

## たんぱく質と脂肪酸の相互作用が運動を負荷したラットの攻撃行動に及ぼす影響

坂井 恵子, 倉津 美里, 榎田 幸, 園山 千里, 寺師 明里, 庵 瑠伽

### 要 旨

【目的】栄養と運動が情動行動の攻撃行動に関与していることは示唆されている。本研究では、動物性または植物性たんぱく質とn-9系・n-6系・n-3系脂肪酸との組合せがラットの攻撃行動に及ぼす影響について、運動を負荷したラットで比較検討を行った。

【方法】4週齢のSprague-Dawley系雌ラットを6食餌群に無作為に分け、実験飼料で13週間飼育した。実験飼料：動物性たんぱく質としてカゼイン、植物性たんぱく質として大豆たんぱく質、脂質は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。ほかの成分は全ての食餌群とも同じであった。攻撃行動実験：ラットの胴体のサイズと同じ大きさの筒を使用して対戦させ、先に筒から出た方を負けとして行った。運動：ラット用トレッドミルを使用して行った。

【結果】たんぱく質と脂質が同じ食餌群の運動負荷の有無によるラットの攻撃行動では、オリーブ油群のカゼインでは運動の効果は見られなかったが、大豆たんぱく質では運動負荷の攻撃行動が著しく増加した。紅花油群はカゼインでは運動負荷で攻撃行動は増加、大豆たんぱく質で著しく低下した。エゴマ油群の攻撃行動は、運動負荷によりカゼインと大豆たんぱく質ともにコントロールより顕著な減少が認められた。カゼインの方が大豆たんぱく質よりも攻撃行動はどの脂肪酸でも高い傾向であった。さらに、カゼインの攻撃行動は、運動負荷に関わらずエゴマ油群と紅花油群がオリーブ油群よりも上昇した。大豆たんぱく質の攻撃行動は、オリーブ油群で運動負荷によりコントロールより顕著に増加したのが認められた。

【結論・考察】攻撃行動は、動物性たんぱく質のカゼインの方が大豆たんぱく質よりも運動の有無に関わらず上昇した。更に、脂肪酸の質により運動の効果は異なった。

本研究での運動は、週2回のトレッドミル5分間という軽い負荷であったので、もっと強度の運動と栄養と攻撃行動の関係については今後の課題である。

キーワード：攻撃行動、カゼイン、大豆たんぱく質、運動、n-6/n-3系脂肪酸

### 緒 言

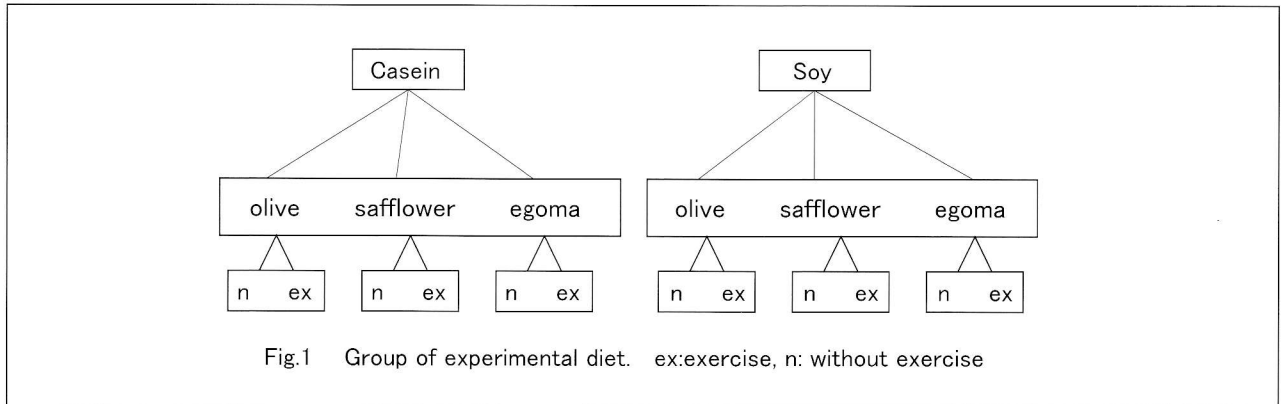
近年、健康維持や生活習慣病予防のために栄養・運動・睡眠のそれぞれの重要性が提唱されている。これらは時間栄養学でいわれているサーカディアンリズムを取り入れ、生体内機能と食事の摂取タイミングや運動をより効果的に活用するものだが、その中でたんぱく質は重要な栄養素である。スポーツ栄養では、たんぱく質摂取のタイミングの報告がある<sup>1)</sup>。また、攻撃行動にオス猿で大豆たんぱく質の影響が報告されている<sup>2)</sup>。しかし、動物性たんぱく質または植物性たんぱく質と運動との相互作用、さらにn-6/n-3系脂肪酸が加わった相互作用が攻撃行動に及ぼす影響についての詳細は未だ明らかでない。著者らの先行研究では、脂肪酸とたんぱく質の質と攻撃行動や不安行動の関係は脂質の質により変動した<sup>3-5)</sup>。本

