

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：32809

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00829

研究課題名(和文) 脳神経活動に対する、食事による口腔内への圧刺激の意義の検証

研究課題名(英文) Effect of food texture on brain activity

研究代表者

小城 明子 (KOJO, Akiko)

東京医療保健大学・医療保健学部・教授

研究者番号：30412927

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：食品摂取による口腔内刺激の種類・程度・量が脳活動へ及ぼす影響を調査し、フードテクスチャーの意義を明らかにするとともに、喫食者が個々に有する口腔機能と脳活動への影響との関連を明らかにすることを目的とした。歯根膜への圧刺激および舌-口蓋間の圧刺激のいずれにおいても、程度を問わず、脳神経活動の賦活化を確認することができた。特に、若年者においては、中高年に比べ歯根膜への圧刺激による効果は大きかった。最大舌圧が低い者ほど、口腔内への圧刺激による脳神経活動の賦活化がみられ、フードテクスチャーの機能的意義を確認できた。刺激量の違いによる効果の違いは確認され、これらについての検証が課題として残った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日常の食事摂取において口腔内で受ける圧刺激が、その種類や程度を問わず、情報処理速度や注意の集中(正確性)といった注意機能の向上に寄与すること、口腔機能が低下している者ほどその効果が期待できることを明らかにすることができた。本研究で指標とした注意機能の評価指標は前頭葉機能を反映する。日常の食事摂取による認知機能の維持や認知症予防への貢献が期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to examine the differences in the effect on brain activity by consuming food of different textures and to clarify the relation between individual oral function and brain activity.

It was confirmed that performance function was improved by both pressure stimulation on the periodontal ligament and pressure stimulation between the tongue and the palate. Especially in young healthy adults, the effect of pressure stimulation on the periodontal ligament was greater than in middle-aged and elder people. Those with lower maximum tongue pressure showed improved attentional function due to pressure stimulation in the oral cavity. The functional significance of food texture was confirmed.

研究分野：摂食嚥下リハビリテーション

キーワード：嚥下調整食 テクスチャー 咀嚼 口腔内刺激 脳神経活動

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

食事を摂取することにより口腔内で受ける刺激には、味覚刺激や冷熱刺激、食感(フードテクスチャー)による圧刺激などがあり、いずれも食べ物の“味わい”を決定づける主要素である。このうち、フードテクスチャーによる口腔内への圧刺激が脳機能回路を賦活化することが着目され、テクスチャーが有する健康維持と増進に関わる機能が強く期待されている。食品を構成している成分の物理的構造や物理的性質(物性)を示すテクスチャーは、食べ物の二次機能(図1)である感覚・嗜好機能、すなわち“味わい”に深く関わっている。“味わい”は、テクスチャー情報に加え、外観(色・外観)、香り・味の情報が、脳の一次感覚野に連合入力し、さらに皮質連合野で複合的に絡み合った認知プロセスを経て発現する。テクスチャー情報が“味わい”の評価に占める割合は他の情報に比べ大きく(図2)<sup>1)</sup>、さらにその嗜好は味覚に比べ個人差が小さいため、テクスチャーの嗜好評価は調理学や食品工業など食品を扱う分野においてきわめて重要視されている。

