

寒天ゲルを用いたラットでのテクスチャー識別試験

Texture Discrimination Test in Rats Using Agar Gel

若尾 拓俊^{1,2)}、中富 千尋¹⁾、徐 嘉鍵¹⁾、川元 龍夫²⁾、小野 堅太郎¹⁾

¹⁾九州歯科大学 生理学分野 ²⁾九州歯科大学 顎口腔機能矯正学分野

Takutoshi Wakao^{1, 2)}、Chihiro Nakatomi¹⁾、Chia-Chien Hsu¹⁾、Tatsuo Kawamoto²⁾、Kentaro Ono¹⁾

¹⁾ Division of Physiology, Department of Health promotion, Kyushu Dental University

²⁾ Division of Orofacial Functions and Orthodontics, Department of Health Promotion, Kyushu Dental University

E-mail address: r20nakatomi@fa.kyu-dent.ac.jp(C.Nakatomi)

1. はじめに

食品の美味しさには、味覚や視覚、聴覚、嗅覚だけではなく、触圧覚による食感も重要な要素となる。また食品物性の違いにより咀嚼回数が調節されることや、嚥下に適した食塊物性があることから食感は円滑な咀嚼嚥下に重要であるとされている^{[1], [2], [3]}。

しかし、口腔内で食品からの機械的刺激を受容する受容器や、刺激情報を中枢へ伝える伝導路といったメカニズムはほとんど明らかにされていない。メカニズムの解明には動物実験系の確立が必要である。これまで食感認知に関する動物実験系の確立にはペレットを用いたラットの硬さ認知やセルロース粒子を用いたラットの粒子性認知、カルボキシメチルセルロースを用いたラットの粘性認知の研究が報告されている。しかし、試験食材に味や匂いなども含まれるため食感のみの評価をするのが困難であることから他の食感についての動物実験系の確立が行われていない。そこでラットが寒天ゲルなどの粘弾性体のもつ弾力性を認知し識別できるのか明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2. 1 材料

市販の寒天粉末(かんてんクック®)と蒸留水を用いて2種類のゲル(1.0%、3.0%)を作成した。また、寒天ゲルを濾してペースト(1.0%、3.0%)を作成した(下図)。



図 試験食材(寒天)

2. 2 使用動物

雄性 Wistar ラットを使用(体重 350~400 g, CLEA Japan, Inc., Tokyo, Japan)を使用した。ラットは透明なケージで、特定病原体フリー環境下で飼育され、12時間の明暗サイクル(21~23°Cおよび40~60%の温度・湿度制御環境下)で、実験時以外は飼料と水が自由に与えられた。すべての動物行動実験は九州歯科大学の動物実験委員会により承認され(承認番号: 23-004)、米国国立衛生研究所(NIH)のガイドライン(「実験動物の管理と使用に関するガイド」)に従って実施した。ラットの数、統計解析に必要な最小限に基づいて決定した。

2. 3 物性測定試験

ゲル食材の物理的特性の差をみるためにクリープメーター(山電 RE2-33005C)を用いて圧縮破断試験を行い、応力ひずみ曲線を算出した。測定条件として、楔型のプランジャーを使用し、10 mm/s の圧縮速度、20 N を最大荷重とし、圧縮率をサンプル高 70%となるように設定して(室温 23°C)で測定を行った。得られた応力ひずみ曲線から、破断応力(kPa)、破断エネルギー(kJ/m³)、初期弾性係数(kPa)、後期弾性係数(kPa)を算出した。

2. 4 条件付け嫌悪学習試験

動物実験中はガラス容器を使用した。ガラス容器はケージ底部の木片上のプラスチック製のこに置き、容器にはステンレス製キャップをかけ、ラットが通常食にアクセスできるようになっている。ラットは実験条件で1週間慣らした。条件付けの日にはラットにゲルもしくはペーストを10分間条件刺激(CS: Conditioned Stimulus)として与えた。十分な摂取量を確認後、条件付け群には内臓不快感を誘発するために塩化リチウム(LiCl)(0.15 M in saline, 2 ml/100 g body weight; Nakarai Tesque, Kyoto, Japan)を腹腔内投与した。Vehicle 群には同量の生理食塩水を投与した。投与1時間後、ケージに水と食物を戻した。条件付け後、ラットには通常食を提示した。条件付けの3日後、条件刺激として与えたゲルまたはペ

