

高オレイン酸植物油と乳酸菌摂取の相互作用がラットの血液と肝臓に及ぼす影響 ～ オリーブ油と水添植物油との比較 ～

坂井 恵子, 黒江 稀美子, 玉川 美穂, 稲盛 朱里

要 旨

近年, 食用油の市場では従来の n-6 系脂肪酸/リノール酸を高含量含む油を, 工業的水素添加による高オレイン酸植物油として並んでいる。本研究では高オレイン酸に変換された菜種油・ひまわり油と乳酸菌摂取の相互作用について, ラットの血液と肝臓の性状に及ぼす影響についてオリーブ油との比較検討を行った。

【方法】実験動物: Sprague-Dawley 系雌ラットの 4 週齢を無作為に標準食と乳酸菌食に分け, 実験飼料で 13 週間飼育を行った。実験飼料: 乳酸菌食と標準食は, 脂質として n-9 系脂肪酸であるオレイン酸含量の多いオリーブ油と市販されているオレイン酸含量の多いカノーラ菜種油とひまわり油を使用した。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。その他の成分は全ての食餌群で同じであった。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た。生化学的測定: 測定キットを使用し, 会社のプロトコルに従って行った。

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】オリーブ油と高オレイン酸カノーラ油とひまわり油摂取における血液の場合, Gla 型オステオカルシン (活性型オステオカルシン) は, 標準食で高オレイン酸ひまわり油がオリーブ油に比べて有意に高かった。乳酸菌食では, カノーラ油と高オレイン酸ひまわり油はオリーブ油と同じ傾向であった。また, 高オレイン酸カノーラ油とひまわり油は在来型と同じ傾向を示し, 乳酸菌食の影響は認められなかった。血液の GLP-1 は, 乳酸菌食でオリーブ油と高オレイン酸ひまわり油は標準食より上昇し, オリーブ油は高オレイン酸ひまわり油より有意に高いのが認められた。菜種油とひまわり油において, 高オレイン酸型と在来型は標準食と乳酸菌食で同じ傾向を示した。グルコースは全ての食餌群間で乳酸菌食の方が標準食より高い傾向であった。血液と肝臓のトリアシルグリセロール (TG) では, 乳酸菌食のオリーブ油が, 菜種油やひまわり油の高オレイン酸型や在来型に比べて有意に高くなった。

【結論】1) 血液の Gla 型オステオカルシンは, 乳酸菌食において高オレイン酸ひまわり油 (n-9) がオリーブ油に比べて有意に高かった。2) GLP-1 では, 高オレイン酸植物油の標準食はオリーブ油と似た傾向であったが, 乳酸菌食では, オリーブ油と在来型のひまわり油 (n-6) で GLP-1 が有意に増加した。3) 血液と肝臓の TG では, 乳酸菌食のオリーブ油が高オレイン酸植物油よりも有意に増加した。4) 高オレイン酸植物油の血液と肝臓の性状は, オリーブ油よりもオリジナルの在来型とよく似た傾向が認められた。

キーワード: 水素添加高オレイン酸, トランス脂肪酸, オステオカルシン, GLP-1

緒 言

高リノール酸植物油を工業的水素添加による高オレイン酸に変換する際に, 少量のトランス脂肪酸やジヒドロ型-ビタミン K 1 が副生することが報告されている¹⁾。ジヒドロ型-ビタミン K 1 は, ビタミン K 2 の産生を阻害し, そのためにオステオカルシンの産生を阻害して骨折や糖尿病発症などを引き起こす

ことが示唆されている²⁾。オステオカルシンは, 骨ホルモンと呼ばれ, 骨形成に関与する以外に, 血液中に放出されて脳をはじめ多くの組織に取り込まれ, 動脈硬化や糖尿病や腎機能などにも関与していると示唆されているが³⁻⁵⁾, メカニズムの詳細については未だ明らかでない部分がある。

著者らは先行研究において, オリーブ油 (pure と virgin) と紅花油 (n-6) と高オレイン酸紅花油について比較検討を行った⁶⁾。本研究では, 水素添加高オレイ

ン酸植物油の対象を増やすために、市場上位のカノーラ油とひまわり油について、それらの在来型とオリーブ油 (pure) を使用して、オステオカルシンと GLP-1 の関連性や脂質性状について比較検討を行った。さらに、高オレイン酸植物油の性状がオリーブ油と同じか、高オレイン酸型植物油と在来型植物油の比較、乳酸菌食の影響について明らかにすることを目的とした。

方 法

実験動物：Sprague-Dawley 系雌ラットの 4 週齢を無作為に乳酸菌食 (Lact) と標準食 (control) とに分けた (Table 1)。次に Lact と control の中をオリーブ油・菜種油・ひまわり油とに分けて行った (Fig.1)。

実験飼料：脂質として、オリーブ油 pure (和光純薬)、高オレイン酸カノーラ油 (日清 oilio)、菜種油 (和光純薬)、高オレイン酸ひまわり油 (昭和産業)、ひまわり油 (和光純薬) を使用した。乳酸菌は、Lactococcus lactis subsp. Cremoris FC, Acetobacter orientaris FA (フジッコ 株) を使用し、実験食の調製時毎に粉末から牛乳 (明治) でヨーグルトを調製して使用した。その他の成分はコーンスターチ (日本澱粉 株)、シュクロース (和光純薬)、セルロース (ナカライ 株)、ビタミンミックス (SLC 株)、ミネラルミックス (オリエンタル酵母 株)、コリン (和光純薬) であった。エネルギー%は、乳酸菌食 (Lact) と標準食 (control) とともに糖質 57%, たんぱく質 19%, 脂質 24% で行った。実験飼料は各食餌群とも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。水は自由摂取で行った。

