

<平成 30 年度助成>

食品テクスチャーの違いが咀嚼による脳活動 および自律神経活動に与える影響は健康の増進に寄与するか

大森 浩子・桐本 博章・小野 卓史

(東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科 咬合機能矯正学分野)

緒言

ヒトが生きていくうえで、「食べること」は重要であることは間違いない。「食べること」は、咀嚼・嚥下から始まり、消化・吸収に進むという一連の動作の流れによって成り立っている。咀嚼の際には、味、香りおよび食感は、味覚、嗅覚および触覚など様々な感覚が刺激され、上行性入力経路を介し中枢情報処理され、脳幹に存在するとされる、Central Pattern Generator によって発生した咀嚼運動を修飾することにより円滑に遂行される。この修飾機構へは、歯根膜機械受容器、咀嚼筋筋紡錘や顎関節機械受容器など末梢感覚器が関与している。食品を咀嚼した際の食感は、この歯根膜機械受容器が捉えており、硬さや弾力性などテクスチャーの違いを検出している。

咀嚼運動は、ストレス軽減作用や脳血流量増加作用など、顎口腔領域のみならず全身に影響を与えることが明らかになりつつある^{1,2)}。また、よく噛むことで成長期の高次脳機能の発達に影響する可能性あるというマウスを用いた研究報告もある³⁾。また、脳血流の制御には自律神経系が関与していることが近年報告されているが、咀嚼運動と自律神経系・脳活動の関連およびその機構には未だ不明な点が多い。

咀嚼運動時の自律神経活動と脳血流動態を同時に記録し、咀嚼運動と脳活動・自律神経活動の関連性、メカニズムを明らかにするとともに、異なる食感の食品を用いて測定・解析することにより、食品テクスチャーの違いによる咀嚼運動の脳血流動態および自律神経活動への影響を明らかにすることを目的とした。

対象および方法

対象：

個性正常咬合を有する者 7 名の右利きの成人男性を研究対象者とした。顎口腔領域の手術既往や顎関節症のある者、急性または慢性の負傷・全身性疾患にかかっている者、神経性疾患を有する者、薬を服用している者、喫煙者は除いた。対象者には、研究目的ならびに内容を充分説明し、同意を得た。本研究は、東京医科歯科大学倫理委員会の承認を受けて実施した (2019-11)。

測定：

測定は、室温約 26 度に保たれている静謐な環境で、対象者は座位にて、呼吸は自然に行ってもらった。測定の 2 時間前には食品、飲料の摂取を禁止した。

被験食品は、無味無臭ガム (株式会社モリタ、大阪)、寒天 (伊那食品工業株式会社、長野) を使用し、咀嚼順序はランダムとし、咀嚼運動は自由咀嚼とした。脳血流動態は、近赤外線分光法を用いた NIRS (OMM-3000、株式会社島津製作所) にて、前額部にホルダを装着、プローブを 3 cm 間隔に配置し、酸素化血流量 (OxyHb)、脱酸素化血流量 (Deoxy Hb)、全血流量 (Total Hb) を測定した。自律神経活動については、加速度脈波測定器 Pulse Analyzer Plus (TAS9、株式会社 YKC) を用いて心拍変動 (Heart Rate Variability ; HRV) を計測した。測定時間は、咀嚼前安静時の 5 分間、咀嚼中の 5 分間とし、測定前に 30 分座位にてリラックスしたのち測定を開始、咀嚼後は 20 分間休憩時間を設定した。

解析：

脳血流動態に関しては、先行研究⁴⁾に準じて前額部を6つのエリアに分割し(図1)、それぞれの前額部脳血流動態の計測値に対し、安静時、咀嚼中の差をZ変換を用いて変換した。自律神経活動は、心拍数(HR)の変動HRVの心拍間隔時系列の周波数解析を行い、交感神経および副交感神経の活動状態を解析した。装置の心拍測定範囲は40～199 bpm、心拍測定精度は±5%であり、高周波成分(0.15～0.50 Hz: high frequency; HFnorm)、と低周波成分(0.04～0.15 Hz: low frequency; LFnorm)を抽出することができる。自律神経活動の指標として、先行研究にならい、交感神経をLF/HF、LFnormを使用し、また自律神経活動安定バランスを心拍標準偏差(SDNN)を用いて評価した。