ーストと、条件刺激とは別の濃度のゲルまたはペーストの 2 つをガラス容器の中に入れ 30 分間呈示する 2 瓶選択嗜好試験をした。試験前のガラス容器の重量から試験後の重量を差し引き、摂取量を測定した。嗜好比は、CS として与えたゲルまたはペーストの摂取量を総摂取量で割って算出した（下図）。

2. 5 統計解析

解析には GraphPad Prism ソフトウェア（GraphPad Prism® 6 for Windows、バージョン 6.07）を使用した。データは平均±標準誤差で示し、n は試験したラットの数を示す。得られた嗜好比および総摂取量は Student's t 検定を使用して、2 つの異なるグループを比較した。有意水準 P 値は 0.05 未満とした。

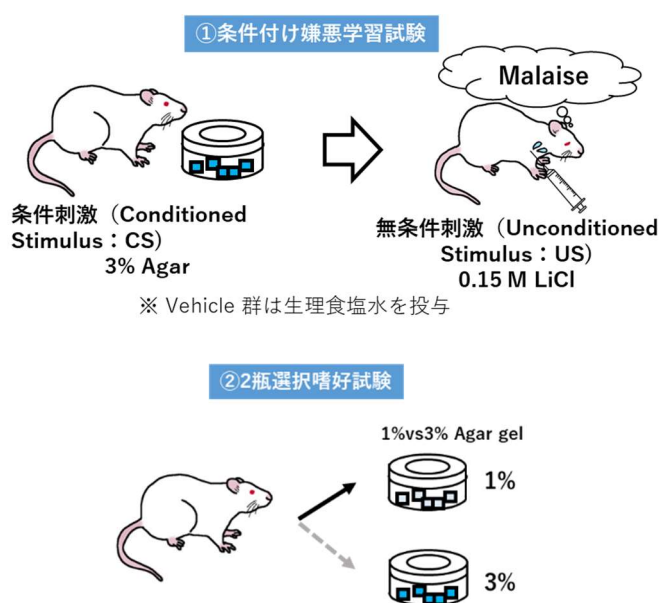


図 条件付け嫌悪学習試験

3. 結果と考察

3. 1 物性測定結果

作成したゲルの圧縮破断試験を行った結果、破断応力、破断エネルギー、初期弾性係数、後期弾性係数において濃度依存的に値が大きくなることが分かった。

3. 2 条件付け嫌悪学習試験結果

次に条件付け嫌悪学習試験を行った。条件刺激 (CS) として与えた試験食材と同じ物性を用いた場合、Vehicle 群と比べて LiCl 群で嗜好比が有意に低い値を示した。一方、CS とは異なる物性を 2 瓶選択嗜好試験で用いた場合には、Vehicle 群と LiCl 群の嗜好比に差はなかった。

これらの結果からラットがゲルの物性を認知している可能性が示唆された。

4. おわりに

今回の結果では、ラットが寒天ゲルの物性を認知している可能性が示唆されたが、寒天の化学成分に対する認知が生じた可能性は否定できない。今後は化学成分の異なる材料でできたゲルを用いた検討などを行っていく必要がある。

ラットを用いたゲルテクスチャー認知評価が可能となれば、末梢でのゲルからの機械的刺激の受容および認知に必要な受容体分子および神経生理学的メカニズムを解析できるようになると期待される。

参考文献

- [1] S. Wada, T. Goto, K. Fujimoto, M. Watanabe, K. Nagao, A. Nakamichi, T. Ichikawa, Changes in food bolus texture during mastication, J. Texture Stud. 48 (2017) 171–177, <https://doi.org/10.1111/jtxs.12228>.
- [2] M. Stading, Bolus rheology of texture-modified food: Effect of degree of modification, J. Texture Stud. 52 (2021) 540–551, <https://doi.org/10.1111/jtxs.12598>.
- [3] A.M. Pedersen, A. Bardow, S.B. Jensen, B. Nauntofte, Saliva and gastrointestinal functions of taste, mastication, swallowing and digestion, Oral Dis 8 (2002) 117–129, <https://doi.org/10.1034/j.1601-0825.2002.02851.x>.