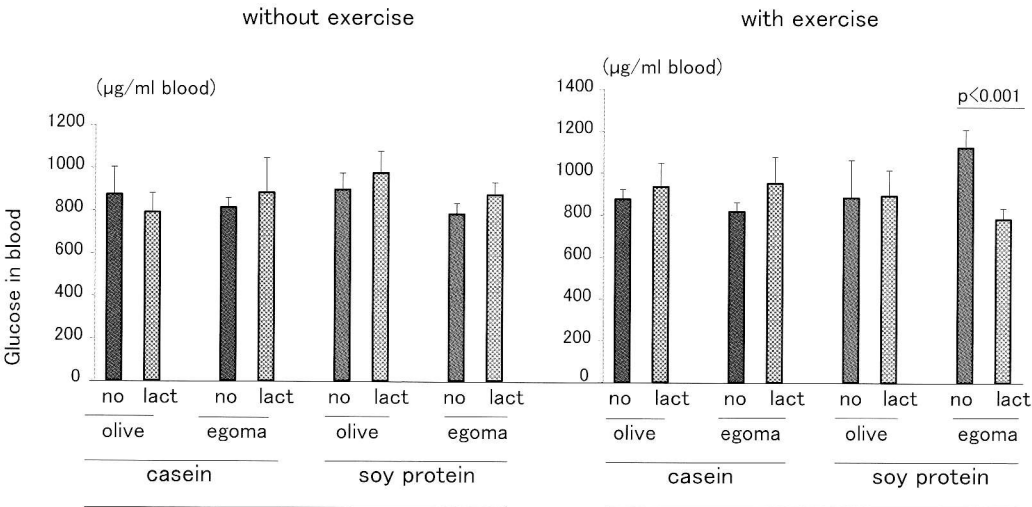


Fig.9 Glucose in blood of rats fed experimental diets.

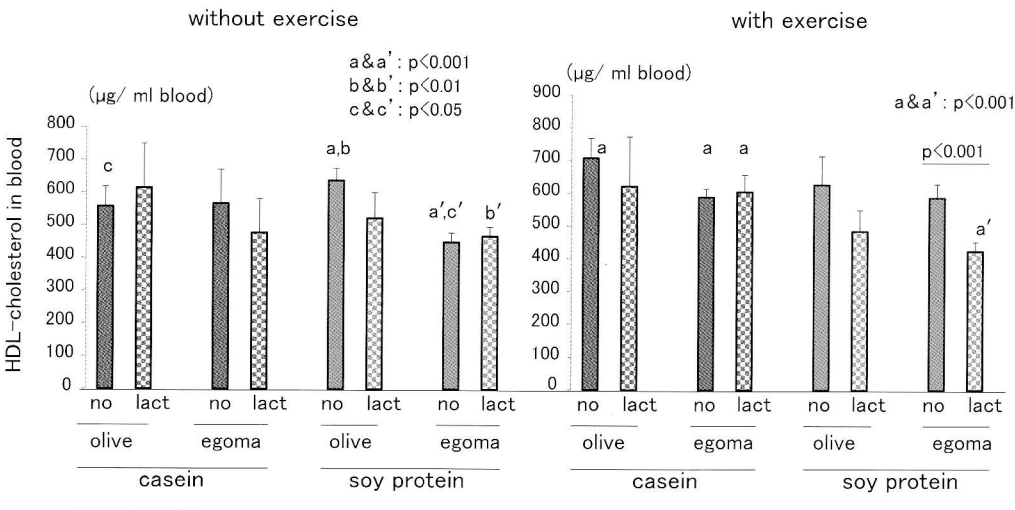


Fig.10 HDL-cholesterol in blood of rats fed experimental diets

考 察

プロバイオティックスと体重減少に関する報告は多い⁴⁾。超過体重のヒトに対してプロバイオティックスとしてヨーグルトが体重減少と皮下脂肪を減少したとの報告がある⁵⁾が、乳酸菌摂取の体重減少効果については未だ議論されている。本研究の条件下での体重変動では、乳酸菌摂取よりもたんぱく質の質の違い、つまり動物性のカゼインと植物性的大豆たんぱく質の質の違いによる影響の方が顕著に表れた (Fig. 3)。そして、これには運動の有無は殆ど影響しなかった。カゼインと大豆たんぱく質の摂取は、ラットでは腸内細菌叢のプレバイオティックスのオリゴ糖などの形態にそれぞれ異なった影響を与えていた⁶⁾。食肉からのたんぱく質ではないカゼインと大豆たんぱく質は、特に大豆たんぱく質について腸内細菌叢に対して肉系のたんぱく質源に比べて劣っているとの報告があるが⁷⁾、本研究では体重の面でカゼインに比べて増加量が顕著に低かったことにも関与している可能性が示唆された。また、超過体重のヒトでの臨床実験では、たんぱく質過剰摂取が腸内環境や腸粘膜での遺伝子発現においてそれぞれ異なったメカニズムで作用していた^{8,9)}が、本研究でのたんぱく質の質の違いは、体重には反映したが、総コレステロールやHDL-コレステロール、血糖値には影響が非常に小さかったことなど、体内での影響のメカニズムについては課題として残っている。