生化学的測定：飼育終了後、ラットはネンブータルで麻酔したのち心臓採血を行った。その後、肝臓を摘出し、測定まで -80°C で保存した。生化学的測定はキットを使用し、会社のプロトコールに従って行った。ラットの体重測定は毎週 1 回行った。

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

本研究では、実験飼料の摂取量および体重増加量において各食餌群間に有意な差は認められなかった⁷⁾。

1. 血液の Gla 型オステオカルシン

高オレイン酸植物油同士の比較：高オレイン酸 (n-9) の標準食は乳酸菌食よりも高い傾向を示した。標準食の高オレイン酸ひまわり油はオリーブ油に比べて Gla 型オステオカルシンは有意に高いのが認められた (Fig.1)。

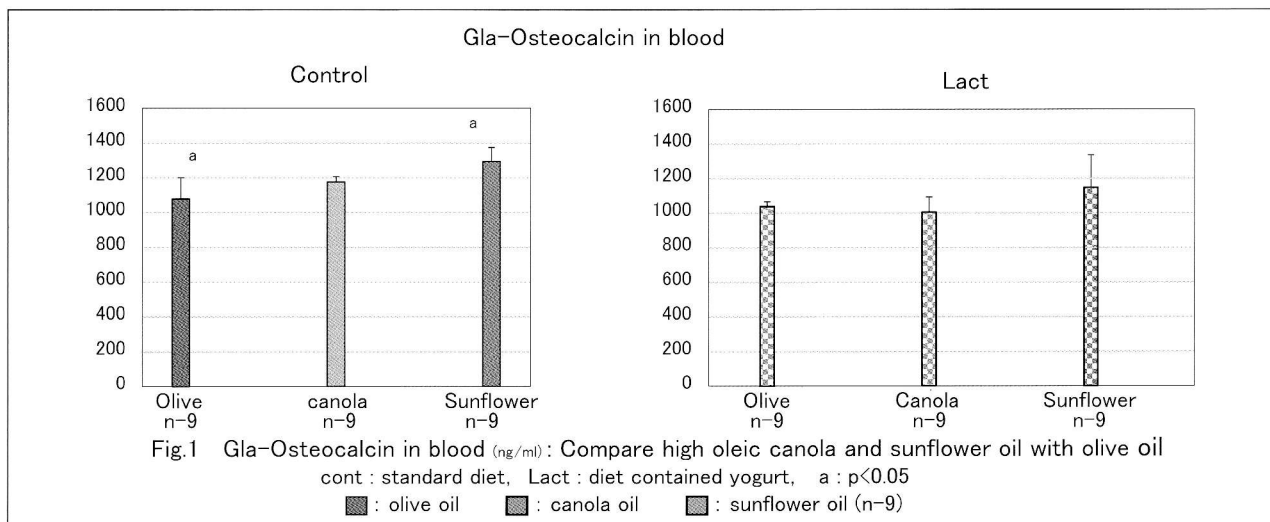
菜種油とひまわり油の高オレイン酸型と在来型の油の比較：高オレイン酸型と在来型の油は同じ傾向であり、また、標準食と乳酸菌食との間にも有意な差はみとめられなかった (Fig.2)。

Gla 型オステオカルシンに対する乳酸菌食の影響：乳酸菌食の影響は、カノーラ油のみ乳酸菌により Gla 型オステオカルシンの有意な減少がみられたが、ひまわり油 (n-9, n-6) やオリーブ油では乳酸菌の影響はなかった (Fig.3)。

Table 1. Dietary groups

control					Lact				
olive	canola	rapeseed	Sun.	Sun.	olive	canola	rapeseed	Sun.	Sun.
n-9	n-9		n-9	n-6	n-9	n-9		n-9	n-6
-	-	-	-	-	yogurt	yogurt	yogurt	yogurt	yogurt