統計学的解析には、Mann-WhitneyのU検定を用い、安静時、咀嚼中の変化、被験食品間の比較検討を行った(p<0.05)。

結果

脳血流動態に関しては、OxyHbについて、ガム咀嚼と寒天咀嚼では有意差が認められた。寒天よりもガムの方が、前額部中央DM、VM、左側LVLにお

いて、有意に上昇した。その他のエリアでは有意差は認められなかった。

HRV測定において、自律神経活動の変化は、LFnorm、LF/HFは、有意な変化は認められなかったが、咀嚼中のHRは安静時と比較し、有意に上昇した(図2)。これは、ガム・寒天共に認められ、食品間の有意差は認められなかった。

考察

方法について

被験食品として、無味無臭のガム、寒天を用いた。これは、脳血流動態、自律神経活動への食品のテクスチャー以外の影響を除くため、無味・無臭であり、かつカロリーの無いものが適切と判断したからである。味覚や嗅覚の刺激により、脳活動は増加、自律神経活動については、交感神経活動が上昇すると言われているためである⁵⁾。咀嚼運動の条件として、咀嚼リズムを規定せず自由咀嚼とした。これは、咀嚼リズムを決めるための視覚刺激または聴覚刺激による脳血流動態、自律神経活動への影響を除くためである。脳活動、自律神経活動の評価方法として、それぞれ、脳血流動態、脈波の測定を用いた。これらは、ともに非侵襲的であり、ほぼリアルタイムに

