

機関番号：34519

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21791887

研究課題名 (和文) 味や香りに対する情動が咀嚼時の循環応答に与える影響

研究課題名 (英文)

Influence of taste and flavor on the circulation response during chewing

研究代表者

長谷川 陽子 (HASEGAWA YOKO)

兵庫医科大学・医学部・助教

研究者番号：60432457

研究成果の概要 (和文)：これまで、顎口腔機能を回復・維持することと全身的な健康状態との関連性について、様々な検討が歯科領域を越えて多く行われてきたが、“おいしい”など咀嚼時に生じる情動が、脳および全身に及ぼす影響について詳細に検討した研究は見あたらない。

本申請課題は、被験食品の味や香りの違いが咀嚼時の循環応答に及ぼす影響を詳細に検討することを目的に、味や香りの異なる被験食品を咀嚼時の脳循環(中大脳動脈血流速度と前頭部血流変化)、体循環(心拍数と動脈血圧)、自律神経活動(心拍血圧ゆらぎ解析)を同時計測し、統計学的分析を行った。また、VASを用いて咀嚼時の主観的情動と、心拍血圧ゆらぎ解析により客観的情動とを比較検討し、味や香りの異なる被験食品を咀嚼した時の情動変化が循環応答にどのような影響をもたらすのかを検討した。

期間中に、味および香りの異なるガムを6種類製作し、実験を行った。その結果、味および香りがある食品が最も脳循環および体循環を亢進させることが分かった。同時に、心臓交感神経は味および香りがある食品を咀嚼した場合が最も亢進したが、血管交感神経活動に差は認められなかった。味および香りについての官能試験の結果と脳循環の変化には相関が認められ、情動の変化が咀嚼時の循環応答に影響を与えている可能性が示唆された。

研究成果の概要 (英文)：

A number of studies have been made about relationship between the systemic health condition and the restoration or maintenance of stomatognathic functions not only in dental filed but also in others, but none of them investigated in detail how the emotions such as “tasty” caused during chewing influence on the cerebral and systemic circulation. In the research for application, with a view to investigate the influence of taste and flavor on the circulation response during chewing, we simultaneously measured the cerebral circulation, the systemic circulation and Autonomic nervous activity during chewing of subject foods with different taste and flavor. During the research period, we conducted experiments using six types of gum with different taste and flavor, and we found that the cerebral and systemic circulation increased most when subjects chewed foods with both taste and flavor. The Cardiac sympathetic nerve also increased most when the subjects chewed foods with taste and flavor, but the blood vessel nerve activity did not increase significantly. There was a correlation between change in the cerebral circulation and the results of organoleptic evaluation on taste and flavor, and it was suggested that the change in emotion during chewing may affect the circulation response.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：歯科補綴

科研費の分科・細目：補綴理工系歯学

キーワード：脳循環、脳血流、咀嚼、心拍血圧ゆらぎ解析、循環

1. 研究開始当初の背景

口腔の健康と全身の機能は密接に関連しており、健康で長生きするためにも顎口腔系の正常な機能の維持・管理が重要であるといわれている。これまで、顎口腔機能を回復・維持することと全身的な健康状態との関連性について、様々な検討が歯科領域を越えて多く行われてきたが、いまだ未知な事象が多い。これまで申請者は、老化に伴って生じる脳機能の低下が咀嚼をはじめとする顎口腔運動によって改善し得るとする仮説（藤田雅文ら、THE BONE, 2003）に注目し、咀嚼をはじめとする顎口腔運動時の循環応答（脳循環、体循環）と筋活動量を同時計測し、分析を行ってきた。その結果、咀嚼やクレンチングによって脳循環と体循環は亢進するが、顎口腔運動の種類や筋活動量に影響される（Hasegawa Y et al. J Dent Res, 2007）、運動側を片側に限定しても脳循環は両側性に亢進する（Ono T et al. J Neurol, 2007）、循環応答は咀嚼側、咀嚼リズムの意識的制御の有無に影響されない（長谷川、阪大歯学誌, 2007）ことを明らかにした。さらに、体循環を制御する自律神経活動を計測項目に加え、味・香りのあるガム咀嚼は無味のガム咀嚼より循環応答を亢進させる（図1:長谷川ら、老年歯学, 2008）ことを示してきた。