Control : standard diet, Lact : diet contained yogurt, sun : sunflower oil



2. 血液中の GLP-1

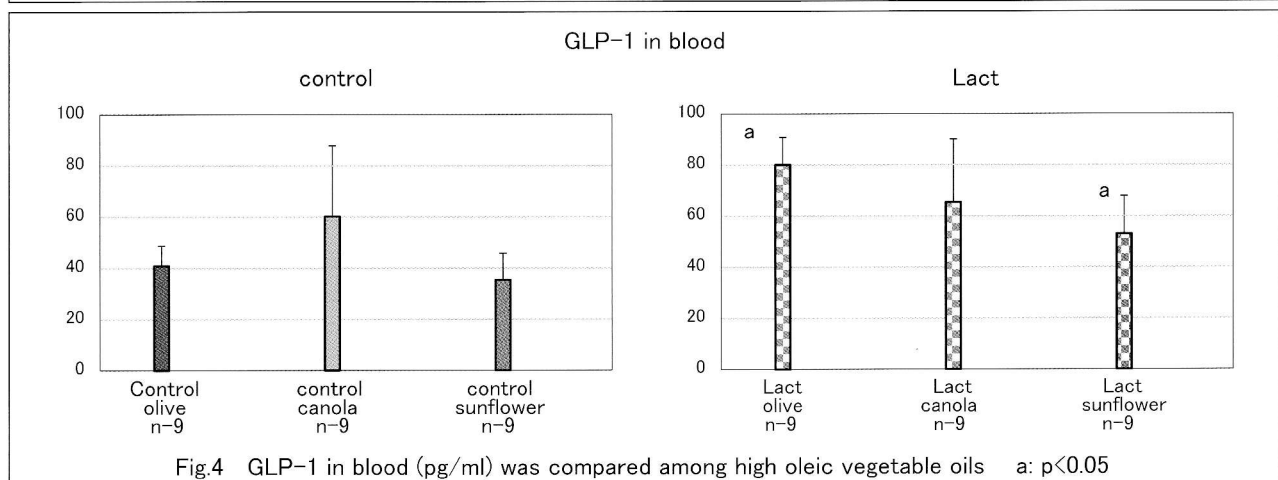
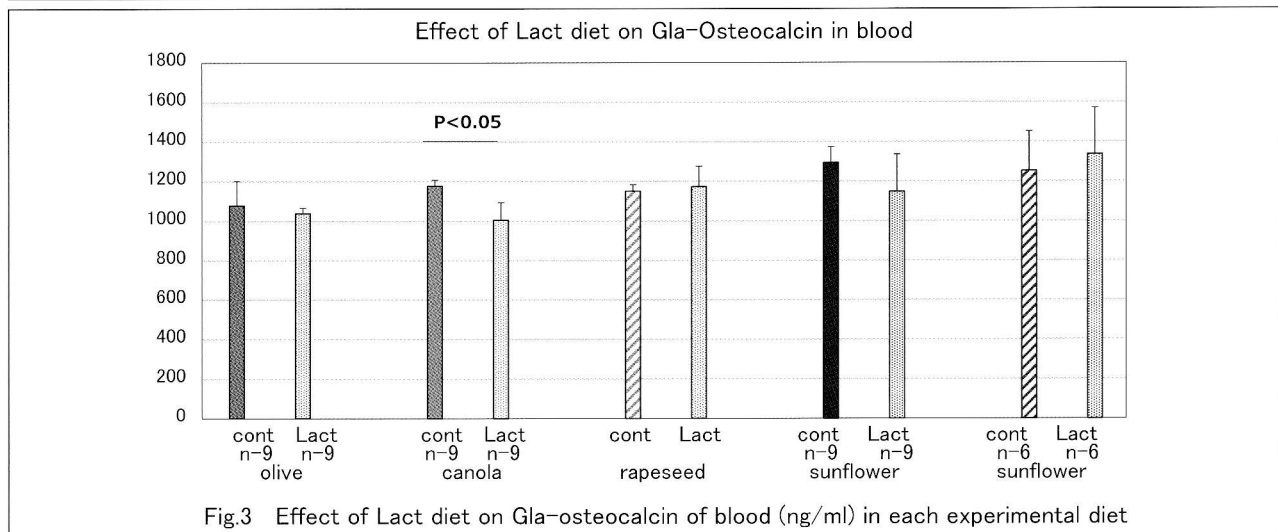
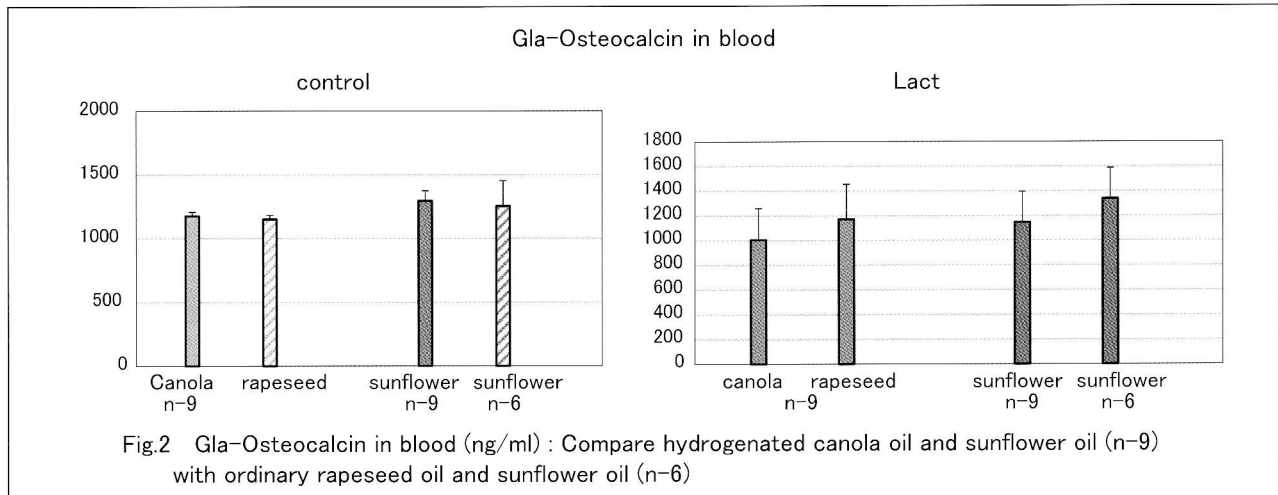
高オレイン酸植物油同士の比較：乳酸菌食の方が標準食より GLP-1 は高い傾向であった (Fig.4)。そして乳酸菌食では、オリーブ油の GLP-1 が、ひまわり油に比べて有意に高いのがみられた。

