

令和元年5月28日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K20687

研究課題名(和文) 舌の機能的発達におけるオトガイ舌筋活動、舌骨上筋群活動と舌圧との関連に関する検討

研究課題名(英文) Relationship between genioglossus and suprahyoid muscle activities and tongue pressure

研究代表者

佐藤 恵 (Sato, Megumi)

東北大学・歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：80733774

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、任意にぼそぼそ感を設定できるモデルゲルを用いて、ヒトの咀嚼から嚥下までの一連の過程における咀嚼筋(咬筋)および舌骨上筋の筋活動と官能評価による食感の変化の特徴を検討、またその関連について検索し、ぼそぼそ感における物理量と感覚量の関連性の検討を行った。その結果、食品のぼそぼそ感の強さは、官能評価から飲み込みにくさに関連しており、さらに筋電図学的評価から嚥下時の舌骨上筋群の筋活動時間に影響を及ぼすことが明らかとなった。このことから、嚥下時の舌骨上筋群の筋活動時間は、食品の飲み込みやすさを測る指標となり得ることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

昨今の高齢社会に伴い、歯科分野の問題点として、歯の喪失や摂食嚥下機能の低下が挙げられる。嚥下機能の低下は食物が気管に入りむせてしまう誤嚥を招く。誤嚥対策としては、体外から消化管内にチューブを使用して流動食などを投与する経管栄養もあるが、これでは食事を楽しむことや、食べ物を味わい、おいしさを感じることもできずQOLの低下を招いてしまう。つまり、機能が低下した場合でもいかに口から食べ物を摂取、咀嚼、嚥下の過程を踏み、おいしさを感じさせる工夫が必要となってくる。そのため新たな食品開発において、食品テクスチャーが咀嚼機能や嚥下機能あるいは感覚機能与える影響を解明することは非常に重要である。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to examine the influence of food texture on the electromyographic (EMG) activity of the masseter and suprahyoid muscles during mastication and swallowing. Ag-CI surface electrodes were used to record the EMG of masseter and suprahyoid muscles on the habitual masticatory side. The following EMG parameters were calculated: the peak value, onset time, offset time, peak time, burst duration, integrated EMG value, and root mean square value.

There were no significant differences in any of the EMG parameters during mastication with different food textures. The food texture did not affect the onset times of both muscles. In contrast, the offset times of both muscles tended to be delayed as the food texture became increasingly dry and crumbling. The burst duration of the suprahyoid muscles increased significantly. The findings of the present study suggest that dry and crumbling test food texture influences the burst duration of the suprahyoid muscles.

研究分野：歯科

キーワード：舌 舌骨上筋 筋電図 嚥下

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

食べる機能は発達により獲得されるものであり、食物の取り込み、押しつぶし、咀嚼、食塊の咽頭への送りこみに関わる随意的動作は離乳期を経て学習により習得する。神経・筋疾患、消化器官の形態異常、知的障害、精神心理的問題などを有する小児では、こうした随意的動作をうまく学習できない場合があり、摂食嚥下機能の獲得が遅延、停滞したまま年長化することも少なくない。その結果、様々な摂食嚥下障害を誘発することが報告されている。一方、摂食嚥下機能の発達を促すためには、個々の機能獲得段階に合わせた対応が必要となる。そのため、舌、口唇や下顎の動き、歯列の状態や口蓋形態、また食塊の状態を評価することで、どの部位にどんな問題があって、何がどの程度できるのかということを知った上で、機能の獲得段階を判断しなければならない。発達障害児者の摂食機能療法において、舌運動や口唇閉鎖の評価には食事場面での口唇や舌の動きを視覚的に観察する方法が広く用いられてきたが、客観性に乏しく、実際の摂食時における舌や口唇の機能を判定する上で困難さが残されている。