しかし、ガムの味・香りの有無が、如何なる機序で循環応答を亢進させるかは明らかではない。すなわち、“おいしい”と感じる情動が、高次脳機能で処理され、体循環を制御する自律神経活動に変化をもたらし、結果として脳循環をはじめとする循環応答を亢進させるのか、味や香りの成分の化学的刺激により末梢受容器が興奮し、情報が脳の味覚皮質に伝達され、その結果循環応答が亢進しているのかは明らかではない。また、咀嚼する時の“おいしい（快）・おいしくない（不快）”という情動も自律神経活動に影響を与えられ、と考えられるが、情動変化が咀嚼時の循環応答に与える影響は未だ詳細にされていない。さらに、味覚・嗅覚刺激が異なる場合、循環応答が異なる可能性があるが、詳細に検討した報告は見当たらない。

2. 研究の目的

本申請課題では、被験食品の味や香りの違いが情動を介して咀嚼時の循環応答に及ぼす影響を明らかにすることを目的に実験を行う。すなわち、味や香りの異なる被験食品を用いて、味覚受容器への刺激の種類や強さ、あるいは被験者の情動（快・不快）を変化さ

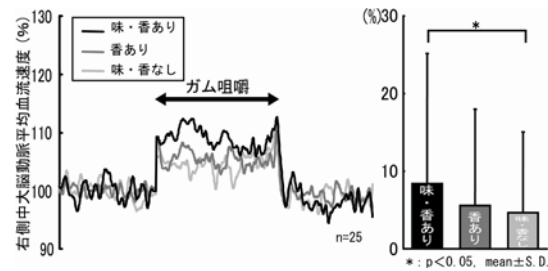


図1：味・香りが異なるガム咀嚼（300秒間）による脳循環変化

せ、咀嚼時の循環応答への影響を明らかにすることが目的である。

3. 研究の方法

(1) 計測方法

本申請課題で用いる実験系を図2に示す。

脳循環の指標として、経頭蓋超音波ドプラ法（Transcranial Doppler sonography, 以下TCD法）を用いて、中大脳動脈平均血流速度（Middle cerebral artery mean blood flow velocity, 以下MCAV）を左右側（l-MCAV, r-MCAV）同時に計測した。計測には、経頭蓋超音波ドプラ装置を用いた。

体循環の指標として、心電図波形および動脈圧波形を記録した。

心電図波形は、被験者の胸部に電極を貼付し、テレメータ心電計を装着し、外部コンピ

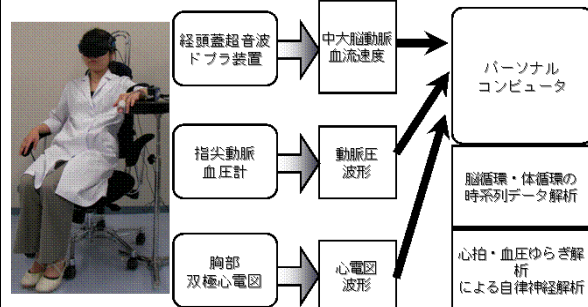


図2：実験システムの概要

ュータにサンプリング周波数 1000Hz で記録し、循環動態波形・ゆらぎ解析ソフトウェア（Fluclet, Dainippon Pharmaceutical, Tokyo, Japan）を用いて、R波とR波の間隔（RR間隔）から心拍数（Heart Rate, 以下HR）を求めた。

動脈圧波形は、連続指血圧測定装置（を用いて左手中指尖から200Hzで外部コンピュータに記録し、収縮期血圧（Systolic blood pressure, 以下SBP）、平均血圧（Mean blood pressure, 以下MBP）、脈圧（Pulse pressure, 以下PP）を求めた。

自律神経活動の指標として、心電図RR間隔およびSBPの周波数解析を行い、心臓およ

び血管系を制御すると考えられる自律神経活動の解析を行った。

解析には前述の Wavelet 変換による解析ソフトウェア Fluclet を用い、RR 間隔の高周波成分 (0.15~0.4Hz, High frequency, 以下 RR-HF) を心臓迷走神経活動の指標として、RR 間隔の低周波成分 (0.04~0.15Hz, Low frequency, 以下 RR-LF) と高周波成分の比 (RR-LF/HF) を心臓交感神経活動の指標として求めた¹⁵⁾。また SBP の低周波成分 (0.04~0.15Hz, Low frequency, 以下 SBP-LF) を血管運動性交感神経活動の指標として求めた。