菜種油とひまわり油の高オレイン酸型と在来型の油の比較：高オレイン酸型と在来型の油は標準食と乳酸菌食とで同じ傾向を示し有意な差はみられな

かった (Fig.5)。

GLP-1 に対する乳酸菌の影響：在来型ひまわり油はオリーブ油と同じく乳酸菌食の方が標準食より GLP-1 は有意に増加した (Fig.6)。

3. 血液中のグルコース：菜種油・ひまわり油・オリーブ油において、高オレイン酸型や在来型に関わらず、乳酸菌食は標準食に比べて高い傾向であった (Fig.7)。

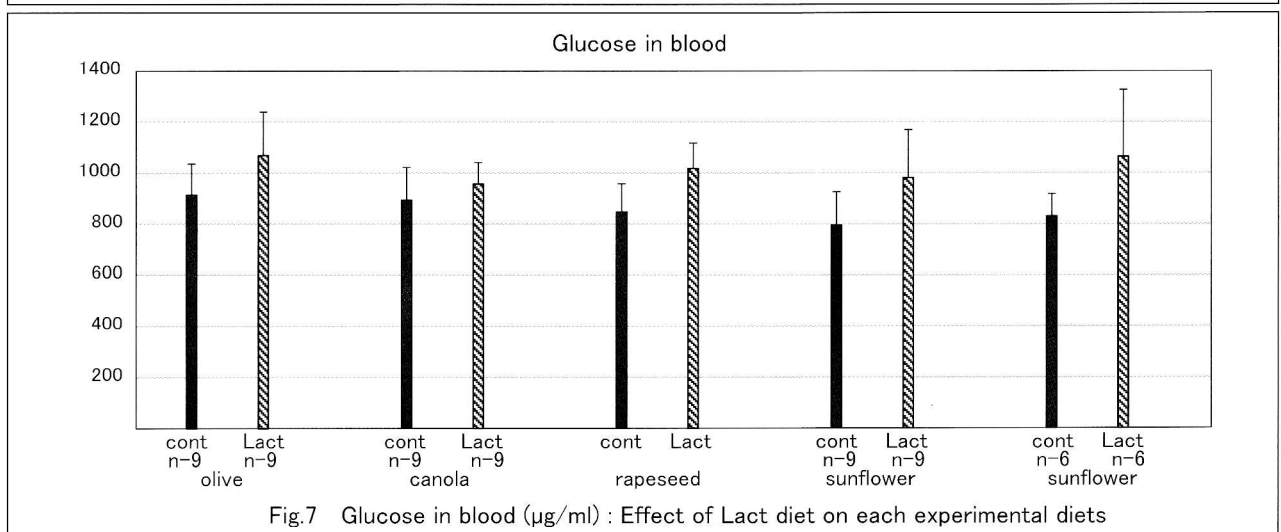
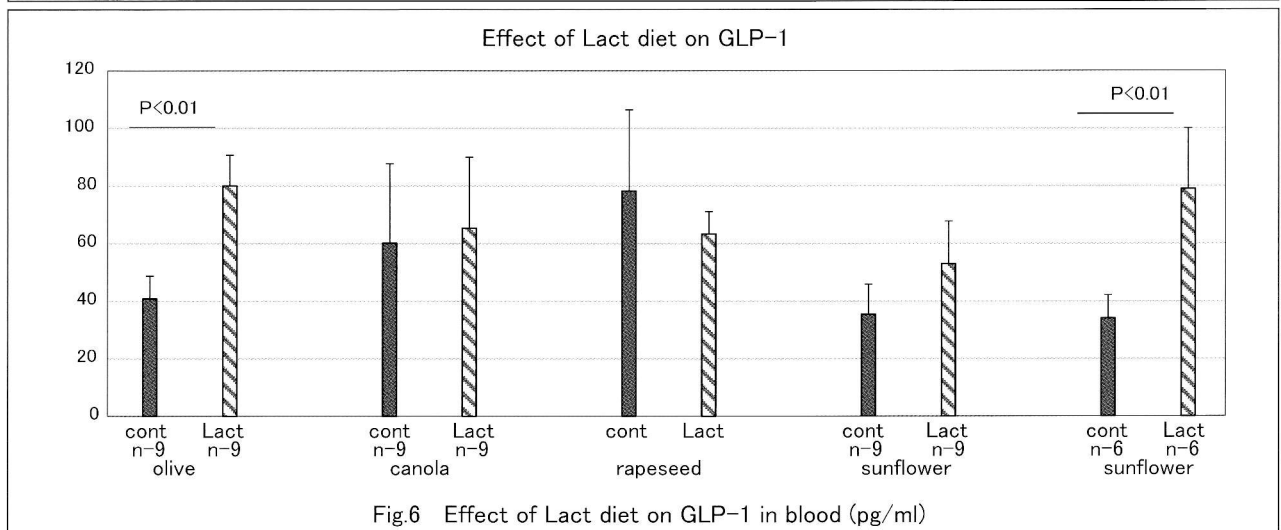
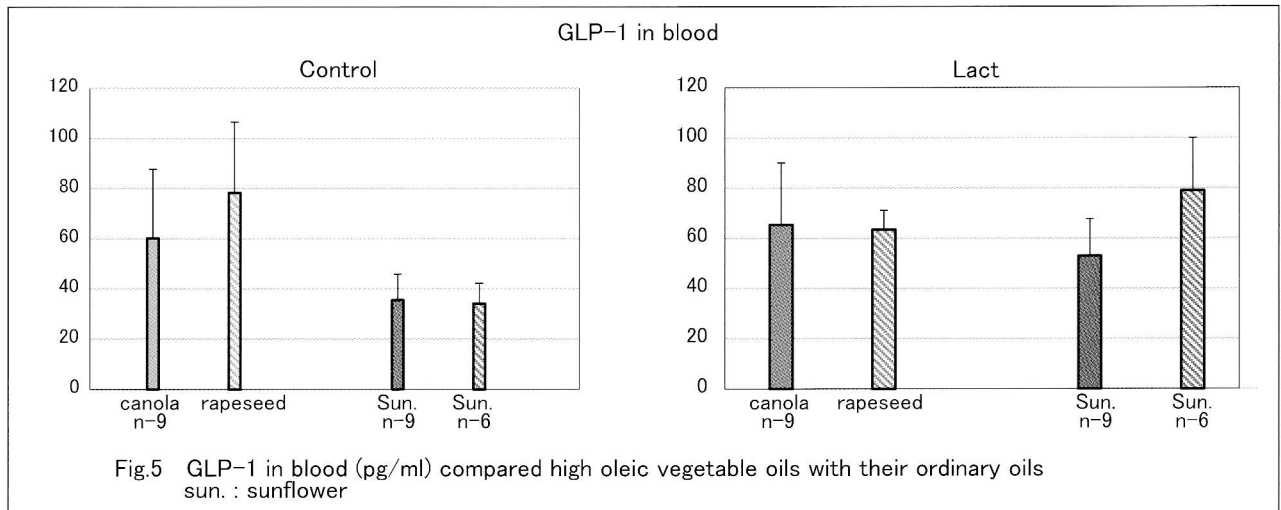