外舌筋と内舌筋より構成される舌は、高い変形能力を持ち、吸啜、咀嚼、嚥下に重要な役割を果たす。乳児は、吸啜時に上下口唇を開いた状態で乳首をくわえ、舌の前方から後方への波状運動により乳汁を圧出・吸引しているが、こうした乳児嚥下は原始反射の消失とともに成人嚥下に移行する。成人では、嚥下時に舌尖を口蓋前方部に接触、舌背を陥凹させて食塊を保持し、舌側縁部を口蓋側方に接触させて食塊を包み込み、舌を前方から後方にかけて口蓋に接触させて食塊を咽頭方向に移送して嚥下する。乳児嚥下から成人嚥下への舌の機能的発達が未熟である場合に嚥下時に吸啜の動きに類似した舌突出が見られることがある。Proffitらは、嚥下時に舌突出を認める小児を対象として嚥下時における舌と口蓋との接触圧(舌圧)を測定し、成人嚥下への移行後に全ての被験者において口蓋前方部の嚥下時舌圧が上昇したことを報告し、これは嚥下時の舌尖の位置が上方に移動したことによるものであると示唆している。一方Pengらは、超音波診断装置を用いて嚥下時に舌突出を認める者の嚥下時舌運動を描出し、舌背の挙上量は被験者間でばらつきが多いことを報告している。しかし、舌運動に深く関与している舌筋に着目し、舌突出を伴う嚥下時の舌筋活動を調べた報告は皆無であり、舌の機能的発達において舌筋がどのように関わるのかは明らかではない。一方、捕食、押しつぶし、咀嚼、嚥下時に認められる舌突出に対して、様々な舌の機能訓練が行われているが、発達障害児者において訓練前後での摂食嚥下時の舌機能の変化を客観的に評価した報告は極めて少ない。

代表者はこれまで、発達期障害の中でも比較的頻度の高いDown症患者を対象とし、接触センサーシステムを用いて水嚥下時における舌圧を測定し、Down症患者は健常者と比較して、嚥下時の舌圧が口蓋全体で低く、特に口蓋正中前方部で舌圧が顕著に低いこと、また口蓋正中部の舌と口蓋との接触様相が弱いことを明らかにした。さらにDown症候群に特徴的な狭小な口蓋形態が口蓋正中中央と後方の舌圧発現と関連していることを明らかにした。このことから、Down症患者の口蓋正中前方部と舌との弱い接触様相は、舌の機能的な発達遅延や運動系の異常に起因することが推測された。一方、ヒトの咀嚼・嚥下運動に大きく関わる因子として、テクスチャーをはじめとした食品の性状が挙げられる。ヒトの咀嚼・嚥下機能の客観的評価方法としては、食物の物性や性状が咀嚼・嚥下運動へ与える影響を知る筋電図(EMG: Electromyogram)を利用した方法がある。一方で、ヒトの感覚による主観的評価方法として、実際にヒトが食品を食し、味、食感、香りおよびおいしさの程度を評価する官能評価がある。野口らは、4つテクスチャー:弾力、硬さ、しなやかさ、歯切れの良さを持つモデルゲルについて咀嚼中における筋電位測定を行い、各テクスチャーを客観的に評価した。しかしながら、これらは嚥下を含まない咀嚼初期に限った検討であり、咀嚼後半から嚥下までを含めた客観的評価手法の検討も必要と思われる。咀嚼後半から嚥下は、食塊をまとめ咽頭に送り込む重要な過程であり、このとき感じるのどごしの良さはおいしさにも深く関わっている。昨今の高齢社会において咀嚼・嚥下機能の低下した高齢者のためにも評価が必要な項目である。

2. 研究の目的

そこで本研究では、任意にぼそぼそ感を設定できるモデルゲルを用いて、ヒトの咀嚼・嚥下時の筋活動と官能評価による食感とを比較検討、またその関連について検索することで、ぼそぼそ感における物理量と感覚量の関連性を明らかにすることを目的とした。これにより、食感評価の再現性、評価の精度が向上すれば、“おいしさ”を追求した食品開発において、信頼性のある評価指標として導入することができると考えられる。さらに、発達障害児者の摂食嚥下時における舌運動、オトガイ舌筋と舌骨上筋群の筋活動の様相、舌圧発現様相との関連を調べることにより、舌の機能的発達との関連についても考察を行う。

3. 研究の方法

(1) 被験者

被験食品の官能評価には、日本水産株式会社に所属する味覚分析および食感分析パネルテストの合格者(食感分析パネル)8名(男性4名、女性4名)を用いた。筋電図を用いる実験には、顎口腔系に機能異常とその既往を認めない健常成人5名(男性2名、女性3名)を用いた。また、筋電図実験の被験者5名にも被験食品の官能評価を行わせた。実験に先立ち、被験者には実験の趣旨を説明し、インフォームドコンセントを得た。本研究は、東北大学大学院歯学研究科研究倫理委員会の承認を得た。