ガム咀嚼時の脳循環ならびに体循環の記録は、室温を 25℃ に設定した静かな部屋で行った。計測姿勢は坐位とし、頭位がフランクフルト平面と平行になるように頸部をヘッドレストで支持し、両足が床につく状態とした。また右手の下腕はアームレストにおき、左手は医療用注射台の上におき、下腕および手指が被験者の心臓と同じ高さになるように設定した。光の刺激を遮断するためアイマスクを着用させ、両目を軽く閉じるよう指示した。被験者には、実験前日より、喫煙、飲酒、カフェイン摂取、薬物摂取を一切禁止し、実験前夜は十分な睡眠をとり、実験 4 時間前より絶食するよう指示した。

(2) 被験食品および実験内容

味や香りの違いが循環動態および情動にどのような影響を明らかにするため、2 つの味成分 (酸味・甘味) とレモンの香りを含んだ被験食品 (ガム) をそれぞれ作製した。また、甘みのみ、香りのみ、ガムベースのみの被験食品も準備し、それぞれについて計測をおこなった。計測は、被験食品 (ガム) を咀嚼側および咀嚼リズムを規定しない咀嚼を 5 分間行わせた。タスク前安静 10 分間、自由ガム咀嚼 5 分間、タスク後安静 10 分間をそれぞれ連続して計測を行った。各被験者に対し 1 日 1 回の一連のタスクを 3 日間、計 3 回行った。なお、ガムはタスク開始直前に験者が被験者の口腔内に挿入し、タスク終了時に験者が撤去した。計測直後に味 (おいしい~おいしくない) および香り (いい匂い~悪い匂い) について Visual Analogue Scale (以下 VAS) を記録した。

(3) データ分析

各計測項目は 1 秒毎の平均値を算出し、分析の対象とした。計測項目ごとに、ガム咀嚼前 5 分間の中央値を Baseline としたガム咀嚼中・ガム咀嚼後の変化量を算出し、random effect model を用いて区間ごとの平均値と 95% 信頼区間を求めた。被験食品の違いは反復測定分散分析を行い、有意差が認められた場合には Bonferroni の修正による多重比較を

行った。

また、ガム咀嚼前、ガム咀嚼開始後およびガム咀嚼終了後を毎分ごとの区間値を求め、反復測定分散分析を行い、有意差が認められた場合は Dunnett 検定を用いてガム咀嚼前と他区間との比較を行った。なお、統計学的有意水準は 5% とした。

さらに、味や香りの違いが脳の賦活に与える影響を検討するために f-MRI を用いる計画を立て、その予備実験として顎運動時の MRI の撮像を行い、顎運動に伴う下顎頭や関節円板の変位を定量解析した。

4. 研究成果

被験食品毎の咬筋筋電図を計測した結果、被験食品間に差は認められず、ガムの硬さによる各計測項目への影響は無いと考えられた。

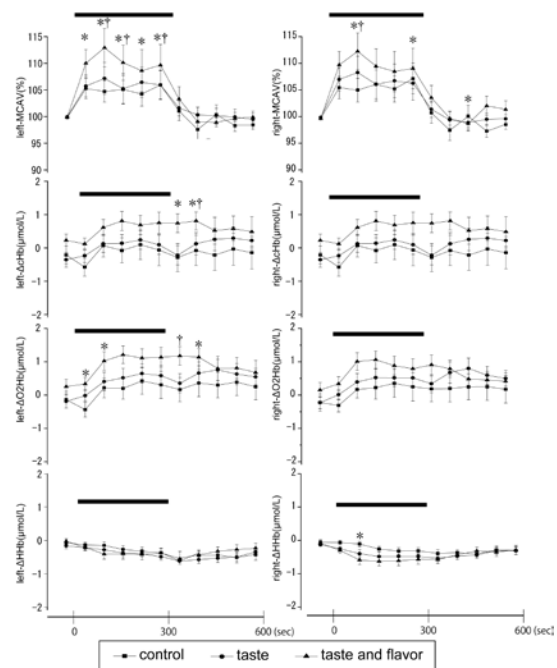


Figure 3: Cerebral blood flow change

Symbols indicate the mean value and error bar indicates a standard error. gray bars express to the on-chewing.

