研究成果紹介｜詳しい解説

お茶の水女子大学 ｜ ヒューマンライフサイエンス研究所

「何を食べるか」だけじゃない。食べ物の硬さと「はたらく脳細胞」

硬い食べ物を与えた群で、ストレス関連行動が変化。脳の免疫細胞「ミクログリア」に関する指標も増加

研究のポイント

- **食べ物の硬さが異なる条件で、ストレス関連行動に違いを発見。**硬いグミを与えたマウスでは、軟らかいグミを与えたマウスに比べて、電気刺激を受けた場所に戻したときに動きを止める「すくみ反応」が多くみられました。
- **脳の免疫細胞「ミクログリア」に関する指標が増加。**硬いグミを与えた群では、大脳皮質でミクログリアの指標である Iba-1 が、より強く、広い範囲で検出されました。
- **食べ物の硬さと脳の意外な接点。**ストレスに関連する行動に加えて、脳の免疫細胞や神経新生に関する指標にも違いが認められ、食べることと脳の関係を探る新たな手がかりが得られました。

概要

お茶の水女子大学ヒューマンライフサイエンス研究所の毛内拡助教らの研究グループは、食べ物の硬さが異なる条件で、ストレスに関連する行動と、脳の免疫細胞「ミクログリア」に関する指標に違いが認められることを明らかにしました。

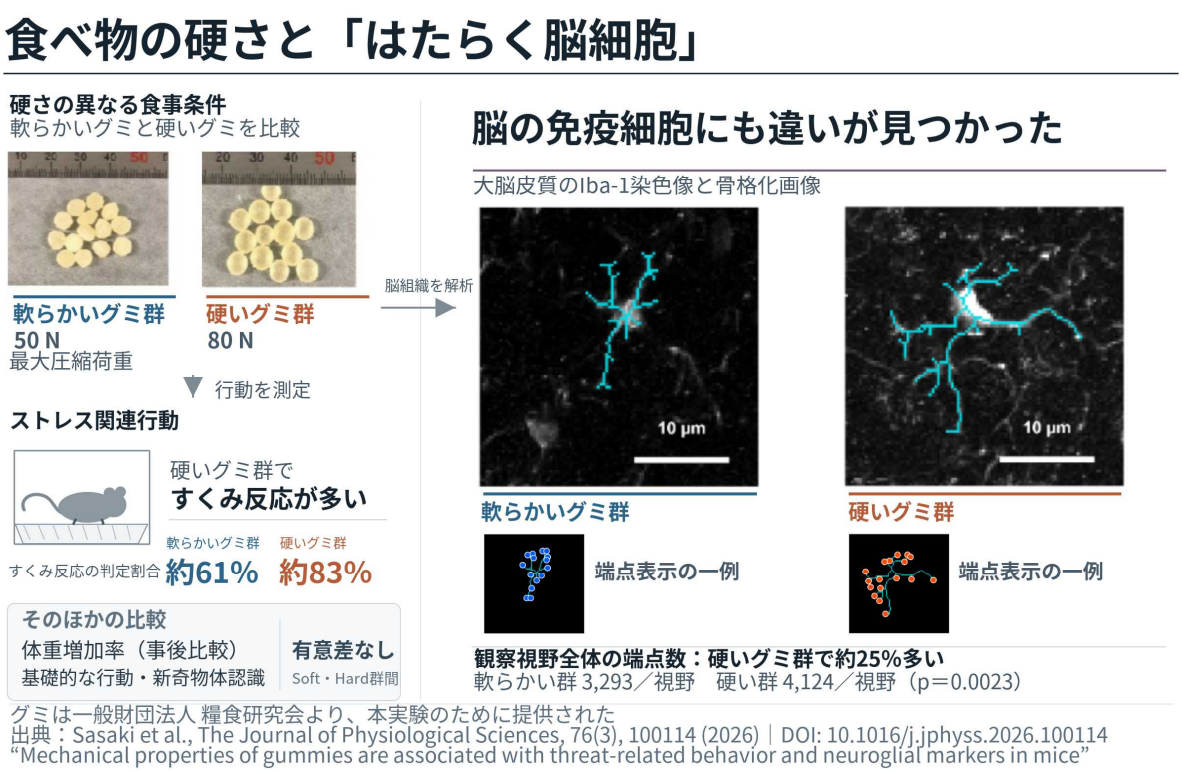
研究グループは、硬さの異なる 2 種類の研究用グミをマウスに与え、行動実験と脳組織の解析を行いました。その結果、硬いグミを与えた群では、軟らかいグミを与えた群に比べて、電気刺激を受けた場所に戻したときに、動きを止める「すくみ反応」が多くみられました。

