

## 大豆たんぱく質とスクロース過剰摂取と脂質の質の相互作用が ストレス負荷ラットの情動行動に及ぼす影響

坂井 恵子, 中村 文香, 田口 友香, 植田 千尋, 外菌 ネネ

### 要 旨

【目的】既報では、カゼインたんぱく質で脂質の質と運動がラットの情動行動に及ぼす影響について報告した。本報では大豆たんぱく質とスクロースがストレス負荷ラットの情動行動に及ぼす影響について比較検討を行った。

【方法】Sprague-Dawley系ラットの4週齢(雌)を無作為にストレス有群とストレス無し群に分け、その両群の中を脂質のn-9, n-6, n-3系の3群に分けた。ストレス負荷は、総金網ケージ、ストレス無しはプラスチックケージで飼育を全期間行った。更に、各脂質群の中をスクロース添加と無添加に分けて行った。更に、ストレス無し群の中のスクロース添加群は運動有無に分けた。

実験飼料のたんぱく質として大豆たんぱく質とカゼイン、脂質としてn-9系オリーブ油、n-6系紅花油、n-3系エゴマ油を使用した。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じにして毎日投与し、8週間飼育を行った。運動はラット用トレッドミルを使用して週2回、一匹5分間で行った。攻撃行動実験はラットの胴体のサイズと同じ大きさの筒の中で対戦させ、先に押し出された方を「負け」とした。不安行動実験は高架式十字迷路試験で行った。運動はラット用トレッドミルを使用して行った。

【結果】攻撃行動実験の場合、ストレス負荷で大豆たんぱく質では、エゴマ油群でスクロース添加はスクロース無添加より攻撃性が有意に低かった。一方、ストレス無しで大豆たんぱく質では、スクロース添加は紅花油群とエゴマ油群の攻撃性がスクロース無添加より高い傾向が認められた。脂肪酸同士の比較では、ストレス負荷の場合、スクロース無添加での攻撃性の強さはエゴマ油>オリーブ油>紅花油の順になり、スクロース添加ではオリーブ油>エゴマ油>紅花油の順になった。脂肪酸同士でストレス無しの場合の攻撃性の強さは、スクロース添加ではオリーブ油>紅花油>エゴマ油の順になった。運動とスクロース添加での攻撃性の強さは、ストレス無しで紅花油>エゴマ油>オリーブ油となった。不安行動実験では、大豆たんぱく質でストレス無しの場合、エゴマ油群はスクロース添加により有意に不安感が高くなった。一方、ストレス負荷で大豆たんぱく質の場合、スクロース添加により紅花油群で有意に不安感が高くなったのが認められた。また、スクロース添加同士でストレス無しの場合、運動の影響はオリーブ油群で有意に高くなったのが認められた。紅花油群とエゴマ油群では運動の影響はみられなかった。

【考察・結論】ストレス負荷に対してスクロース過剰と大豆たんぱく質や脂質と運動がラットの攻撃性や不安感に及ぼす影響について比較検討を行った。攻撃行動や不安行動にスクロースや大豆たんぱく質や運動の関与は示されたが、脂質の質の違いにより影響は異なることが明らかとなった。

**キーワード：**ストレス, 攻撃行動, 不安行動, スクロース, 運動, 大豆たんぱく質

### 緒 言

運動の効果として、肥満が原因のメタボリックシンドロームの発症予防が知られているが<sup>1)</sup>、その他に不安症状やストレス関係症状の改善の手段として提案されている<sup>2,3,4)</sup>。

一方、スクロースが情動行動に関与していることが報告されている<sup>5,6)</sup>。

著者らは既報にて、ストレス負荷ラットに対してカゼインと脂質の質の違いと運動との相互関係が情動行動に及ぼす影響について報告した<sup>7)</sup>。大豆たんぱく質とスクロース、運動・脂質の質との情動行動に及ぼす影響については明らかでない。本研究では、ストレス負荷ラットに対して、大豆たんぱく質とスクロース、運動が情動行動に及ぼす影響について、脂質の質との相互作用の比較検討を行った。

方 法

実験動物：Sprague-Dawley系ラット（SLC，静岡）の4週齢(雌)を無作為にストレス負荷群とコントロール群（ストレス負荷無し）とに分け，さらに両群の中をオリーブ油群，紅花油群，エゴマ油群に分けて行った（Table 1）。ストレス負荷はメタルケージ（木片チップなし），コントロールはプラスチックケージ（木片チップあり）で全実験期間の飼育を行った。