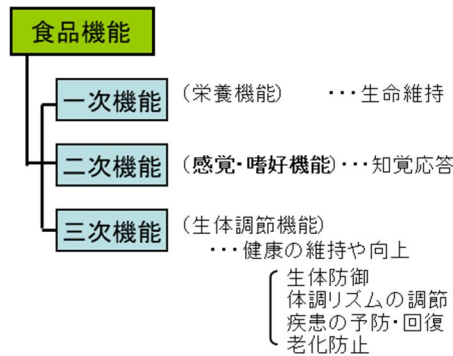


図1 食品の基本機能

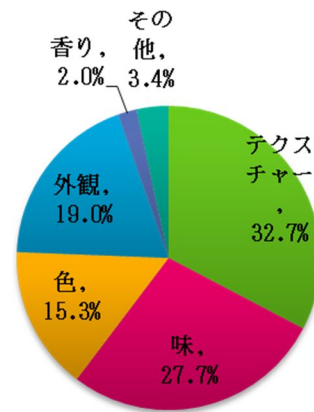


図2 おいしさに関する特性

さらに、近年、口腔内刺激が脳機能回路を賦活化することが明らかにされつつあり、食品の物理的性質(主にテクスチャー)および化学的性質(主に味)に対する知覚応答が食品の二次機能だけでなく、二次機能を通して三次機能へも関与していると期待されている。代表者らの研究グループは、アルツハイマー・モデルラットを用いた研究を行い、ラットに軟らかい飼料を持続的に摂取させると、意欲に関する海馬のドーパミン作用が減弱し認知障害が進行することを見出した<sup>2)</sup>。また、若齢マウスを用いた研究では、摂取時に歯根膜への圧刺激がない粉体飼料を摂取させると、ストレスに対応する自律神経系の高次中枢である間脳および、短期記憶を担いストレスによりその短期記憶能力が低下する海馬への負荷が認められることを明らかにした<sup>3)</sup>。さらに、ヒト(健康者)においては、摂取時に舌 - 口蓋間あるいは歯根膜への圧刺激が加わる食事の後には短期記憶力が向上し、圧刺激がほとんどない液状の食事の後には短期記憶力の変化は認められないことを示し<sup>4)</sup>、テクスチャーと高次脳のクロストークが明らかになった。

### 2. 研究の目的

本研究では、食品としての“味わい”と“脳機能回路の賦活化”の両方を満たすことのできる口腔内への圧刺激を、個々が有する口腔機能を踏まえた歯科的アプローチにより見出すこととした。そして、日常の食事におけるフードテクスチャーの機能的意義を考察した。

### 3. 研究の方法

#### (1) プロトコール

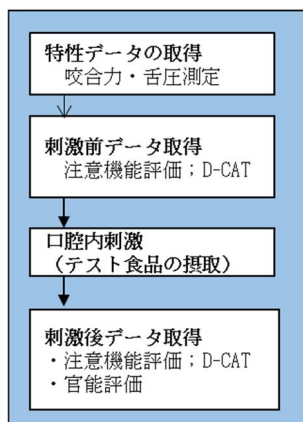


図3 プロトコール

図3のプロトコールにより、データを取得した。各対象者とも3ないし4種のテスト食品を、ランダムな順に異なる日に摂取し、その摂取前後の脳神経活動を評価した。

対象者は、摂取および脳神経活動への影響を除外するため、下記を要件とした。

- ・口腔内に痛みや自覚する症状がなく、日常、普通に食事を摂取し、摂食に関し自覚する問題がないこと。
- ・歯科治療中ではないこと。
- ・日常の食事摂取時に上顎総義歯を使用していないこと。

データ取得に先立ち、特性データとして、咬合力および舌圧を測定した。咬合力は、オクルーザルフォースメーターGM10(長野計器株式会社)にて、第一大臼歯部の咬合力を、左右交互にそれぞれ2回測定し、最大値を最大咬合力とした。舌圧は、JMS舌圧測定器(株式会社ジェイ・エム・エス)にて、1回の練習の後に3回測定し、平均値を最大舌圧とした。

いずれのデータ取得日も、前日および当日には普段と極端に異なった生活をしないこと、水以外の飲食や口腔ケアはデータ取得の2時間前まで済ませることを依頼した。

脳神経活動は、digital cancellation test(以下、「D-CAT」)を指標とした。D-CATは、注意機能を評価する標準化されたツールである。実施要領に従い、第一施行から第三施行までの3種の検査を実施し、評価に供した。評価指標には、情報処理速度を反映する「作業量」と、注意の集中(正確性)を反映する「見落とし率」があり、それぞれ第一施行、第三施行、3施行の平均値を求めた。また、{「作業量」×(1-「見落とし率」)}から「得点」を算出した。「作業量」および「得点」は高いほうが、「見落とし率」は低いほうが、注意機能が高い、すなわち脳神経活動がより賦活化された状態であることを意味する。個人差を考慮し、摂取前後比較およびテスト食品間を比較した。