さらに脳組織を調べたところ、硬いグミを与えた群では、大脳皮質でミクログリアに関する指標が増加していました。ミクログリアは、脳の免疫反応や環境の維持、神経回路の形成・再編など、多様な働きを担う細胞です。また、記憶や学習に関わる海馬では、新しい神経細胞が生まれる現象である「神経新生」に関連する指標も高くなっていました。

私たちは、食事と脳の関係を考えるとき、栄養成分に注目しがちです。しかし、食べることは、食べ物の硬さを感じ、顎を動かし、口から脳へ感覚情報を送り続ける活動でもあります。今回の成果は、食べ物の硬さという身近な物理的性質と、ストレスに関わる行動、そして脳内で働く細胞との意外な接点を示すものです。

本研究成果は、学術誌『The Journal of Physiological Sciences』の 2026 年 11 月発行の第 76 巻第 3 号（論文番号 100114）に掲載されます。

図 1　研究全体の概要



グミは一般財団法人 糧食研究会より、本実験のために提供された
出典：Sasaki et al., The Journal of Physiological Sciences, 76(3), 100114 (2026)｜DOI: 10.1016/j.jphyss.2026.100114
“Mechanical properties of gummies are associated with threat-related behavior and neuroglial markers in mice”

図 1　食べ物の硬さが異なる条件でみられたストレス関連行動とミクログリアに関する指標の違い
軟らかいグミ（最大圧縮荷重 50 N）と硬いグミ（80 N）を与えたマウスを比較した。硬いグミ群では、電気刺激を経験した環境に戻したときのすくみ反応が多く、大脳皮質の Iba-1 染色像から求めた観察視野全体の骨格化端点数も約 25%多かった。すくみ反応の割合は、5 分間の観察を 10 秒ごとに分け、それぞれの 10 秒間に 2 秒以上のすくみが確認された回数の割合である。右側の水色の線は Iba-1 染色画像から抽出した骨格化構造を示し、青色と橙色の点は線の端点の表示例を示す。端点数は、このように画像から抽出した線の先端を、観察視野全体で合計した値である。

研究の詳細

1. 研究の背景：食べることは、脳に情報を送ることでもある

私たちが食事をするとき、口の中ではさまざまなことが起きています。食べ物の味や温度、硬さを感じ、顎の筋肉を使って噛み、食べ物を飲み込みやすい状態へと変えていきます。この過程では、歯や口の中からの感覚情報が神経を通じて脳に伝わります。つまり、食事は栄養を摂取する行為であると同時に、脳が身体の状態を感じ取り、運動を調節する活動でもあります。

これまでの動物実験では、軟らかい食事や咀嚼（そしゃく）機能の低下が、記憶や学習に関わる海馬の働きと関連することが報告されてきました。また、ストレスを受けているときに物を噛むことが、ストレス反応や神経回路の働きに影響を及ぼす可能性も指摘されています。

しかし、食べ物の硬さ、噛む回数、顎にかかる力、口から脳に入る感覚情報などは互いに関係しており、それぞれが脳の働きにどのように関わるのかは、十分に解明されていません。そこで研究グループは、食べ物の「硬さ」という物理的な性質に着目し、ストレスに関連する行動や脳内の細胞との関係を調べました。

