

## 脂質過剰食を構成するたんぱく質や脂質および過剰量摂取が 肝臓グリコーゲンに及ぼす影響について

中尾 礼奈, 坂井 恵子

### 要 約

糖質の摂取量を制限すると、脂質が主たるエネルギー源となる脂質過剰食（HFD）について、過剰量摂取、構成脂質や構成たんぱく質の質が肝臓のグリコーゲン合成に及ぼす影響については未だ明らかではない。本研究では、脂質過剰食を通常量の 1.3 倍摂取した過剰量摂取の影響を標準食の過剰量摂取と比較検討を行った。脂質として n-9 系のオリーブ油と n-3 系のエゴマ油を使用した。更に動物性たんぱく質のカゼインと植物性たんぱく質の大豆たんぱく質を使用して行った。

結果：HFD の影響については、通常カロリー量摂取の肝臓組織グラム当たりのグリコーゲン量は標準食（control）と有意な差は認められなかった。HFD の脂肪酸では、オリーブ油がエゴマ油よりグリコーゲンは有意に高かった。HFD の過剰量摂取では、肝臓全体のグリコーゲンにおいて通常量と同じレベルであった。また、肝臓全体のトリアシルグリセロールでも過剰摂取量は通常摂取量と同じレベルを示した。

通常量摂取による HFD のたんぱく質は、カゼインの方が大豆たんぱくより肝臓のグリコーゲン量は高かった。特にカゼインの control オリーブ油群は、大豆たんぱくの control オリーブ油やエゴマ油、更にカゼイン control のエゴマ油に比べて有意に高いのが認められた。

本研究では、HFD の肝臓のグリコーゲン量は、同時摂取のたんぱく質や脂質の質の影響を受けることが明らかとなった。特に、たんぱく質のカゼインや大豆たんぱくの方がオリーブ油やエゴマ油などの脂質に比べて顕著であった。

**キーワード：**グリコーゲン、脂質過剰食／HFD、脂質過剰食の過剰量摂取、カゼイン、大豆たんぱく

### 緒 言

近年、日本では若い女性の BMI が 18.5 未満の「低体重」が多いことが厚生労働省の国民健康・栄養調査より報告されている。総数は平成 5 年に 8.3% であったのに対し、平成 25 年には 12.3% となり「低体重」の割合は過去最高となった<sup>1)</sup>。また「低体重」の割合は 20 代女性で最も高く、平成 26 年は 22.3% となった<sup>2)</sup>。これは人々の生活スタイルや食生活の多様化、メディアからの情報により「やせているほうがいい」という考えが増加し、様々なダイエット方法などが広がったことが影響していると考えられる。

そこで本研究では、若い人の中で近年人気である糖質を制限する脂質過剰食に注目してみた。先行研究では、脂質過剰食が肝臓や血液性状に及ぼす影響を脂質の質の違いから比較検討を行った<sup>3,4)</sup>が、本研究では HFD におけるたんぱく質や脂質の質の違いや過剰量摂取による肝臓グリコーゲン代謝への影響に

ついて検討を行った。

### 方 法

**動物実験：**Sprague-Dawley 系雌ラット（SLC，静岡）の 4 週齢を無作為に標準食（Control）と脂質過剰食（HFD）に分け（図 1-A, B），実験飼料で 15 ～ 16 週間飼育を行った。

**実験飼料：**たんぱく質として実験 1 ではカゼイン（wako）（表 1），実験 2 では動物性たんぱく質としてカゼイン（wako），植物性たんぱく質として大豆たんぱく（wako）を使用した（表 2）。投与カロリーは実験 1 では通常量と過剰量（図 1A），実験 2 では通常量（図 1B）とした。その他の成分は実験 1 と 2 で同じであった。コーンスターチ（日本澱粉株），スクロース（wako），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（wako），脂質としてオリーブ油（wako），エゴマ油（朝日 ST 株）を使用した。

実験 1, 2 ともに餌は各群とも毎日投与し、翌日

残量を測定した。水は自由摂取とした。飼育は室温 25℃, 12 時間明暗周期で行った。

**生化学的測定：**グリコーゲン定量はフェノール硫酸法, トリアシルグリセロール量は wako の測定キットを使用して会社のプロトコールに従って行った。

なお, 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。

表1 <実験1>実験飼料 (g)

	Control	Control	HFD	HFD
corn starch	51.3	51.3	17.5	17.5
sucrose	10	10	10	10
casein	20	20	30.8	30.8
olive	11	0	21.2	0
egoma	0	11	0	21.2