4. 血液中のトリアシルグリセロール (TG) : 乳酸菌食のオリーブ油が、菜種油やひまわり油に比べて TG は有意に高くなった (Fig.8)。一方、在来型の菜種油とひまわり油は、高オレイン酸型より TG は低い傾向であった。

5. 血液中の総コレステロール (Total Cho) : オリーブ油とひまわり油の Total Cho は乳酸菌食の方が高

い傾向であったが、菜種油は高オレイン酸型と在来型に乳酸菌の影響はなかった (Fig.9)。

6. 肝臓のトリアシルグリセロール : 乳酸菌食の方が標準食に比べて TG は増加傾向を示した (Fig.10)。しかし、在来型のひまわり油 (n-6) に乳酸菌食の影響はみられなかった。



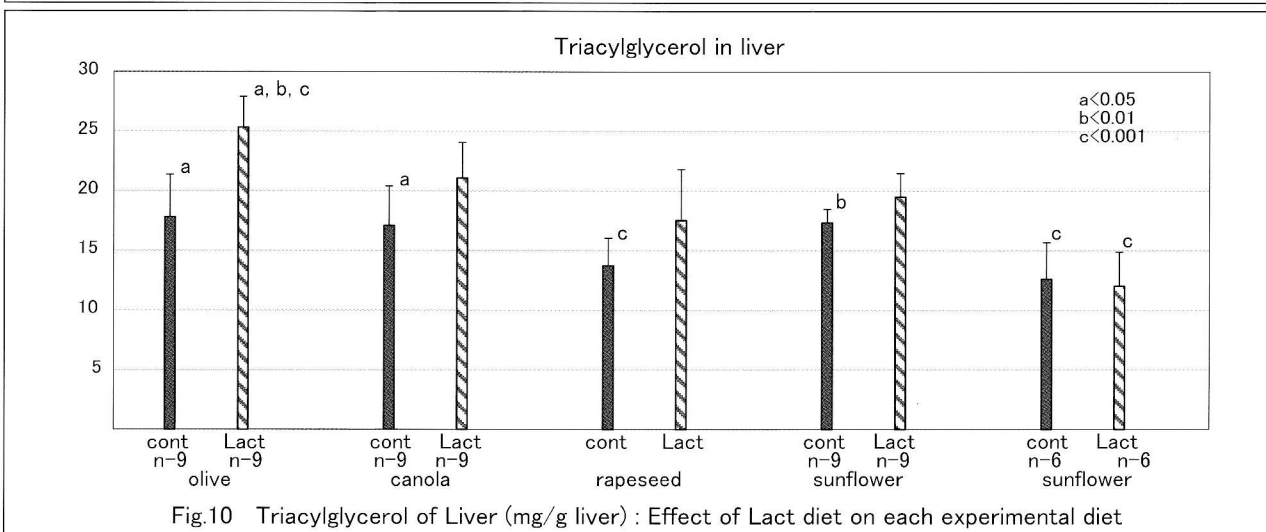
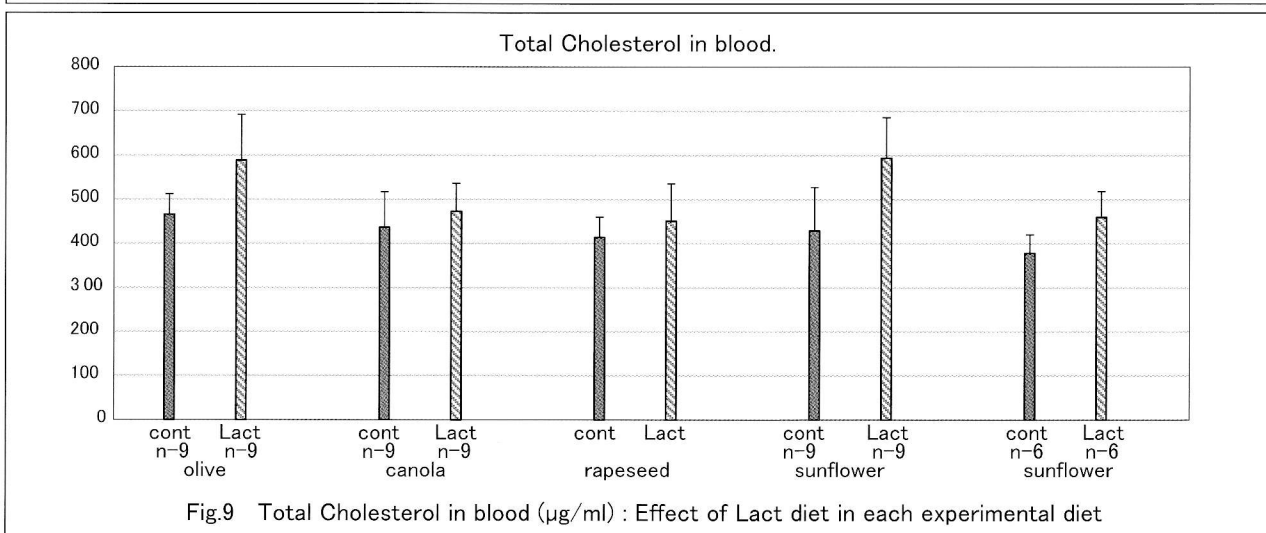
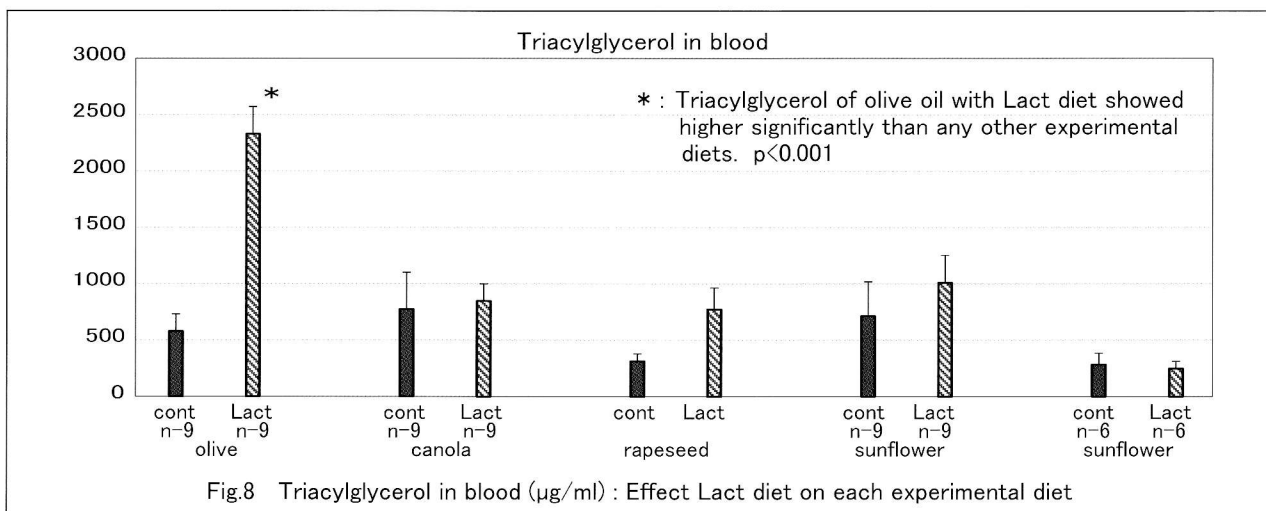
7. 肝臓の総コレステロール：乳酸菌食の方が標準食に比べて総コレステロールは上昇傾向を示した (Fig.11)。肝臓の TG と同じく、在来型ひまわり油 (n-6) は乳酸菌食に影響されなかった。