研究では、動物性たんぱく質のカゼインと植物性の大豆たんぱく質と脂質の組合せが運動負荷ラットの攻撃行動に及ぼす影響について比較検討を行った。

### 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6群に分け、実験飼料（Fig.1）で13週間飼育した。

**実験飼料**：たんぱく質としてカゼイン（wako）と大豆たんぱく（wako）、脂質のn-9系オリーブ油（wako）、n-6系紅花油（wako）、n-3系エゴマ油（朝日ST）を用いた。その他の成分は、全て同じであった。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）、ミネラルミックス（オリエンタル酵母株）、ビタミンミックス（SLC株）、コリン（wako）であった。糖質・たんぱく質・脂質のエネルギー％は58％・19％・23％で行った。実験飼料



は各群ともカロリー量を同じにして投与し、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：**運動はラット用トレッドミルを使用して、週に2回・5分間/匹行った。攻撃行動はラットの胴体の大きさと等しい筒の中にラットを両端から同時に放ち、先に押し出されるか、あるいは退却によって自ら筒から出た方を負けとした<sup>4)</sup>。

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った。

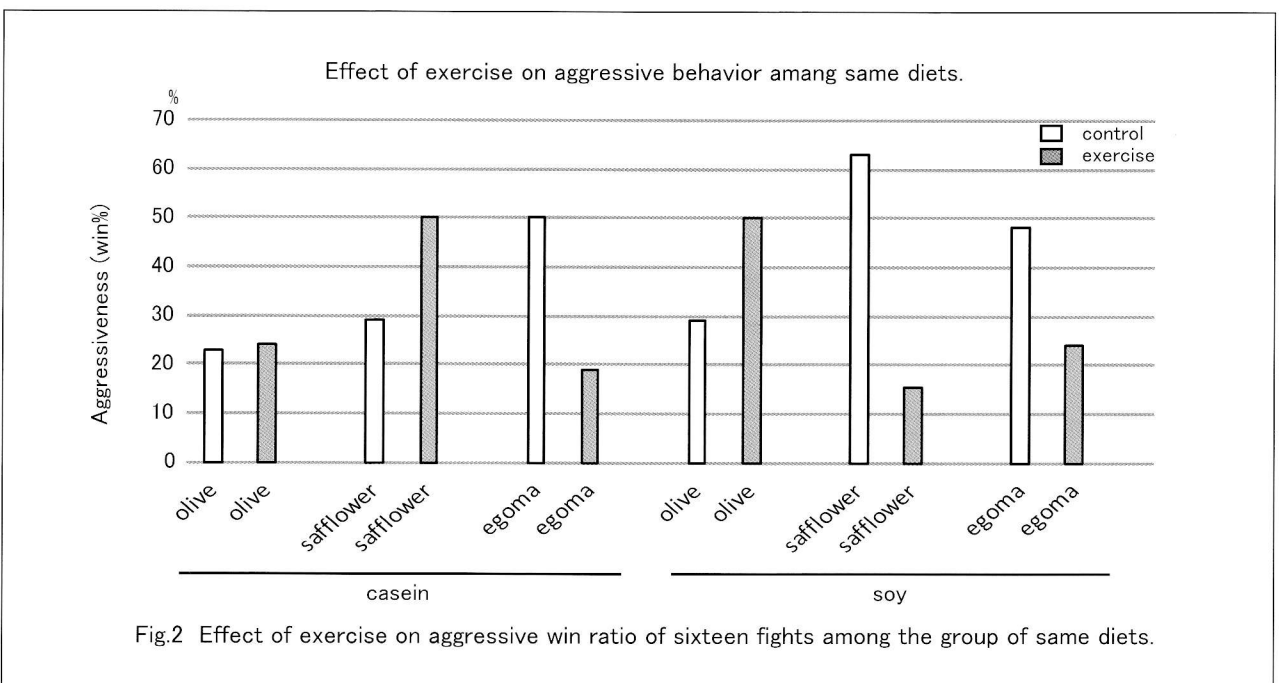
**結 果**

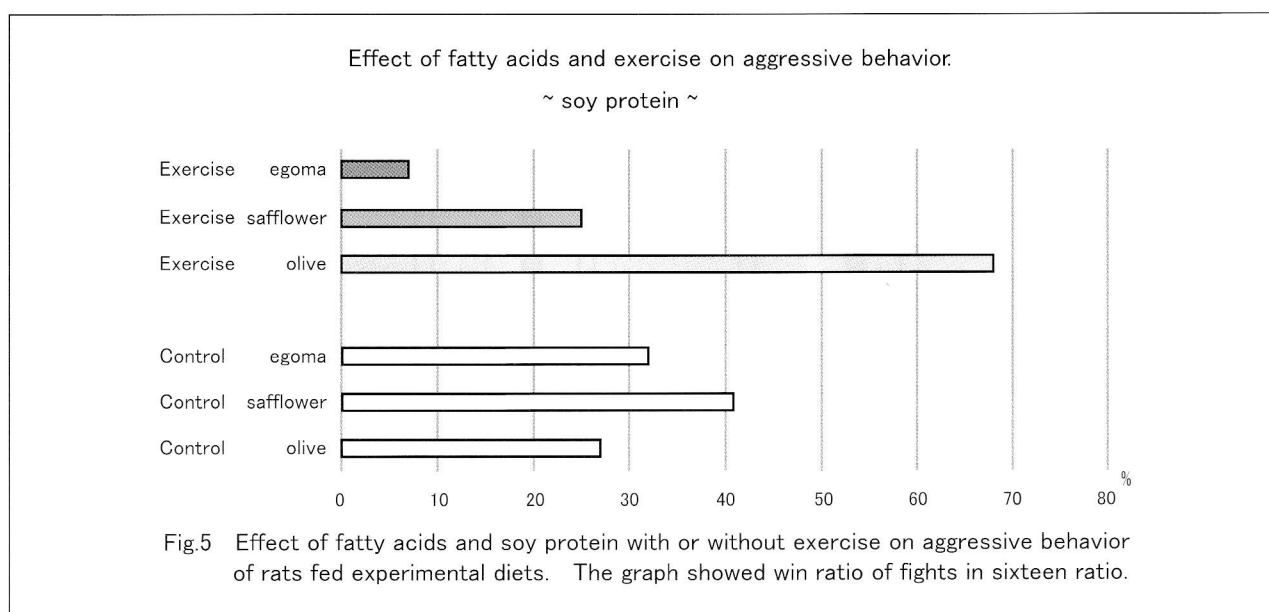
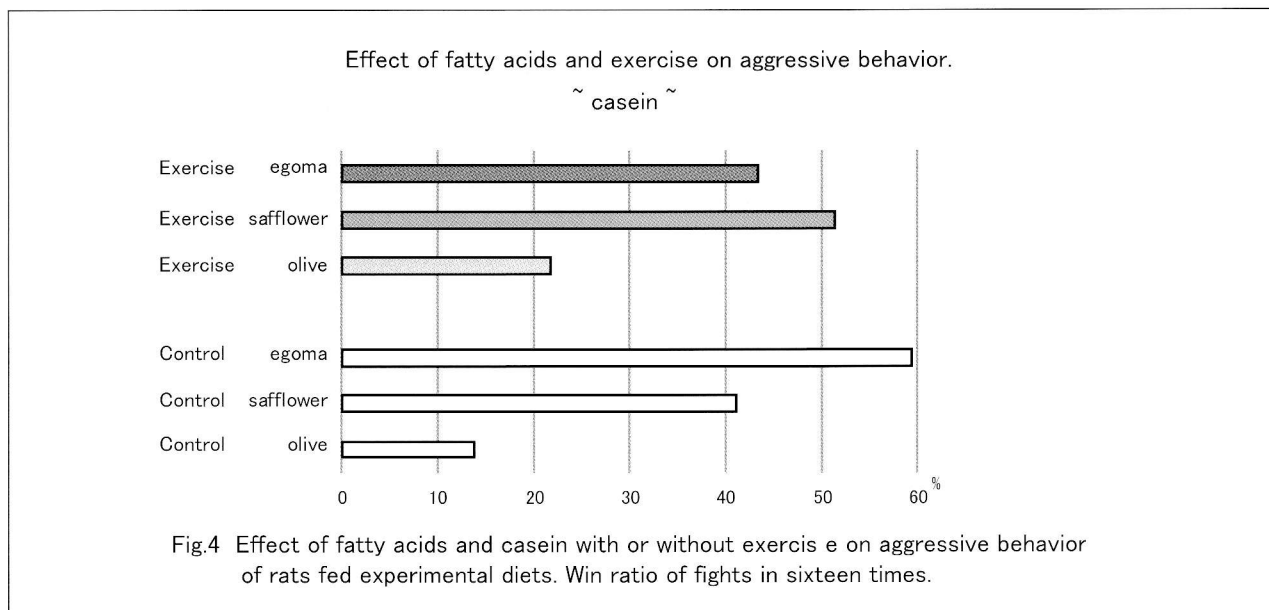
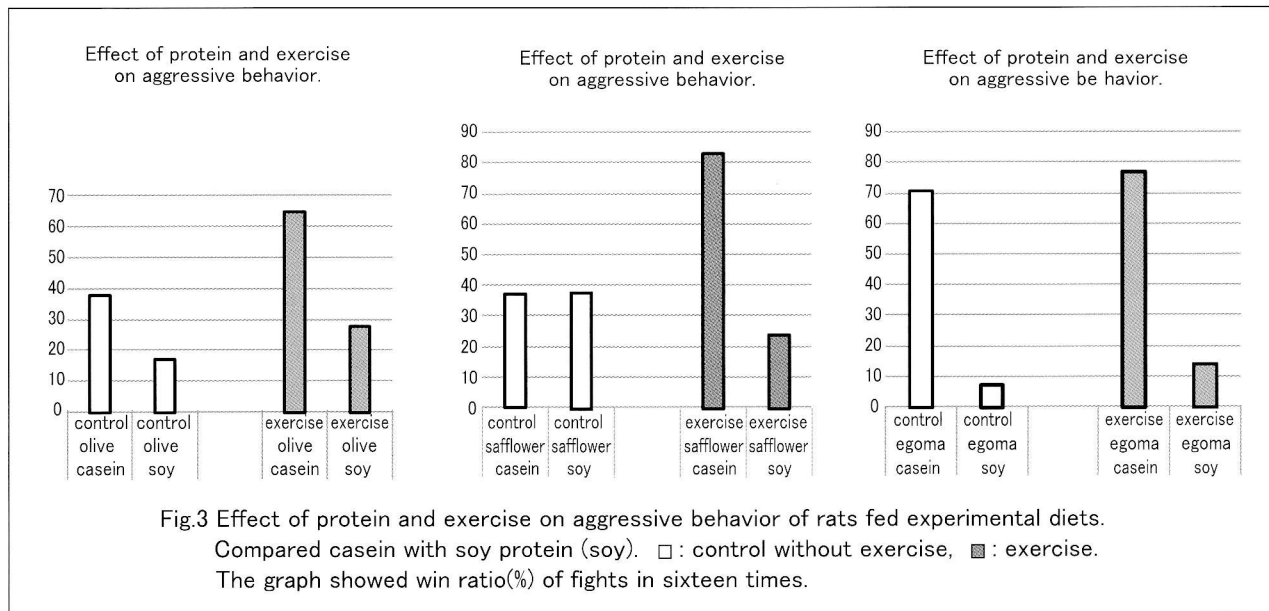
**同じ食餌群を運動負荷群 (exercise) と運動をしない群 (control) :** カゼインとオリーブ油の群では、運動の負荷の有無に関わらず攻撃行動に影響は認められなかった (Fig.2)。一方、大豆たんぱく質とオリーブ油の群では運動負荷の方がコントロールに比べて攻撃性は増加した。同様にカゼインと紅花油の群も運動負荷の方がコントロールより攻撃性が上昇した。対照