Table 1. Group of experimental diets. suc: sucrose, EX: exercise

Soy protein											
Stress						Control					
olive		safflower		egoma		olive		safflower		egoma	
no	suc	no	suc	no	suc	no	suc	suc	no	suc	suc
						EX		EX		EX	

実験飼料：脂質は，オリーブ油（和光純薬），紅花油（和光純薬），エゴマ油（朝日 ST）を使用した。たんぱく質として大豆たんぱく質（サプリメントジャパン）とカゼイン（和光純薬）を使用した。その他の成分は全て同じで行った。コーンスターチ（日本澱粉 株），スクロース（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，全ての食餌群で糖質 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，翌日残量を測定して摂取量を記録した。水は自由摂取で行った。行動実験：攻撃行動はラットの胴体の大きさと同じ径の筒の中にラットを両側から同時に放ち，先に押し出

されるか，あるいは退却によって自ら筒の外に先に出た方を負けとして行った。不安行動は，高架式十字迷路試験で行い，5分間の壁のないオープンアーム末端の滞在時間と行動を観察した。

運動は，ラット用トレッドミルで実験飼料を摂取後3週目より1匹5分間で週2回行った。

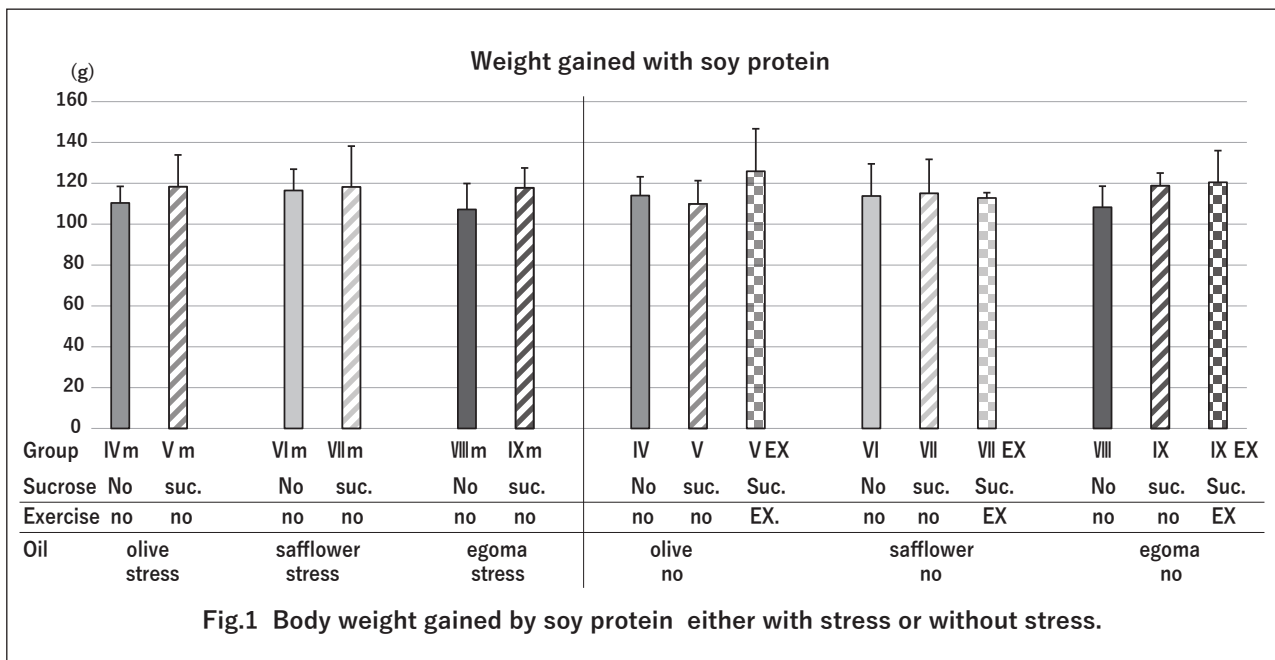
尚，動物実験は鹿児島純心女子大学動物実験指針に従って行われた。

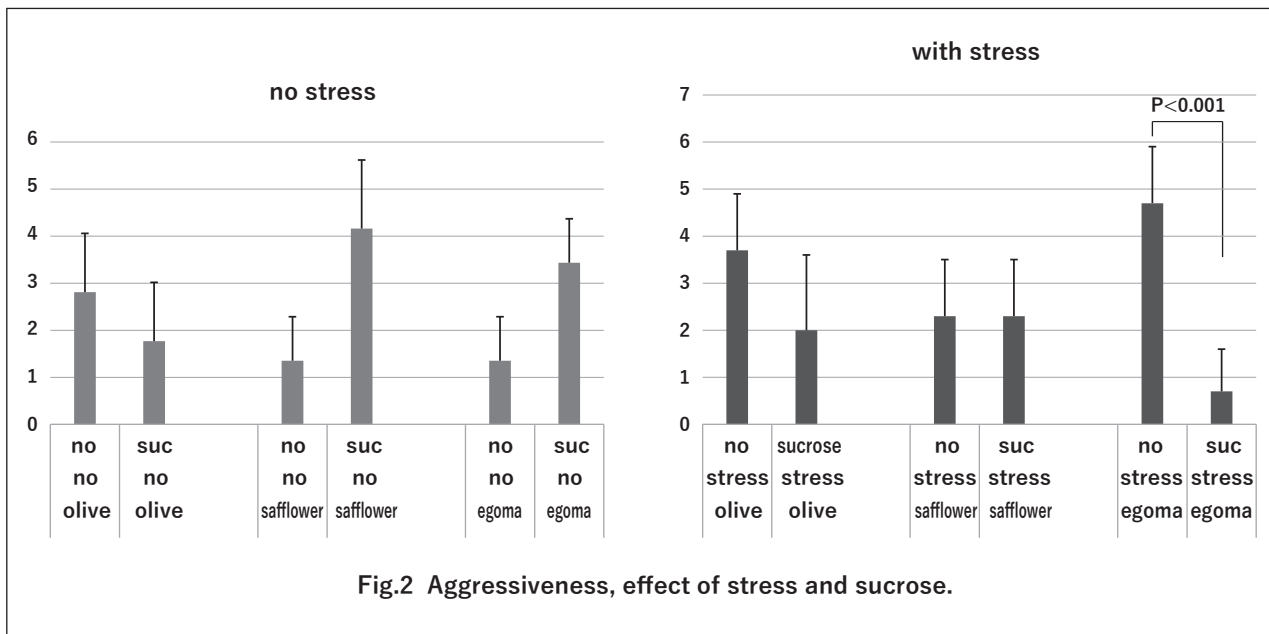
結 果

体重変動：大豆たんぱく質におけるラットの実験飼料による体重増加量は，スクロース添加に関わらずストレスの有無による体重の差は認められなかった（Fig 1）。

攻撃行動実験：

[ストレス有無の場合] ストレス負荷で大豆たんぱく質では，エゴマ油群でスクロース添加はスクロース無添加より攻撃性が有意に低かった（Fig. 2）。対照的にストレス無しで大豆たんぱく質では，スクロース添加は紅花油群とエゴマ油群の攻撃性がスクロース無添加より高い傾向が認められた。脂肪酸同士の比較では，ストレス負荷の場合，スクロース無添加での攻撃性の強さはエゴマ油>オリーブ油>紅花油の順になり，スクロース添加ではオリーブ油>エゴマ油>紅花油の順になった（Table 2）。脂肪酸同士でストレス無しの場合の攻撃性の強さは，スクロース添加ではオリーブ油>紅花油>エゴマ油の順になった（Table 3）。運動とスクロース添加での攻撃性の強さは，ストレス無しで紅花油>エゴマ油>オリーブ油となった（Table 3）。