表2 実験飼料: 実験 2 (g)

	Control	Control	Control	Control	HFD	HFD	HFD	HFD
	casein	casein	soy	soy	casein	casein	soy	soy
corn starch	51.4	51.4	51.4	51.4	17.6	17.6	17.6	17.6
sucrose	10	10	10	10	10	10	10	10
casein	20	20	0	0	30.8	30.8	0	0
soy	0	0	20	20	0	0	30.8	30.8
olive	11	0	11	0	21.2	0	21.2	0
egoma	0	11	0	11	0	21.2	0	21.2

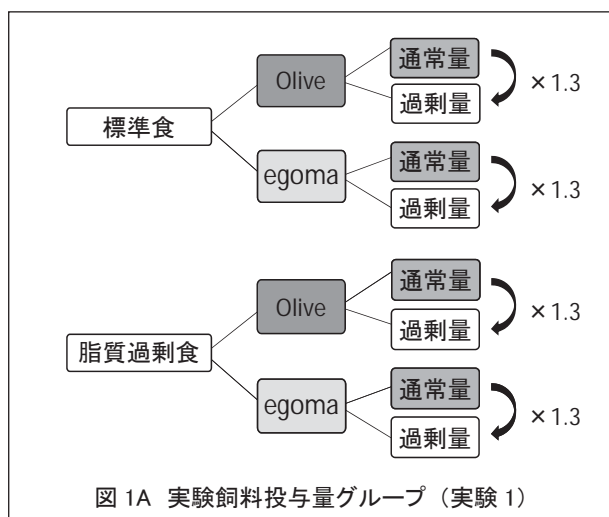


図 1A 実験飼料投与量グループ (実験 1)

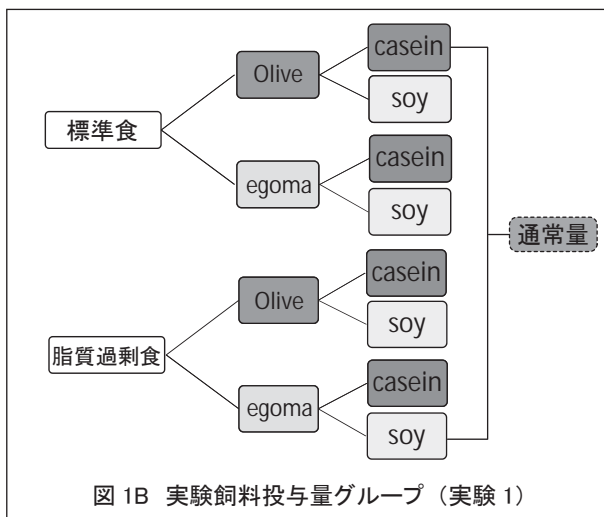


図 1B 実験飼料投与量グループ (実験 1)