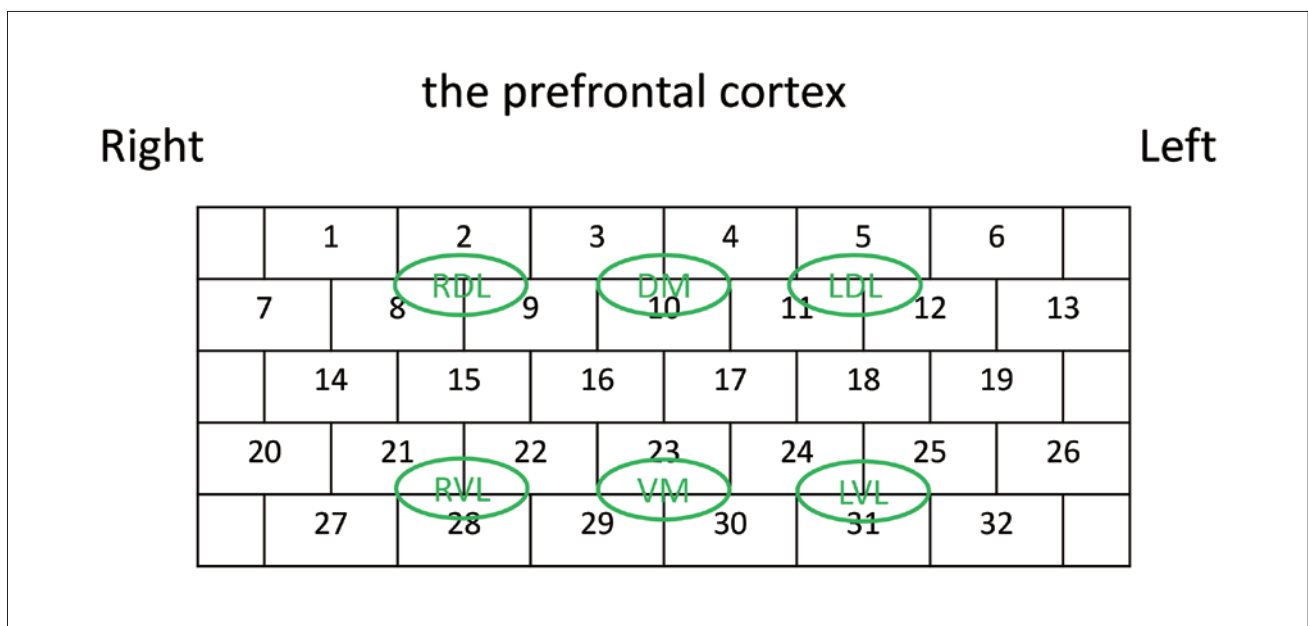


図1 前額部チャンネル配置図

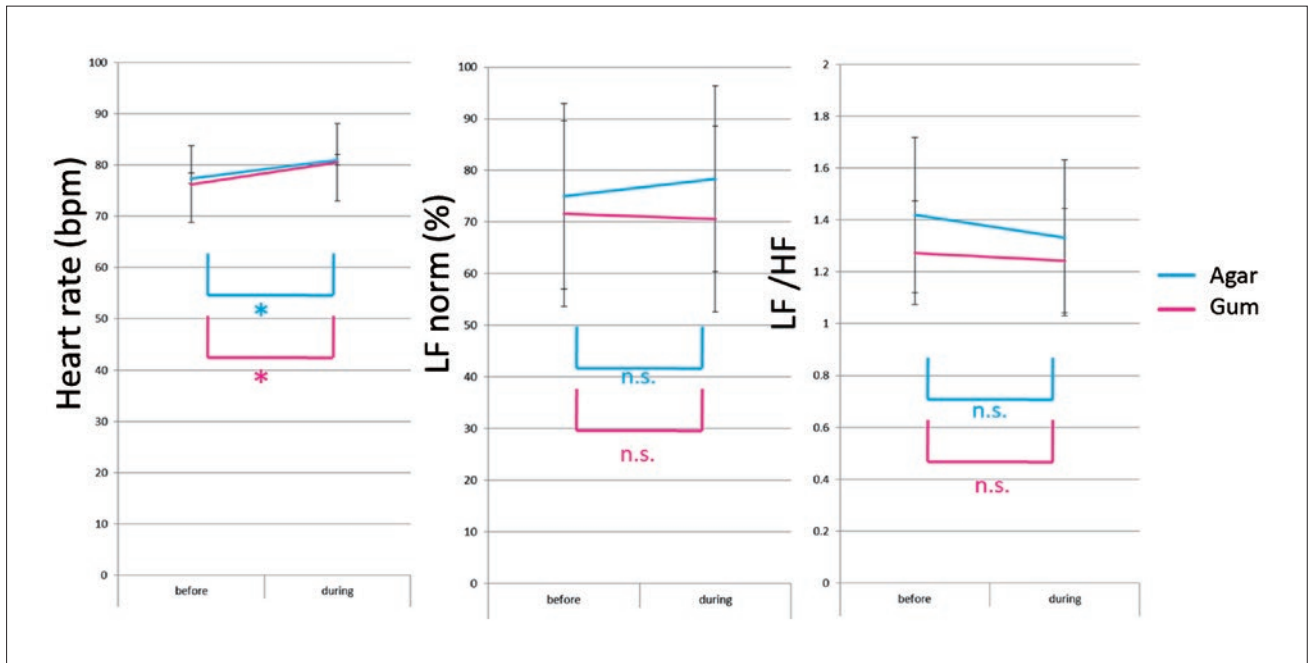


図2 結果：脈拍・自律神経活動の変化

自律神経活動状態、ストレス状態を知ることが可能である。

結果について

脳血流が咀嚼運動により上昇することは、先行研究と同様であったが、結果より、咀嚼中の脳血流動態は、ガムの方が寒天と比較し、有意に上昇していた。ガムの硬度による比較によれば、硬い方が脳血流が上昇すると報告されている。また、食品を咀嚼中に、おいしいと感じる要素として、食感の刺激は速く伝達されると言われており、食感センサーの1つである歯根膜受容器が重要な役割を果たしている。一方、我々のパイロット研究において、ガム咀嚼前後で心拍間隔の変動も大きくなる傾向があることが示唆されている。歯根膜機械受容器を介した三叉神経刺激による、自律神経の反応と考えられる。交感神経の亢進は中枢からの命令と筋の機械受容器反射性応答、これらの刺激を介して起こり、血管の収縮作用を引き起こす。運動時に起こる自律神経活動の変化は、機械受容器や代謝受容器の刺激による運動時受容器反射と高位中枢からの直接制御があり、セントラルコマンドが関与している⁶⁾。しかし、これらについては不明な点が多く、今後の検討が必