## (2) テスト食品

テスト食品は、同一食品から調整した物性の異なるものとした。本目的を達成するために、圧刺激の種類・程度が異なる複数種類を用いた。圧刺激の種類は、舌で押しつぶした際の刺激である舌-口蓋間への圧刺激および咀嚼による歯根膜への圧刺激の2種類とした。また刺激の程度は、咀嚼力の低下に対応した市販食品であるユニバーサルデザインフード(以下、「UDF」)の規格および日本摂食嚥下リハビリテーション学会の嚥下調製食分類2013(「学会分類」)のとろみの段階に準じ、調整した。テスト食品の一覧を表1に示した。いずれも摂取はスプーンを介してとした。

表1 テスト食品の一覧

	摂食行為	調製方法	備考
HJ1	かむ	寒天2.5%(w/w)・1.5cm角	UDF「容易にかめる」区分
HJ2	かむ	ゼラチン5%(w/w)・1.5cm角	UDF「容易にかめる」区分
SJ	舌で押しつぶす	ゼラチン1.5%(w/w)	UDF「容易につぶせる」区分
T	飲む	とろみ調整食品1%(w/w)	学会分類「うすいとろみ」
L	飲む	-	-
M	かむ、飲む	HJ2とTの組み合わせ	
C	- (口に運ばまね)	-	-

## 4. 研究成果

### (1) 若年女性における効果

対象：健康成人女性6名(21.7±0.8歳、最大舌圧31.9±7.3 kPa、最大咬合力0.336±0.127 kN)

テスト食品：HJ1、SJ、L スポーツドリンク粉末から調整

テスト食品の摂取により、D-CAT値に有意な変化がみられたのはSJとLのみであり、いずれも摂取前に比べ摂取後の第一施行・得点が高かった。また、Lにおいては、第一施行・作業量も有意な高値を示した。摂取後のD-CAT値を摂取前値で調整し、テスト食品間で比較した結果、第一施行・作業量のLとHJ1間で有意差が認められ、HJ1のほうが低値を示した。また、第一施行において口腔機能との関連が見られたのは、SJによる作業量の変化量であり、最大舌圧および最大咬合力との間に負の相関関係が認められた(順に、 $r=-0.748$ 、 $r=-0.801$ )。

テスト食品の摂取による口腔内刺激の注意機能の向上は、咀嚼を要するHJ1の摂取、すなわち歯根膜への圧刺激ではみられなかった。SJおよびLの摂取、すなわち舌-口蓋間への圧刺激では、その程度にかかわらず、注意機能の向上を確認できた。さらに、舌-口蓋間への比較的強い圧刺激による効果は口腔機能と負の関連があり、最大舌圧や最大咬合力が低い対象者において、より高い注意機能向上効果が得られた。

### (2) 中高年における効果

対象：50歳以上の健康成人21名(女性11名・男性10名)

(69.1±6.9歳、最大舌圧28.9±9.5 kPa、最大咬合力0.368±0.178 kN)

テスト食品：HJ2、SJ、T 微糖紅茶飲料から調整

口腔機能および脳神経活動に幅があると考えられる中高年を対象とした。

いずれのテスト食品においても、摂取によりD-CAT値に有意な変化が見られ、摂取前に比べ摂取後の第三施行および平均の作業量および得点は高値を示した。第一施行の作業量および得点については、Tのみで有意な変化がみられた。摂取後のD-CAT値を摂取前値で調整し、テスト食品間で比較した結果、平均・作業量のTとHJ2間で有意差が認められ、HJ2のほうが低値を示した。口腔機能との関連がみられたのは、第三施行・見落とし率の変化量であり、最大舌圧と負の相関関係が認められた( $r=-0.518$ )。

いずれのテスト食品においても摂取による口腔内刺激の注意機能向上へ効果は認められたが、平均・作業量においては、咀嚼を要するHJ2の摂取、すなわち歯根膜への圧刺激ではその効果が