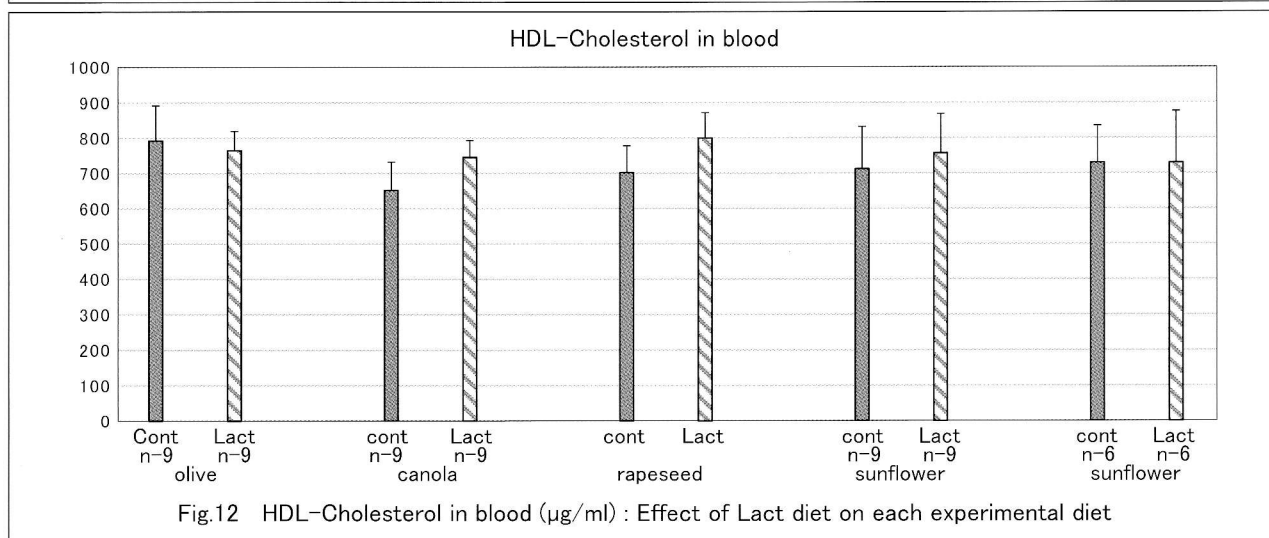
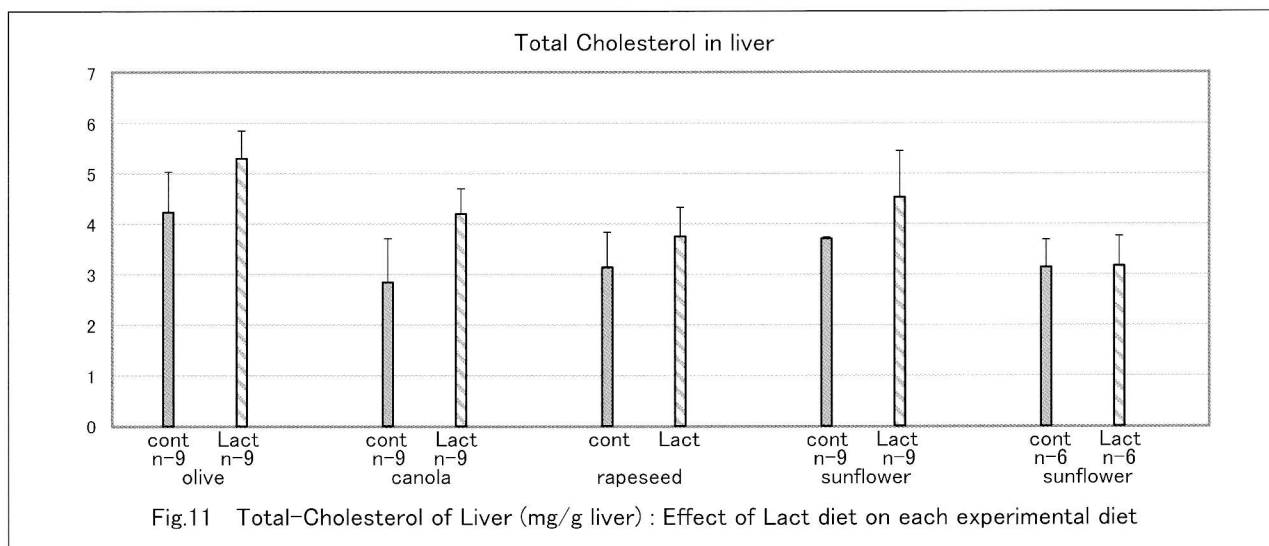
8. 血液の HDL- コレステロール：乳酸菌食や高オレイン酸植物油の食餌群間に有意な差はみられなかった (Fig.12)。

【結果のまとめ】

1. 高オレイン酸植物油同士の比較：乳酸菌食では、高オレイン酸ひまわり油が Gla 型オステオカルシンと GLP-1 においてオリーブ油とは異なった (Fig.1, Fig.4)。

血液の TG は、オリーブ油の方が乳酸菌食で高オレイン酸型のひまわり油やカノーラ油より有意に増加したのが認められた (Fig.8)。





2. 高オレイン酸型油と在来型油との比較：血液のTGは、標準食と乳酸菌食ともに在来型油の方が低い傾向であった (Fig.8) が、肝臓のTGでは在来型ひまわり油 (n-6) 以外は乳酸菌食の方が標準食に比べて増加した (Fig.10)。

ひまわり油と菜種油において、Gla型オステオカルシン、GLP-1、グルコース、Total-Cho、HDL-Choでは、高オレイン酸型油と在来型油とはよく似た性状を示した (Fig.1,2,7,9,11,12)。