2. 研究成果①：硬さの異なる食事条件で、すくみ反応に違い

まず、研究グループは食べ物の硬さと行動との関係を調べました。成長期のマウスを、粉末飼料のみを与える群、粉末飼料に軟らかいグミを加える群、粉末飼料に硬いグミを加える群、通常の固形飼料を与える群の 4 つに分けて飼育しました。硬いグミと軟らかいグミは、栄養組成をできるだけ近づけながら、機械で押し縮めた際に必要な力が異なるように準備されました。硬いグミは 80 N、軟らかいグミは 50 N で、これら 2 群を中心に比較しました。なお、これらはグミ自体を圧縮したときの値であり、マウスが実際に噛む力を表すものではありません。

マウスの自発的な活動や、新奇物体認識試験での行動などを調べたほか、ストレスに関連する行動を調べるため、特定の実験箱で床の金属格子を通じて電気刺激を与え、その後、刺激を与えずに同じ箱へ戻して反応を観察しました。この実験で測定したのが「すくみ反応（フリージング）」です。動物が危険を感じたときなどに身体の動きを止める防御反応で、過去の経験と環境との結びつきを調べる際に用いられます。

その結果、硬いグミを与えた群では、軟らかいグミを与えた群よりも、すくみ反応が多くみられました。5 分間の観察映像を 10 秒ごとに分け、各 10 秒間に 2 秒以上のすくみ反応があれば「すくみ反応あり」と判定しました。その判定の割合は、軟らかいグミ群で約 61%、硬いグミ群で約 83%であり、統計的に有意な差が認められました。

一方、歩いた距離などの基礎的な行動や新奇物体認識試験では、硬いグミ群と軟らかいグミ群の間に統計的に有意な差は認められませんでした。体重増加率についても、4 群間の事後比較では有意な差は認められませんでした。

3. 研究成果②：脳の免疫細胞「ミクログリア」に関する指標が増加

次に、研究グループは脳の組織を詳しく調べました。私たちの脳には、情報を伝える神経細胞のほかにも、脳内環境を整えたり、神経回路を支えたりする、いわば「はたらく脳細胞」がいます。こうした細胞は「グリア細胞」と呼ばれ、その一つが脳の免疫を担う「ミクログリア」です。ミクログリアは、周囲の環境を監視し、異物や傷ついた細胞への対応、神経回路の維持・再編など、多様な働きを担っています。

研究グループは、脳組織を免疫染色し、大脳皮質でミクログリアの指標として用いられる「Iba-1」を調べました。その結果、硬いグミを与えた群では、軟らかいグミを与えた群よりも、Iba-1 が強く染まり、染色された範囲も広くなっていました。

ミクログリアは、細い突起を周囲に伸ばし、脳内の環境を監視することが知られています。そこで研究グループは、染色画像に見られる突起状の構造にも注目しました。画像解析によって細い構造を線状に表し、その端点数を調べたところ、硬いグミ群では、観察した範囲全体で検出される端点数が多くなっていました。この結果は、染色の強さや広がりだけでなく、画像上の細かな構造を捉えた解析にも違いが現れていることを示しています。

一方、別のグリア細胞であるアストロサイトについて、GFAP という指標を調べたところ、統計的に有意な差は認められませんでした。

4. 研究成果③：海馬の神経新生に関連する指標にも違い

最後に、研究グループは、記憶や学習に関わる海馬に注目しました。マウスの海馬には、生後も新しい神経細胞が生まれる領域があります。この現象は「神経新生」と呼ばれ、記憶や学習との関係が研究されています。

研究グループは、神経新生に関連する指標として、DCX（ダブルコルチン）を調べました。DCX は、新しく生まれて成熟へ向かう神経細胞に多くみられます。その結果、硬いグミを与えた群では、軟らかいグミを与えた群よりも、海馬の歯状回で DCX の染色が強く認められました。

5. 研究の意義：食べ物の硬さと、ストレス応答・脳の免疫系との意外な接点

今回の研究では、食べ物の硬さが異なる条件で、ストレスに関連する行動と、脳の神経細胞・グリア細胞に関する指標の双方に違いが認められました。特に興味深いのは、食べ物の硬さという口の中の身近な違いが、ストレスに関わる行動や、脳の免疫細胞という、一見離れた研究対象と結びついてきたことです。

すくみ反応には、過去の経験の記憶や危険に対する感受性、防御行動の現れ方などが関係しています。一方、ミクログリアは脳内の免疫反応に加え、神経回路の維持や再編にも関わっています。では、これらの現象はどのようにつながっているのでしょうか。