* : There is significant difference between 'Control' and 'Taste and Flavor'

† : There is significant difference between 'Taste' and 'Taste and Flavor'

各計測項目の実験結果の一部を図 3 に示す。

(1) VAS による感応試験

VAS は味・香りがあるガムが最もおいしく感じ、味・香りの無いガムが味・香りともに有意に低い値を示した。すなわち、味・香りのあるガムが、咀嚼時に最も快よいガムであったことが分かった。

(2) 脳血流について

中大脳動脈血流速度は、左右とも咀嚼中は咀嚼前、咀嚼後より有意な上昇を示したが左右差は認められなかった。前頭血流 (NIRS) については、Hhb は 3 種類のガムとも有意差を認めなかった。前頭部で血流は咀嚼時に上昇し、咀嚼終了後も高い値を維持する傾向を示

した。ガムの違いによる脳循環変化の差を検討した結果、味・香りがあるガムが最も高い値を示し、他2種類のガム間に有意差を認められた。咀嚼後は、3種類のガムの間の脳循環に有意差は認めなかった。咀嚼開始1-2分後には3種類のガムの脳循環の差が明らかになった。また、左中大脳動脈血流速度の方が右中大脳動脈血流速度より有意差が認められる区間が多く、右半球が左半球より、情動や味、香りに影響されにくいと推察できた。

(3) 体循環について

心拍数は、全てのガム咀嚼中にガム咀嚼前と比較して有意な上昇を示し、3種類のガム間に有意差を認められた。また、咀嚼終了後から60秒間は高値を維持した。

(4) 自律神経活動について

心臓迷走神経活動は、味があるガム咀嚼中には有意な低下をしめしたが、ガムの違いによる有意差は認めなかった。心臓交感神経活動は、すべてのガム咀嚼において咀嚼前より有意に高値を示した。血管運動性交感神経活動はガム咀嚼による有意な変化を認めず、ガムの違いによる差も認めなかった。

(5) 顎運動時のMRI撮像

ガム咀嚼時のf-MRI撮像は、頭位がずれることもあり、定量解析が困難であった。そのため、バイトプレートを装着前後の頭位の動きを下顎頭および関節円板の位置の変化によって評価した。その結果、顎運動をしない場合は相関係数0.98と高い値を示したが、クレンチングやタッピングをすると再現性が低くなり、脳マッピングをするには計測方法に工夫が必要であることが示唆された。

以上の結果より、ガムの甘味・香りは脳循環・体循環・自律神経活動の賦活化に影響を与え、味のある食品を摂取することが脳循環をはじめとする循環系の賦活化に重要であることが示された。また、無味のガム咀嚼では心臓迷走神経活動が変化しなかったため循環系の賦活化が抑制されたと考えられ、自律神経活動が循環調節に深く関わっていることが示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ①. Sakagami J, Ono Y, Hasegawa Y, Hori K, Zhang M, Maeda Y. Transfer function analysis of cerebral autoregulation dynamics during jaw movements. J Dent Res 2011;90:71-6. (査読あり)
- ②. Hasegawa Y, Ono T, Sakagami J, Hori K, Maeda Y, Hamasaki T, Nokubi T. Influence of voluntary control of masticatory side and rhythm on cerebral hemodynamics, Clinical

Oral Investigations, 15: 113-116, 2011. (査読あり)

- ③. Hasegawa Y, Sakagami J, Ono T, Hori K, Zhang M, Maeda Y. Circulatory response and autonomic nervous activity during gum chewing. European Journal of Oral Sciences, 117: 470-473, 2009. (査読あり)
- ④. 小野高裕, 長谷川陽子, 阪上穰. 咀嚼運動時の脳循環・体循環応答の特徴を探る. 大阪大学歯学雑誌, 54: 3-8, 2009. (査読あり)

[学会発表] (計14件)