的にカゼインとエゴマ油、大豆と紅花油、大豆とエゴマ油では、コントロールの方が運動負荷より攻撃性は上昇した。

**同じ植物油における運動負荷の影響についてカゼインと大豆たんぱく質の比較：** オリーブ油とエゴマ油では、運動負荷とコントロールともにカゼイン群の方が大豆たんぱく質群に比べて攻撃性は高いのが認められた (Fig.3)。紅花油では、運動負荷はカゼインの方がコントロールに比べて攻撃性は高かったが、コントロールでは運動負荷の影響はみられなかった。

**同じたんぱく質の中で脂肪酸と運動負荷の影響：** カゼインでは、攻撃性に運動負荷の影響は全ての油で小さい傾向であった (Fig.4)。エゴマ油と紅花油に比べてオリーブ油の攻撃性は低いのが顕著であった。大豆たんぱく質では、オリーブ油が運動負荷でコントロールに比べて攻撃性が2倍以上に上昇したのが目立った (Fig.5)。対照的にエゴマ油の運動負荷はコントロールに比べて攻撃行動は3分の1以下の低さになったのが認められた。





## 考 察

魚介類に多く含まれる n-3 系脂肪酸は抗炎症作用・抗血栓作用や脳神経系の構成物質として機能しているが、更に様々な精神疾患への効力について研究されている<sup>6)</sup>。また、n-3 系脂肪酸は過激な攻撃的行動を抑制した<sup>1,7)</sup>。一方、たんぱく質はスポーツ栄養において筋肉たんぱく質合成におけるタイミングの報告がある<sup>1)</sup>。運動も不安行動の改善に効果があるとラットで報告されている<sup>8)</sup>。

本研究で行った攻撃行動は軽度であったので、過激行動というより積極性と考えられる。積極性は、カゼインの方が大豆たんぱく質より高いのが認められた。運動負荷の効果はカゼインの紅花油とオリーブ油で上昇したが、エゴマ油では極めて少ないのが示された。n-3 系脂肪酸と n-6 系脂肪酸については、双極性障害に関与している可能性も示唆されている<sup>9)</sup>。さらに、n-3 系脂肪酸の効力には食事以外の因子の関与が示唆されている<sup>10)</sup>。また、攻撃行動においてはドコサヘキサエン酸とビタミンやミネラルの関与<sup>11)</sup>や、ADHD とビタミンやミネラルの関与なども挙げられているが<sup>12)</sup> 詳細は未だ明らかでないので、今後の課題である。