食べ物を噛む際に口から脳へ伝わる感覚情報が、神経回路やグリア細胞の働きと結びついているとすれば、食事は栄養摂取とは別の側面から脳の状態に関わっていることになります。食べ物の硬さを手がかりに、口からの感覚入力、脳内で働く細胞、ストレスに関連する行動を結ぶ仕組みを探ることが、今後の研究課題となります。

6. 今後の展望：「どう噛むか」から脳の仕組みを探る

食べ物を噛む際には、歯や顎からの感覚情報が三叉神経などを通じて脳に伝わります。こうした情報が、脳内の神経回路やグリア細胞にどのように作用するのかは、まだ十分にわかっていません。今後は、噛む際の顎の筋肉の活動や噛む力を直接測定し、口から脳へ伝わる感覚・運動情報との関係を調べることが重要です。

また、ミクログリアについては、個々の細胞の突起の長さや枝分かれ、機能的な状態を詳しく調べる必要があります。今回の画像解析では観察範囲全体の端点数に違いが見つかりましたが、それが個々の細胞の形態や機能の違いとどのように結びつくのかは、今後の課題です。

さらに、アストロサイトの関与にも注目しています。アストロサイトも、神経細胞の活動や脳内環境を調節し、ミクログリアとも相互作用する「はたらく脳細胞」の一つです。今回の研究ではアストロサイトの指標である GFAP に明確な差は認められませんでしたが、アストロサイトの活動や機能そのものを調べたわけではありません。今後は、アストロサイトの活動やミクログリアとの相互作用も含め、口から脳へ伝わる情報が、神経細胞とグリア細胞の協調した働きにどのように関わり、ストレスに関連する行動と結びつくのかを検討していきます。

今回の研究はマウスを用いた基礎研究です。実際の噛む力やグミの摂取量は測定しておらず、硬さ以外の条件も結果に関わった可能性があります。また、すくみ反応の増加だけで記憶力の向上を、ミクログリアの指標だけで炎症の増減を判断することはできません。

「何を食べるか」だけでなく、「どのように噛み、どのような刺激を脳へ送っているのか」。普段何気なく行っている食事という行為から、脳と身体をつなぐ新しい生物学の解明が期待されます。

論文情報

掲載誌：The Journal of Physiological Sciences

論文題名：Mechanical properties of gummies are associated with threat-related behavior and neuroglial markers in mice

著者：Haruka Sasaki, Minori Tajima, Ririka Morimoto, Chihiro Kobayashi, Yumi Miki, Yuka Hirota, Hiromu Monai

掲載情報：2026 年 11 月・第 76 巻第 3 号・論文番号 100114

原著論文：ScienceDirect 掲載ページ ｜ DOI：10.1016/j.jphyss.2026.100114

研究支援

本研究は、一般財団法人 糧食研究会の支援を受けて実施されました。研究用グミは同会より、本実験のために提供されました。

動物実験について

本研究は、お茶の水女子大学動物実験委員会の承認（承認番号：23007、24017、25007）のもと、大学の動物実験指針に従って実施しました。

用語解説

ミクログリア：脳の免疫反応や環境の監視、神経回路の維持などに関わるグリア細胞の一種。
Iba-1：ミクログリアに多くみられ、脳組織中のミクログリアを調べるための指標として使われる。
すくみ反応（フリージング）：動物が呼吸以外の身体運動を止める防御反応。恐怖条件づけなどの行動実験で測定される。
神経新生：脳の中で新たな神経細胞が生まれる現象。マウスの海馬などで起こることが知られている。
DCX（ダブルコルチン）：新しく生まれて成熟へ向かう神経細胞に多くみられる指標。
アストロサイト：神経細胞の活動や脳内環境を調節し、ほかの脳細胞とも相互作用するグリア細胞の一種。

研究内容に関するお問い合わせ

お茶の水女子大学 ヒューマンライフサイエンス研究所　毛内 拡（もうない ひろむ）助教
E-mail：monai.hiromu@ocha.ac.jp