## 結果

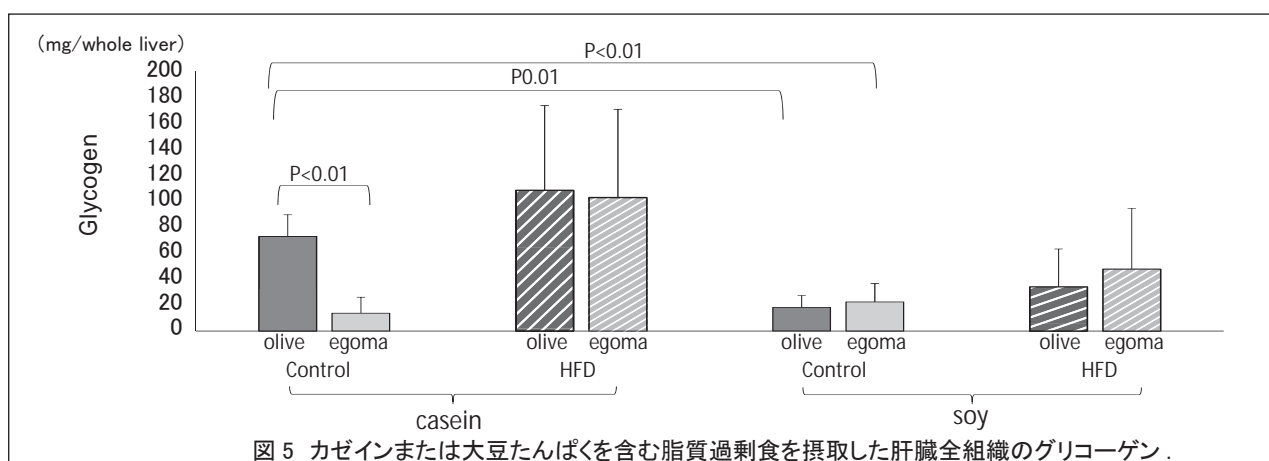
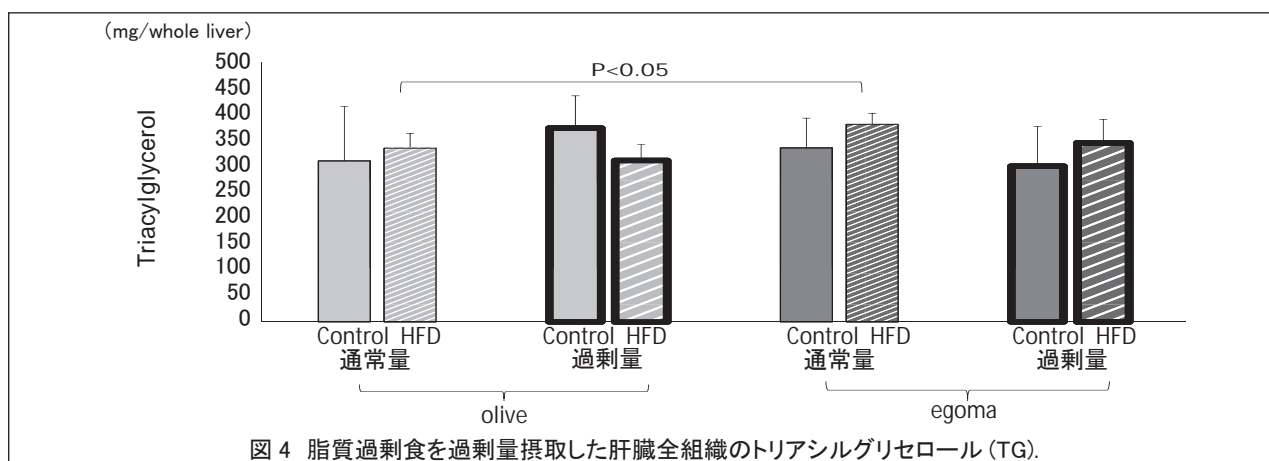
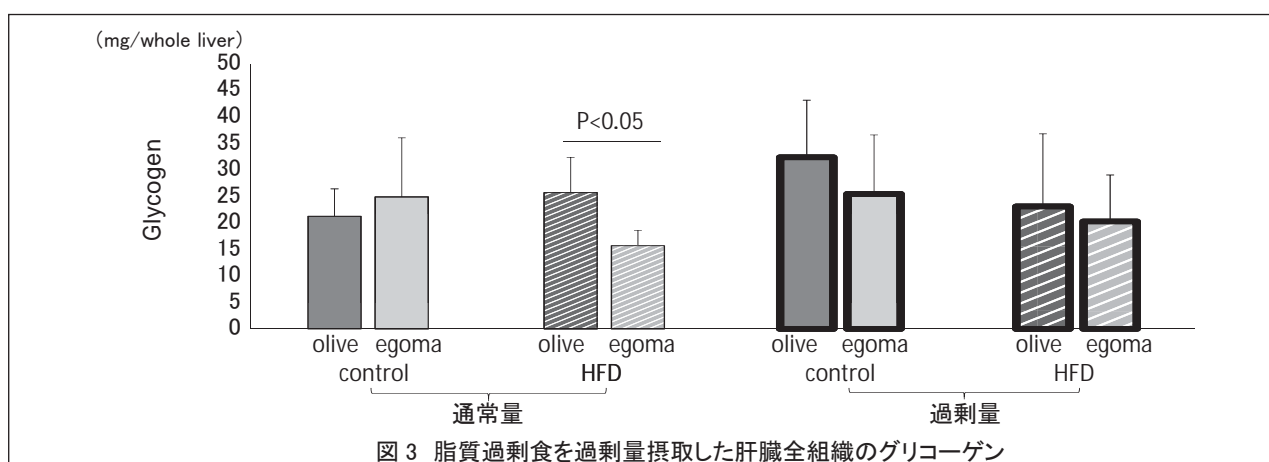
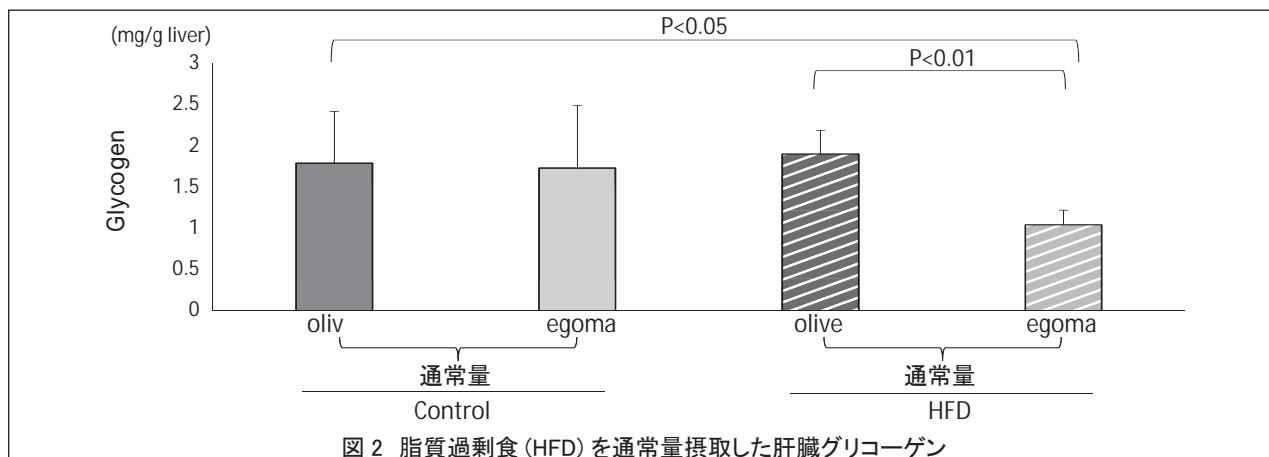
**HFD の影響：**通常カロリー量を摂取した肝臓の組織 1 g あたりのグリコーゲンでは, HFD のオリーブ油群とエゴマ油群ともに標準食 (control) との間に有意な差は認められなかった (図 2)。また, HFD のグリコーゲン量ではオリーブ油群の方がエゴマ油群より有意に高いのが認められた。