【考 察】

工業的に水素添加された大豆油ではSHRSPラットの寿命短縮が報告されており^{8,9)}、高オレイン酸植物油の警鐘が示唆されている。本研究では、高オレイン酸植物油がGla型オステオカルシンとGLP-1産生に関与して、血糖値に関連しているのか、検討を行ったところ、本研究の条件では有意な差は認められなかった。一方、高オレイン酸ひまわり油と高オレイン酸カノーラ油、それと各々の在来油型との比較を行ったところ、有意な差は認められなかったことが

ら、在来型の品質の影響が強いことが考えられた。工業的な水素添加の際に発生するジヒドロ型ビタミンK1の影響については、今後さらに検討をする必要が示唆された。一方、本研究の条件下での工業的な水素添加による高オレイン酸型植物油は、同じ在来型植物油とほぼ同じ性状を示したので、オリーブ油とは異なることが先行研究と同様であった⁶⁾。脂肪酸の二重結合を1つ消しただけでは到達しない、他のファクターの存在が示唆された。

【結 論】

1. 血液のTGにおいて、高オレイン酸ひまわり油とカノーラ油は、オリーブ油に比べて顕著に低かった。
2. 高オレイン酸ひまわり油とカノーラ油は、血液と肝臓でそれぞれの在来型油と同じ性状を示す傾向であり、オリーブ油とは異なった。

参考文献

- 1) Okuyama H, Yamada K, Miyazawa D, Yasui Y, Ohara N., Dietary lipids impacts on healthy ageing. Lipids,

- 42: 821-825, 2007
- 2) Booth ST, Lichtenstein AH, O'Brin-Morse M, McKeown NM, Wood RJ, Saltzman E, Gundberg CM., : Effects of a hydrogenated form of vitamin K on bone formation and resorption. *Am J Clin Nutr*, 74: 783-790, 2001
 - 3) Le Doan V, Marcil V., Osteocalcin and glucose metabolism: assessment of human studies. *Med Sci*, 33: 417-422, 2017
 - 4) Rashdan NA, Sim AM, Cui L, Phadwal K, et al., Osteocalcin Regulates Arterial Calcification via Altered Wnt signaling and glucose metabolism. *J Bone Miner Res*, doi: 10.1002, 2019
 - 5) Coskun G, Sencar L, Tuli A, Saker D, Alparslan MM, Polat S, Effects of osteocalcin on synthesis of testosterone and INSL3 during adult Leydig cell differentiation. *Int J Endocrinol*, doi: 10.1155, 2019
 - 6) 坂井恵子, 石走 愛, 山下千晴, 中尾礼奈, 高オレイン酸植物油と乳酸菌の同時摂取がラットの血液と肝臓の脂質性状に及ぼす影響. 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 23 : 47-53, 2019
 - 7) 坂井恵子, 黒江稀美子, 稲盛朱里, 玉川美穂, 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 24 : in pending, 2019
 - 8) Huang MZ, Watanabe S, Kobayasi T, Nagatsu A, et al., Unusual effects of some vegetable oils on the survival time of stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Lipids* 32: 745-751, 1997
 - 9) Tatematsu SY, Nagase T, Ichikawa Y, Fujii Y, Okuyama H, Factors other than phytosterols in some vegetable oils affect the survival of SHRSP rats. *Food Chem Toxicol*, 12: 1443-1451, 2001

Effect of high-oleic-sunflower oil and canola oil with yogurt on osteocalcin and lipid profile in blood and liver of rats

Keiko Sakai, Kimiko Kuroe, Miho Tamagawa, Akari Inamori

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

Key words : high-oleic-sunflower oil, canola oil, osteocalcin, olive oil

Abstract

It is still unclear whether the high oleic vegetable oils which are made by industrial hydrogenation have the functions as olive oil.

The aim of this study, we investigated the function of hydrogenated high oleic vegetable oils compared with olive oil. Further, we searched the effect of lact diet (contained yogurt) on high oleic vegetable oils.

Method: Sprague-Dawley rats were randomly divided into control diet and lact diet contained yogurt. Then, each group had five kind of lipid groups; olive oil, canola oil, rapeseed oil, high oleic sunflower oil and n-6 sunflower oil. The rats of each group were fed same amount of calories a day for 13 weeks. Yogurt were made from *Lactococcus Lactis* subsp. *Cremoris* FC, *Acetobacter orientaris* FA with milk.

Result: Gla-osteocalcin of blood: High oleic sunflower oil but not canola oil showed significantly higher than olive oil in standard diet. Lact diet did not affect on gla-osteocalcin among n-9 group/ olive oil and sunflower oil (n-9, n-6) except canola oil. GLP-1 in blood: there was no difference in n-9 vegetable groups in standard diet. In contrast GLP-1 was significant higher than sunflower oil (n-9) in Lact diets.

GLP-1 also show any difference between hydrogenated oils and ordinary vegetable oils in both standard diet and lact diet. Then, blood glucose showed similar level among diet groups in standard and Lact diet groups.

Triacylglycerol in blood and liver, olive oil in Lact diet showed significantly higher than any other oils.

Conclusion: The high oleic canola oil and high oleic sunflower showed no difference from their ordinary vegetable oils. Triacylglycerol of blood with olive oil in lact diet increased significantly than other vegetable oils.