## 結 論

この結果より、攻撃行動はたんぱく質と脂質の質の組合せによって運動の効果が変動して影響することが明らかとなった。

## 謝 辞

ラットの運動に使用したトレッドミルの作成にご協力くださいました倉津丈晴氏へ心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) Kerksick, C.M., Arent S., et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J.Int. Sports Nutr.* 14:33, 2017
- 2) Simon N., Kaplan J.R., et al. Increased aggressive behavior and decreased affiliative behavior in adult male

- monkeys after long-term consumption of diets rich in soy protein and isoflavones. *Horm Behav.* 45:278-284, 2004
- 3) 坂井恵子, 中尾礼奈, 須崎はるか, 大豆たんぱく質とオリーブオイルおよびエゴマ油がストレス負荷ラットの攻撃性に及ぼす影響. 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 16:7-12,2012
- 4) 坂井恵子, 久野知美 他, 脂質過剰食と糖質過剰食がダイエットの体重・身長変動と攻撃・不安行動に及ぼす影響. 鹿児島純心女子看護栄養学部紀要, 18:19-25, 2014
- 5) 坂井恵子, 福重琴子, 脂質過剰食のラットの自発運動と不安行動における動物性たんぱく質と植物性たんぱく質の比較. 20:26-31, 2016
- 6) Bozzatello P., Rosa M.L.D., et al., Effect of omega 3 fatty acids on main dimensions of psychopathology. *Int J Sci.* 21:6042, 2020
- 7) Choy O., Raine A., Omega-3 supplementation as a dietary intervention to reduce aggressive and antisocial behavior. 20:32, 2018
- 8) Mazur F.G., Oliveira L.F.G., Effects of physical exercise and social isolation on anxiety-related behaviors in two inbred rat strains. 142:70-78, 2017
- 9) Saunders E.F.H., Ramsden C.E., et al., Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids in bipolar disorder. *J Clin Psychiatry*, 77:e1301-e1308, 2016
- 10) Groot R.H.M., Emmett R., Non-dietary factors associated with n-3 long-chain PUFA levels in humans—a systematic literature review. *Br J Nutr.*, 121:793-808, 2019
- 11) Long S-J., Benton D., A double-blind trial of the effect of docosahexaenoic acid and vitamin and mineral supplementation on aggression, impulsivity, and stress. *Hum Psychopharmacol.* 28:238-248, 2013
- 12) Ruchlidge J., Eggleston M.J.F., Vitamin-mineral treatment improves aggression and emotional regulation in children with ADHD. *J.Child Psychol Psychiatry*, 2017

## Effect of the interaction of protein and fatty acids and exercise on aggressive behavior of rats fed experimental diets

Keiko Sakai, Misato Kuratsu, Sachi Enokida, Senri Sonoyama, Akari Terashi, Ruka Ann

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

**Key words:** aggressive behavior, casein, soy protein, exercise, n-6/n-3 fatty acids

### Abstract

The aim of this study was to clarify the interaction of nutrients and intense exercise on aggressive behavior of rats fed experimental diets.

**Method:** Sprague-Dawley rats were divided either casein or soy protein group with either olive oil or safflower oil or egoma oil. Further, each dietary group had both with (exercise) and without exercise (control) rats. The rats of each group fed the experimental diet as equal amount of calories a day for thirteen weeks. The exercise of rats were conducted by treadmill for rats twice a week for each five minutes.

**Result:** The group of casein and olive oil did not show any effect of exercise, but increased aggressiveness of soy protein with exercise. On the other hand, the group of casein and safflower oil showed the aggressive behavior higher than soy protein with exercise. Further, egoma oil with casein or soy showed extremely reduced aggressiveness with exercise. In this study, casein induced aggressive behavior higher in three fatty acids with exercise than soy protein.

**Conclusion:** The aggressive behavior increased by casein higher than soy protein with or without exercise. Moreover, the effect of exercise was varied from the quality of three kind of fatty acid.

---