**過剰量摂取した HFD の影響：**通常量の 1.3 倍のカロリー量 (過剰量) 摂取は, 肝臓の組織全体のグリコーゲンにおいて, オリーブ油群とエゴマ油群ともに通常量摂取との間に有意な差は認められなかった (図 3)。一方, 通常量摂取の HFD において, オリーブ油群はエゴマ油群より有意に高かった。

**過剰量摂取における肝臓のトリアシルグリセロール (TG)：**肝臓の組織全体の TG では, 過剰量摂取は通常量摂

取と同じレベルを示した (図 4)。更に, Control と HFD においても有意な差は認められず, これはオリーブ油群とエゴマ油群で同じ傾向であった。

**たんぱく質の違いによる HFD の肝臓グリコーゲン：**通常量摂取において, HFD のたんぱく質を動物性たんぱく質のカゼインまたは植物性たんぱく質の大豆たんぱくを摂取した時の肝臓の組織全体のグリコーゲン量を比較した (図 5)。カゼインの方が大豆たんぱくより肝臓のグリコーゲン量は高い傾向であった。特にカゼインの control オリーブ油群は大豆たんぱくの control オリーブ油群やエゴマ油群に比べて有意に高いのが認められた。更に, カゼイン control オリーブ油群はカゼイン control エゴマ油群に対しても有意に高かった。また, HFD の方が control より高くなる傾向がカゼインと大豆ともに示された。