有意に低かった。また、舌 - 口蓋間への圧刺激による効果は、最大舌圧が低い対象者ほど、注意の集中（正確性）が低下しており、口腔機能との関係が示唆された。

### (3) 若年者と中高年者の比較

対象：(2)の対象者 21 名および

若年健康成人 23 名（女性、 $21.5 \pm 1.3$  歳、最大舌圧  $34.1 \pm 8.8$  kPa、最大咬合力  $0.415 \pm 0.149$  kN）

テスト食品：HJ2、SJ、T 微糖紅茶飲料から調整

(1)項および(2)項の調査において、口腔機能と口腔内刺激による注意機能の向上効果との関係が異なったことから、本項の調査を実施した。

若年者群においても、中高年者群と同様に、すべてのテスト食品の摂取により、D-CAT 値に有意な変化が認められ、注意機能の向上がみられた。摂取後の D-CAT-値を摂取前値で調整し、テスト食品間で比較した結果、第一施行・作業量および見落とし率の HJ2 と SJ 間に有意差が認められ、HJ2 のほうが高値を示した。口腔機能との関連はみられなかった。なお、口腔機能は、若年者群と中高年者群とで有意差は認められなかった。

若年者群と中高年者群とで、テスト食品別に摂取による変化量を比較したところ、T の第三施行・作業量および得点においては中高年者群が有意に高く、HJ2 の第一および平均の作業量および得点においては若年者群が有意に高い値を示した。

注意機能は、両群とも歯根膜への圧刺激および舌 - 口蓋間の圧刺激においても、向上した。しかし、若年者群では、歯根膜への圧刺激のほうが注意機能の向上効果が有意に高く、中高年者群よりもその効果は高かった。一方、中高年者群では、舌 - 口蓋間の弱い圧刺激による注意機能の向上効果が有意に高く、両群間で異なる結果が得られた。

### (4) 性別・口腔機能の影響

対象：20 歳代の健康成人 19 名（平均年齢 21.2 歳）

男性 8 名（最大舌圧  $41.3 \pm 8.4$  kPa、最大咬合力  $0.570 \pm 0.145$  kN）

女性 11 名（最大舌圧  $31.8 \pm 9.5$  kPa、最大咬合力  $0.362 \pm 0.207$  kN）

テスト食品：HJ2、T、M、C 微糖紅茶飲料から調整

(3)項の調査にて、年齢区分間の比較を行ったが、性別を統一することができなかつたため、若年者における性差を調査する目的で、本項の調査を実施した。

口腔機能は男性が女性に比べ高く、有意差が認められた。

C を除いたテスト食品の摂取により、D-CAT 値に有意な変化が認められ、いずれも注意機能の向上がみられた。摂取後の D-CAT-値を摂取前値で調整し、テスト食品間で比較した結果、第一施行・作業量および得点とも、HJ2、T、M、C の順で高く、HJ2 と C、HJ2 と M の間に有意差が認められた。男女に分けて解析すると、男性のみで有意差がみられた。第三施行では、試料間に有意な差は認められず、性別に分けても同様であった。男女比較をすると、すべての項目で HJ2 摂取後の値は、男性が高く、女性に比べ有意であった。

第一施行・作業量および得点のテスト食品摂取後の[増加]に、テスト食品の種類のほか、対象者の特性（性別、最大咬合力、最大舌圧）が影響を及ぼしているか解析をしたところ、作業量の[増加]には、性別、最大舌圧が関連しており、男性が、最大舌圧が低いほうが[増加]していた。一方、得点の[増加]にはテスト食品 HJ2 が関連しており、性別や口腔機能は関連していなかった。

注意機能は、歯根膜への圧刺激および舌 - 口蓋間の圧刺激においても向上したが、特に歯根膜への圧刺激のみにおいて、より高い効果がみられた。情報処理速度を反映する注意機能の向上には、性別と最大舌圧が関連しており、男性のほうが、最大舌圧が低いほうが、口腔内刺激による向上効果がみられた。一方、情報処理速度だけでなく、注意の集中（正確性）と合わせた注意機能の向上には、対象者の特性にはよらず、歯根膜への圧刺激が関連していた。