ところで、プロバイオティックスと運動について、うつ病や不安症との関連¹⁰⁾、スポーツ選手 の精神安定の制御の効用として期待されている¹¹⁾。本研究では、運動の効果として肝臓のトリアシルコレステロールが大豆たんぱく質でカゼインに比べて有意に低いのがみられたが、乳酸菌の有無に関係なかった (Fig.5)。乳酸菌の種類と量もたんぱく質との相関関係に関与していると考えられる。

結 論

体重変動には、摂取カロリー量、運動量が等しい場合、乳酸菌や運動の有無や脂質の質よりもたんぱく質の動物性または植物性の質の違いが関与していることが明らかとなった。

たんぱく質の質の違いは、血液と肝臓のトリアシルグリセロール値には影響したが、総コレステロール、HDL-コレステロール、血糖値には影響が非常に低かったことから、体重とは異なったメカニズムが働いていることが示唆された。

参考文献

- 1) Wen L, Duffy A : Factors influencing the gut microbiota, inflammation, and Type 2 diabetes. *J Nutr.* 147:1468S-1475S, 2017
- 2) Panahi S, Tremblay A : The potential role of yogurt in weight management and prevention of Type 2 diabetes. *J Am Coll Nutr.* 35:717-731, 2016
- 3) 坂井恵子, 古河里菜, 吉田有希 : 乳酸菌食と脂質の質の相互作用がラットの肝臓と血液性状に及ぼす影響. 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 21:28-34,2017
- 4) Park S, Bae JH : Probiotics for weight loss: a systematic review meta-analysis. *Nutr Res.* 35:566-575, 2015
- 5) Kim M, Kang M, et al.: Effect of weight loss using supplementation with *Lactobacillus* strains on body fat and medium-chain acylcarnitines in overweight individuals. *Food Funct.* 8:250-261,2017
- 6) Bai G, Ni K, et al.: Dietary casein and soy protein isolate modulate the effects of raffinose and fructo-oligosaccharides on the composition and fermentation of gut microbiota in rats. *J Food Sci.* 81:H2093-2098,2016
- 7) Zhu Y, Shi X. et al. : Beef, chicken, and soy proteins in diets induce different gut microbiota and metabolites in rats. *Front Microbiol.*, 8:1395,2017
- 8) Beaumont M, Portune KJ, et al. : Quantity and source of dietary protein influence metabolite production by gut microbiota and rectal mucosa gene expression: a randomized, parallel, double-blind trial in overweight humans. *Am J Clin Nutr.*, 106:1005-1019,2017
- 9) Illesca PG, Alvarez SM, et al. : Dietary soy protein improves adipose tissue dysfunction by modulation parameters related with oxidative stress in dyslipidemic insulin-resistant rats. *Biomed Pharmacother.* 88:1008-1015,2017
- 10) Grant MC, Baker JS : An overview of the effect of probiotics and exercise on mood and associated health conditions. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 57:3887-3893,2017
- 11) Clark A, Mach N : Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. *J Int Soc Sports Nutr.*, 13:43,2016

Effect of dietary casein and soy protein with yogurt on weight management of rats

Keiko Sakai, Mirai Hidaka, Maria Nobori, Mao Shimono, Reina Taniguchi, Kasumi Nagi

Department of Nutrition, Faculty of Nursing and Nutrition,
Kagoshima Immaculate Heart University

Key words : body weight management, casein, soy protein, yogurt, exercise

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of quality of dietary protein with yogurt on body weight of rats. Further, we clarified the effect of exercise in the same diets.

Method: Sprague-Dawley rats were divided into control diet and lactic diet group (intake yogurt). Then each dietary group were divided into casein and soy protein group. And each protein group were separated into olive oil group and egoma oil group.

The rats of each group took same amount of calories per day for 13 weeks. In addition, each dietary group has with and without exercise rats.

Result: The quality of protein influenced much greater than quality of fatty acid or exercise under the condition of same amount of calories in each dietary group.

Casein showed much higher weight gain of rats than soy protein in either olive oil or egoma oil with or without yogurt, even if with or without exercise.

Triacylcholesterol in blood was also affected by the quality of protein, casein and olive oil group showed significantly higher than soy protein group in both olive oil and egoma oil groups with yogurt. Total cholesterol, HDL-cholesterol and glucose in blood were not influenced by casein and soy protein, they showed similar amount level in with or without exercise. We need to study more to clarify the mechanism of casein and soy protein on the weight gain and blood and liver profile of this study.