## 考 察

慢性的な HFD の摂取は脂肪肝の発症<sup>5)</sup>、心筋肥大症<sup>6)</sup>や DNA 障害を生じる<sup>7)</sup>など健康障害に繋がる報告がある。HFD により肝臓のグリコーゲン量が増加した報告<sup>8)</sup>が出ているが、本研究では HFD が肝臓のグリコーゲン量に及ぼす影響をみたが、通常量摂取との間に有意な差は認められなかった(図2)。しかしながら、HFD において n-9 系脂肪酸のオリーブ油の方が n-3 系のエゴマ油に比べて有意に高いのが認められた。次に、HFD の過剰量摂取が肝臓の組織全体のグリコーゲン量についても通常量摂取と同じレベルであった(図3)。肝臓組織全体のグリコーゲン量で比較すると control も過剰量と通常量と同じ傾向であった。肝臓のグリコーゲン量は摂食抑制と関係しており肥満抑制に繋がるとの報告<sup>9)</sup>があるが、本研究では、HFD の過剰量摂取も通常量摂取と同じレベルであり、摂食抑制に関係している可能性は低いと考えられる。本研究において、たんぱく質としてカゼインの場合、HFD の糖質は 26 エネルギー%であったが、標準食の糖質 57 エネルギー%とグリコーゲンレベルは似ていたことは興味深い。糖質制限食でグリコーゲン量を保持するためには、糖質 26 エネルギー%はたんぱく質としてカゼイン、脂質としてオリーブ油を使用するならば標準食並みであることが明らかとなった。対照的に大豆たんぱく質では、標準食と HFD とともに、カゼインに比べるとグリコーゲンレベルは非常に低くなったのが顕著であった。

## 結 論

本研究では、たんぱく質の影響の方が肝臓のグリコーゲン量に影響していた。動物性たんぱく質のカゼインの方が植物性たんぱく質の大豆たんぱくよりも有意に肝臓のグリコーゲン量は多かった。エネルギー貯蓄としては、動物性たんぱく質の方が植物性たんぱく質よりも有効であり、それは HFD と control とは関係が低いと示唆された。

## 謝 辞

本研究にご協力いただきました坂井研の学生の皆様に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 平成 26 年国民健康・栄養調査, 厚生労働省健康局, 2015
- 2) 平成 27 年国民健康・栄養調査, 厚生労働省健康局, 2016
- 3) 坂井恵子, 久野知美, 他, 脂質過剰食と糖質過剰食におけるオリーブ油とエゴマ油がラットの肝臓と血液の脂質および血糖に及ぼす影響. 鹿児島純心女子大学紀要, 18:11-18, 2014
- 4) 坂井恵子, 福重琴子, 中尾礼奈, 脂質過剰食における動物性たんぱく質と植物性たんぱく質がラットの肝臓と血液性状に及ぼす影響; たんぱく質と脂質の相互関係. 鹿児島純心女子大学紀要, 20:20-25, 2016
- 5) Lo L, McLennan SV, et al., Diabetes is a progression factor for hepatic fibrosis in a high fat fed mouse obesity model of non-alcoholic steatohepatitis. J Hepatol. 55:435-444, 2011
- 6) Wang Z, Li L, et al., Chronic high fat diet induces cardiac hypertrophy and fibrosis in mice. Metabolism 64:917-925, 2015
- 7) de Assis AM, Rieger DK, et al., High fat and highly thermolyzed fat diets promote insulin resistance and increase DNA damage in rats. Exp Biol Med, 234:1296-1304, 2009
- 8) Lu B, Bridges D, et al., Metabolic crosstalk: molecular links between glycogen and lipid metabolism in obesity. Diabetes, 63:2935-2948, 2014
- 9) Lopez-Soldado I, Zafra D, et al., Liver glycogen reduces food intake and attenuates obesity in a high-fat diet mouse model. Diabetes, 64:796-807, 2015

## The effect of excessive intake of high fat diet, quality of protein and fatty acid on liver glycogen in rats.

Rena Nakao , Keiko Sakai

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

Key words : liver glycogen, high fat diet, excessive intake, casein, soy protein

### Abstract

The aim of this study was to determine whether HFD and excessive intake of HFD influence on liver glycogen metabolism in rats fed either animal protein or plant protein, and also either n-9 series fatty acid or n-3 series fatty acid.

The excessive amount was 1.3 times high calories of standard intake. We used casein as animal protein, soy protein as plant protein, and we also used olive oil of n-9 series fatty acid, and egoma oil of n-3 series fatty acid.

The result showed that the amount of liver glycogen of HFD was not significant difference from control liver glycogen. In the comparison of liver glycogen of HFD, olive oil showed significantly higher than egoma oil. Excessive intake of HFD expressed that the level of liver glycogen was as same as excessive intake of control. In addition, triacylglycerol of whole liver also showed similar level between HFD and control. In the standard intake, soy protein influenced significantly lower level of liver glycogen than casein. Olive oil of control with casein showed significantly higher than control with soy protein in combination with olive oil or egoma oil.

In conclusion, this study showed that liver glycogen in HFD was influenced by quality of proteins and fatty acids better than excessive intake of HFD.

---