**Table 2 Aggressive behavior with soy protein, (times of win) stress**

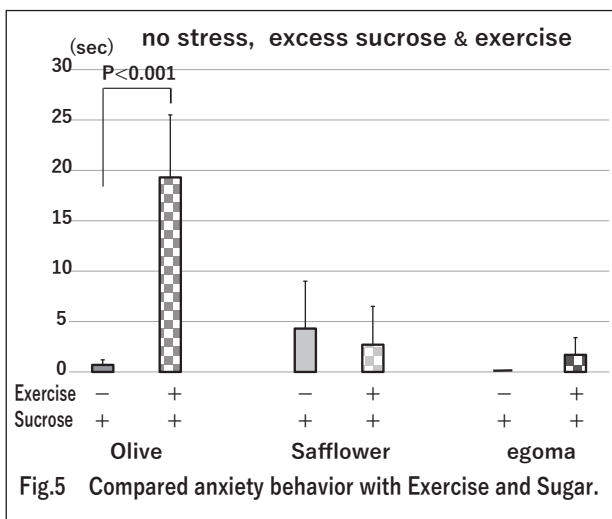
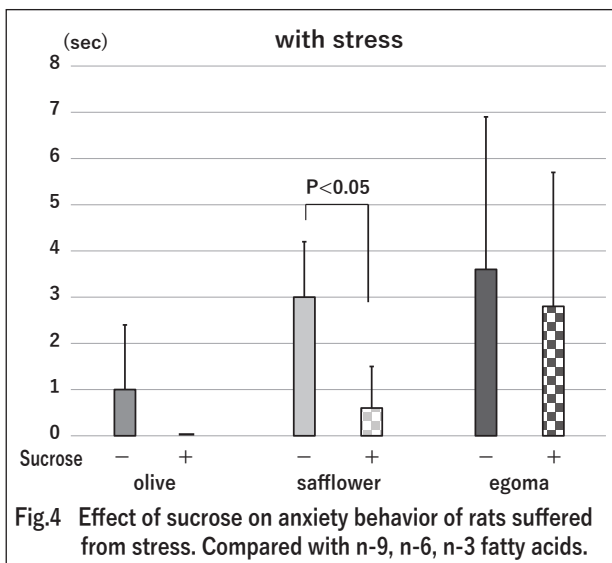
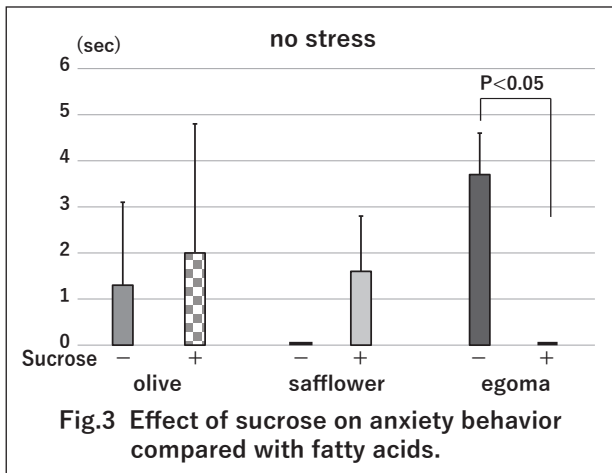
1	olive	IVm	VI m	safflower
		4.7 + 0.9	1.3 + 0.9	
2	olive sucrose	V m	VII m	safflower sucrose
		2.7 + 1.9	2.3 + 0.5	
3	safflower	VI m	VIII m	egoma
		2 + 1.6	4 + 1.6	
4	olive	V m	IX m	egoma
		2 + 1.6	3.3 + 1.2	
5	olive sucrose	IV m	VIII m	egoma sucrose
		3.3 + 0.9	2.7 + 0.9	
6	safflower sucrose	VII m	IX m	egoma sucrose
		1.7 + 0.5	3.3 + 0.5	

3	olive + sucrose EX	V EX	VII EX	saf + sucrose EX
		0.7 + 0.9	3 + 2.1	
4	olive	IV	VIII	egoma
		4,7 + 0.9	0.7 + 0.9	
5	olive + sucrose	V	IX	egoma sucrose
		4.7 + 0.9	1.3 + 0.9	
6	olive sucrose EX	V EX	IX EX	egoma sucrose EX
		2.7 + 1.9	3 + 1.4	
7	safflower	VI	VIII	egoma
		4 + 1.6	1.3 + 1.9	
8	safflower sucrose	VII	IX	egoma sucrose
		5.3 + 0.9	0 + 0	
9	safflower sucrose EX	VII EX	IX EX	egoma sucrose EX
		5 + 1.4	0.7 + 0.9	

**Table 3 Aggressive behavior with soy protein, (times of win) without stress**

1	olive	IV	VI	safflower
		4.3 + 0.9	0.7 + 0.9	
2	olive + sucrose	V	VII	saf + sucrose
		2.7 + 0.9	1.7 + 0.5	

**不安行動実験:**大豆たんぱく質でストレス無しの場合、エゴマ油群はスクロース添加により有意に不安感が高くなった (Fig. 3)。一方、ストレス負荷で大豆たんぱく質の場合、スクロース添加により紅花油群で有意に不安感が高くなったのが認められた (Fig. 4)。また、スクロース添加同士でストレス無しの場合、運動の効果はオリーブ油群で有意な不安感の減少が運動により認められた (Fig. 5)。紅花油群とエゴマ油群では運動の影響はみられなかった。



考 察

ストレスとスクロースの関係について、近年うつ症状や不安症状などの情動行動への影響が明らかになってきている<sup>8)</sup>。スクロースを適量摂取することを考えて、通常の食餌を基本にして、糖質の摂取量は常食と同じ量に、スクロース量を通常食の2倍にしてコー