### (5) まとめ

歯根膜への圧刺激および舌 - 口蓋間の圧刺激のいずれにおいても、脳神経活動の賦活化を確認することができた。最大舌圧が低い者ほど、口腔内への圧刺激による脳神経活動の賦活化がみられ、フードテクスチャーの機能的意義を確認できた。一方、テスト食品 HJ1 および M においては、これらの効果がみられなかった。HJ1 はゲル化剤として寒天を使用しており、そのためもろい物性となり、HJ2 に比べると咀嚼回数は少ない。また M も HJ2 に比べ歯根膜への圧刺激および舌 - 口蓋間の圧刺激はそれぞれ半分となる。これらの刺激量の違いにより、効果が得られなかった可能性がある。これらについての検証が、課題として残った。

### < 引用文献 >

Szczesniak et al., Food Technol, 17:24, 1963

Kushida et al., Neuroscience Letters, 439:208-211, 2008

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書（課題番号 21500765）, 2014



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 栗岡優希、尾崎哲則、山田恒代、牟田真理子、柳沢幸江、小川万紀子	4. 巻 29
2. 論文標題 咀嚼・咬合状況と食品別摂取量との関連についての検討～若年者を対象として～	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本咀嚼学会雑誌	6. 最初と最後の頁 8-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柳沢幸江、小谷哲司、淡嶋恭子、杉山洋	4. 巻 58
2. 論文標題 プチプチ食感による咀嚼誘発性の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 和洋女子大学紀要	6. 最初と最後の頁 119-128
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 2件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 今泉 一哉、新井 慎司、小城 明子
2. 発表標題 口腔内での圧力測定を用いた嚥下調整食の評価の試み
3. 学会等名 LIFE2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内由里、小城明子、細田明美、柳沢幸江
2. 発表標題 嚥む、舌でつぶす、飲むの摂食行為は脳神経活動の活性化をもたらすか 第2報
3. 学会等名 第24回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳沢幸江, 竹内由里, 細田明美, 小城明子
2. 発表標題 嚙む, 舌でつぶす, 飲むの摂食行為は脳神経活動の活性化をもたらすか 第3報 若年群と中・高年群の比較
3. 学会等名 日本咀嚼学会第29回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳沢幸江
2. 発表標題 健康寿命の延伸を目指した咀嚼の観点からの食事の在り方
3. 学会等名 第28回日本病態生理学会 教育シンポジウム講演 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内由里, 小城明子, 細田明美, 柳沢幸江
2. 発表標題 嚙む, 舌でつぶす, 飲むの摂食行為は脳神経活動の活性化をもたらすか
3. 学会等名 日本摂食嚙下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A.Kojo, Y. Takeuchi, A. Hosoda, Y. Yanagisawa
2. 発表標題 Effects of texture modified diets on brain activity
3. 学会等名 European Society for Swallowing Disorders Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹内由里, 小城明子, 細田明美, 柳沢幸江
2. 発表標題 嚙む, 舌でつぶす, 飲むの摂食行為は脳神経活動の活性化をもたらすか 第2報
3. 学会等名 日本摂食嚙下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳澤幸江
2. 発表標題 嚙む視点からみた高齢者の健康的な食事
3. 学会等名 第34回日本顎咬合学会学術大会 公開フォーラム(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小城明子, 竹内由里, 細田明美, 柳沢幸江
2. 発表標題 嚙下調整食の摂食行為により脳神経活動は活性化するか
3. 学会等名 第22回日本摂食嚙下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	竹内 由里  (TAKEUCHI Yuri)  (40534441)	松本歯科大学・歯学部附属病院・管理栄養士   (33602)	



## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	柳沢 幸江  (YANAGISAWA Yukie)  (60191160)	和洋女子大学・家政学部・教授    (32507)	
研究 分担者	細田 明美  (Hosoda Akemi)  (40449418)	東京医療保健大学・医療保健学部・講師    (32809)	
研究 分担者	今泉 一哉  (IMAIZUMI Kazuya)  (50454179)	東京医療保健大学・医療保健学部・教授    (32809)	