- ①. Hasegawa Y, Kakimoto N, Tomita S, Tanaka Y, Yagi K, Kondo J, Nagashima T, Honda K, Ono T, Maeda Y, Urade M. Movement of mandibular condyle and articular disc by using splint. 89th Meeting of IADR general session, San Diego, March 17, 2011.
- ②. 長谷川陽子, 田中佑人, 矢儀一智, 近藤重悟, 長島正, 小野高裕, 前田芳信, 本田公亮, 藤原正識. オクルーザルスプリントが顎関節の位置に及ぼす影響; 健常者と顎関節症患者との比較. 平成22年度日本補綴学会関西支部会. 2010年11月14日, 大阪
- ③. 長谷川陽子. オクルーザルスプリントが下顎頭と関節円板の位置に及ぼす影響 - スプリントは顎関節症に有効か? -. 第2回兵庫顎関節研究会. 2010年9月11日, 兵庫
- ④. 長谷川陽子, 柿本直也, 田中佑人, 矢儀一智, 近藤重悟, 長島正, 小野高裕, 前田芳信, 本田公亮. オクルーザルスプリントが顎関節の位置に及ぼす影響. 第23回日本顎関節学会学術大会. 2010年7月23日, 東京
- ⑤. 長谷川陽子, 田中佑人, 矢儀一智, 近藤重悟, 小野高裕, 長島正, 前田芳信. オクルーザルスプリントの装着が下顎頭と関節円板の位置に及ぼす影響. 平成21年度日本補綴学会関西支部・中国四国支部合同学術大会. 2009年11月14日, 淡路
- ⑥. 吉牟田陽子, 小野高裕, 加登聡, 長谷川陽子, 堀一浩, 池邊一典, 前田芳信, 田中宗雄, 森本佳成, 野首孝祠, 谷口学. 都市部一般住民における口腔健康と耐糖能との関係: 吹田研究. 第20回日本咀嚼学会学術大会. 2009年10月3日, 福岡
- ⑦. 加登聡, 小野高裕, 長谷川陽子, 吉牟田陽子, 堀一浩, 池邊一典, 前田芳信, 田中宗雄, 森本佳成, 野首孝祠, 谷口学. 都市部一般住民における歯数とメタボリックシンドロームとの関係: 吹田研究. 第118回日本補綴歯科学会. 2009年6月7日, 京都
- ⑧. 阪上穰, 小野高裕, 長谷川陽子, 堀一浩,

野首孝祠. ガム咀嚼時における循環動態と脳血流自動調節作用. 第 42 回日本顎口腔機能学会学術大会. 2009年4月11日, 新潟

- ⑨. 長谷川陽子, 阪上穰, 堀一浩, 小野高裕, 前田芳信. 咬むことは脳の活性化に繋がるか?—顎口腔系機能運動時における循環応答システムの解明—. 第 25 回歯科医学を中心とした総合的な研究を推進する集い. 2009年1月10日, 東京
- ⑩. 小野高裕, 長谷川陽子, 阪上穰, 堀一浩, 前田芳信. 咀嚼運動時の循環動態を調整するメカニズム. 第 21 回日本歯科医学会総会. 2009年11月15日, 横浜
- ⑪. Zhang M, Hasegawa Y, Sakagami J, Ono T, Hori K, Maeda Y, Chen YJ. Effects of unilateral clenching and handgrip to bilateral cerebral circulation. 2nd Meeting of IADR Pan Asian Pacific Federation and the 1st Meeting of IADR Asia/Pacific Region. Wuhan, Sept. 24, 2009.
- ⑫. Hasegawa Y, Zhang M, Sakagami J, Ono T, Hori K, Maeda Y. Taste and flavor increase cerebral blood flow during chewing. 2nd Meeting of IADR Pan Asian Pacific Federation and the 1st Meeting of IADR Asia/Pacific Region. Wuhan, Sept. 24, 2009.
- ⑬. Hasegawa Y, Sakagami J, Zhang M, Hori K, Ono T, Maeda Y. Taste and flavor increase cerebral blood flow during chewing. 19th Meeting of the European Neurological Society. Milan, June 22, 2009.
- ⑭. Ono T, Yoshimuta Y, Kato S, Hasegawa Y, Hori K, Maeda Y, Kokubo Y, Furukawa Y, Okamura T Influence of tooth loss on the food intake habit and metabolic syndrome in urban Japanese population: The Suita Study. European College of Gerodontology. Frankfurt, April 20, 2009.

〔図書〕(計 1 件)

- ①. 小野高裕, 長谷川陽子, 矢儀一智. 歯科補綴学第二模型実習. 矢谷博文, 前田芳信編. 歯科補綴学模型実習マニュアル. 大阪: 大阪大学出版会, 2010: 101-187.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 陽子(HASEGAWA YOKO)

兵庫医科大学・医学部・助教

研究者番号: 60432457