ンスターチの量をその分減少した食餌で調製した。本研究では、可能な限り日常の行動に近い状態を設定してストレスに対するスクロースと大豆たんぱく質と運動、脂質の質との相互関係を攻撃行動と不安行動で比較検討を行った。それぞれの成分の関与は示されたが、脂質のn-9, n-6, n-3系脂肪酸の質の特異性により影響はそれぞれ異なることが明らかとなった。

結 論

**攻撃行動**：ストレス負荷の場合、大豆たんぱく質ではエゴマ油群でスクロース添加はスクロース無添加より攻撃性が有意に低かった。

脂肪酸同士では、ストレス負荷の場合の攻撃性はスクロース添加の有無に関わらず紅花油群はオリーブ油群やエゴマ油群に比べて低かった。

**不安行動**：大豆たんぱく質でストレス負荷の場合、スクロース添加により紅花油群で有意に不安感が高くなった。

ストレス無しの場合、大豆たんぱく質にスクロース添加でエゴマ油群の不安感が有意に上昇したのが認められた。

引用文献

- 1) Olivia C.Eller, E. Matthew Morris, et al., Early life stress reduces voluntary exercise and its prevention of diet-induced obesity and metabolic dysfunction in mice. *Physiol Behav.* 223:113000, 2020
- 2) Brendon Stubbs, Davy Vancampfort, et al., An examination of the anxiolytic effects of exercise for people with anxiety and stress-related disorders: a meta analysis. *Psychiatry Res.* 249:102-108, 2017
- 3) Juan C.Brenes, Jaime Fornaguera, et al., Environmental enrichment and physical exercise attenuate the depressive-like effects induced by social isolation stress in rats. *Front Pharmacol.* 11:804, 2020
- 4) Emily M.Paolucci, Dessi Loukov, et al., Exercise reduces depression and inflammation but intensity matters. *Biol Psychol.* 133:79-84, 2018
- 5) Angela Jacques, Nicholas Chaaya, et al., The impact of sugar consumption on stress driven, emotional and addictive behaviors. *Neurosci Biobehav Rev.* 103:178-199, 2019
- 6) Kaichi Yoshizaki, Masao Asai, et al., High-fat diet enhances working memory in the Y-maze test in male C57BL/6J mice with less anxiety in the Elevated plus maze test. *Nutrients*, 12, 2036, 2020
- 7) 坂井恵子, 中村ひかる, 他, 情動行動に対する脂質の質と運動がストレス負荷ラットに及ぼす影響. 鹿

児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 26:8-13, 2022  
8) Yvonne M.Ulrich-Lai, Stephanie Fulton, et al.,

Stress exposure, food intake, and emotional state.  
Stress, 18(4):381-399, 2015

## Effect of high sucrose and soy protein and fatty acids on aggressive and anxiety behavior of rats exposed stress

Keiko Sakai, Ayaka Nakamura, Tomoka Taguchi, Chihiro Ueda, Nene Hokazono

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

**Key words** : stress, aggressive behavior, anxiety behavior, exercise, sucrose, exercise, soy protein

### Abstract

**Aim** : We have already showed the effect of casein and exercise on rats exposed stress. The aim of this study was to examine the interaction of excessive sucrose and soy protein on aggressive behavior and anxiety behavior of rats exposed stress.

**Method** : Sprague-Dawley rats were randomly divided into stress group and control group. Then, each group were divided into three fatty acid (n-9 olive, n-6 safflower, n-3 egoma) groups. Further, each fatty acid group has divided into with sucrose and without sucrose groups. The rats of each group fed the experimental diet as equal amount of calories a day for eight weeks. Behavior experiment was conducted by the Elevated Plus Maze test and the Aggressive behavior test. Exercise was done by Treadmill of rat.

**Result** : In aggressive behavior, the effect of sucrose with stress of egoma oil group showed lower than without sucrose of rats with stress. In contrast, the effect of high sucrose of safflower and egoma oil groups of rats without stress showed higher aggressive behavior. The comparison of win rate of aggressiveness among fatty acids showed egoma > olive > safflower with stress and without sucrose, and with sucrose showed olive > egoma > safflower.

In anxiety behavior, egoma oil group showed significant high anxiety behavior with sucrose without stress. In contrast, safflower group showed significant high anxiety behavior with sucrose with stress. The effect of exercise did not show anything in safflower and egoma groups.

**Conclusion** : In stress, egoma oil group showed lower aggressive behavior with sucrose. In stress, safflower oil group showed lower aggressiveness than olive and egoma oil groups in spite of with or without sucrose.

In stress, safflower oil group showed significant high anxiety with sucrose. Without stress, anxiety of olive oil group reduced significantly with sucrose and exercise.

---