要である。

咀嚼運動により、心拍数が上昇することは先行研究と同様の結果となったが、ガム・寒天というテクスチャーの異なる食品において、同様に上昇が認められたことは、ガムのような硬いものを咬むことが難しい状態の方でも、異なる食感刺激により、心拍数の上昇、脳血流動態へのアプローチができる可能性が考えられた。これからの超高齢化社会において高齢者の生活の質の向上は重要であり、より健康でいる、例えば、若年性アルツハイマーや、うつ、精神病、寝たきりにならないようにする、あるいはこれらの進行を遅らせるという中枢性の疾病の予防的アプローチとして、脳血流のコントロール、自律神経活動の制御を、咀嚼運動という、歩行運動や水泳運動よりも簡便、筋力の低下などに関係なくすぐに実行可能である運動が貢献できるのであれば、健康増進への寄与が期待できる。今後、様々な食品による評価を行っていきたい。

結論

咀嚼中に生じる前額部の脳血流動態および心拍数は変化するが、食品テクスチャーの違いによって、

その反応には差異がある可能性が示唆された。

謝 辞

本研究を遂行にあたりまして、研究助成を賜りました公益財団法人 浦上食品・食文化振興財団関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Hasegawa Y, Ono T, Hori K, Nokubi T. 2007. Influence of human jaw movement on cerebral blood flow. *J Dent Res.* 86(1):64-68.
- 2) Koizumi S, Minamisawa S, Sasaguri K, Onozuka M, Sato S, Ono Y. 2011. Chewing reduces sympathetic nervous response to stress and prevents poststress arrhythmias in rats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 301:H1551-H1558.
- 3) Fukushima-Nakayama Y, Ono T, Hayashi M, Inoue M, Wake H, Ono T, Nakashima T. 2017 Reduced Mastication Impairs Memory Function. *J Dent Res.* 96(9) :1058-1066.
- 4) Kamiya K, Fumoto M, Kikuchi H, Sekiyama T, Mohri-Ikuzawa Y, Umino M, Arita H. 2010. Prolonged gum chewing evokes activation of the ventral part of prefrontal cortex and suppression of nociceptive responses: involvement of the serotonergic system. *J Med Dent Sci.* 57:35-43.
- 5) Hasegawa Y, Tachibana Y, Sakagami J, Zhang M, Urade M, Ono T. 2013. Flavor-Enhanced Modulation of Cerebral Blood Flow during Gum Chewing *PLoS One.* 8(6):e66313.
- 6) Goodwin GM, McCloskey DI, Mitchell JH. 1972. Cardiovascular and respiratory responses to changes in central command during isometric exercise at constant muscle tension. *J Physiol,* 226(1): 173-190.

Relationships among food textures, autonomic nervous system activity, and cerebral circulation during mastication

Hiroko OHMORI, Hiroaki KIRIMOTO, and Takashi ONO

Orthodontic Science, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University (TMDU), Japan

Mastication is an important and complex function that involves coordinated movement of the muscles according to the characteristics of the food texture. The effects of mastication on body physiology have recently been investigated. For example, gum chewing is reported to be related to chronic stress and activates cerebral circulation, which involves autonomic nervous system activity. Autonomic nervous system activity can be evaluated by monitoring heart rate (HR) variability. The current study was performed to clarify the effects of masticatory function on general health. We investigated the relationship among food textures, HR variability, and cerebral circulation. Seven healthy adults without malocclusion participated in the study. Measurements were performed in a silent room with a room temperature of 26°C. The subjects were instructed to chew gum and agar for 5 min. The HR variability was measured for 5 min before and during chewing using a pulse frequency meter. Simultaneously, the oxygenated hemoglobin and deoxygenated hemoglobin concentrations in the prefrontal cortex were measured using near-infrared spectroscopy. Statistical comparisons were performed using the Mann-Whitney U test ($p < 0.05$). Significant differences were found in HR between before and during chewing and in oxygenated hemoglobin concentration between chewing gum and agar. Our findings suggest that chewing increases HR and different food textures have different effects on cerebral circulation during mastication.