(2) 被験食品

被験食品には、水産練り製品を加熱し調製したモデルゲルを用いた(表)。色調は視覚情報が味覚に及ぼす影響を最小限にするために一定(淡黄色)とし、また味覚情報が及ぼす影響を排除するため、味も統一した。大きさは、高さ1cm、直径2cm円柱状とし、官能評価および筋電図測定に用いた。

モデルゲル	強度順位	原料名(g)	加熱方法	W(g)	L(cm)	JS(g)
	弱	道産助宗陸上2級(450.0)、馬鈴薯澱粉(25.0)、添加水(50.0)	90°C、40分	398	0.78	310
ぼそぼそゲル	中	北米産助宗陸上A級(50.0)、道産助宗陸上2級(276.1)、乾燥卵白(45.0)、馬鈴薯澱粉(25.0)、添加水(183.9)	90°C、40分	395	0.62	245
	強	北米産助宗陸上A級(50.0)、道産助宗陸上2級(232.5)、乾燥卵白(50.0)、馬鈴薯澱粉(25.0)、添加水(217.4)	90°C、40分	381	0.62	236

W: 硬さ, L: しなやかさ, JS: ゼリー強度

(3) 官能評価による強度数値の決定

咀嚼中のぼそぼそ感および嚥下時の飲み込みやすさの強度順位を定量化するために、採点法にて官能評価を行った。ぼそぼそ感に関しては、咀嚼の第1ストローク目、すなわち一噛み目の両側中切歯での破断、続いて第2ストローク目以降の臼歯部における咀嚼において、それぞれ評価した。臼歯部での咀嚼は、習慣性咀嚼側において日常の咀嚼リズムで咀嚼させた。飲み込みやすさに関しては、モデルゲル嚥下時の食感を評価を行った。咀嚼中のぼそぼそ感は0~4の5段階、飲み込みやすさは-3~3の7段階で評価した。被験食品を食べる順序はランダムとし、絶対評価とし、単極尺度で評価し、食感分析パネル群および筋電図実験被験者群における評価点の平均値を求めた。テクスチャーモデルにおけるぼそぼそ感強度順位と官能評価点との相関関係をスピアマンの順位相関を用いて行った。

(4) 咬筋、舌骨上筋群筋電図の記録

筋電図測定は、歯科用ユニットにて座位にて行った。被験筋を同定するために基本的運動として、咬みしめ、開口、舌の突出、嚥下を行った後、被験食品を用いた習慣性咀嚼側における自由咀嚼を行わせた。咀嚼の第1ストローク目は両側中切歯で破断、第2ストローク以降は習慣性咀嚼側臼歯で咀嚼するよう指示した。筋電図は咀嚼開始から自発嚥下終了までを記録した。咀嚼運動の指標として左右側咬筋(閉口筋)および舌骨上筋群(開口筋)の筋活動を、舌運動および嚥下の指標として舌骨上筋群の筋活動を、塩化銀表面皿電極(直径: 10 mm, 電極間距離: 20 mm)を用いて双極導出した。不関電極は後頸部に設置、電極はサージカルテープで固定した。各筋活動電位は、生体アンプ(BIOTOP 6R12, 日本電気三栄)で増幅後、5~1.5kHzで帯域濾過後データレコーダに記録し、A/Dコンバーターを介してサンプリング周波数3kHzでPCに保存した。

(5) 筋電図分析

LabChart6(AD INSTRUMENTS Inc.)を用いて筋活動の分析を行った。咀嚼においては、第1ストロークおよび第3ストロークから第7ストロークまでの5サイクルを対象とした。分析項目は、筋電図パラメータである咀嚼回数、咀嚼時間、咀嚼周期、咬筋の各バーストにおけるピーク値、持続時間(活動開始時からピーク、ピークから活動終了時、活動開始時から活動終了時)、積分値(IEMG: Integrated EMG)(活動開始時からピーク、ピークから活動終了時、活動開始時から活動終了時)、実効値(RMS)、舌骨上筋群の各バーストにおける活動時間、IEMG、RMS値を算出した。また、咬筋のIEMGおよびRMS値に対する舌骨上筋群の比を算出した。また、第3ストロークから第7ストロークにおいてはこれらの筋電図パラメータの変動係数(CV値)も算出した。

嚥下においては、相澤らの方法より、第1活動期と実線で示す第2活動期に分けて分析を行った。第1活動期では、咬筋の咀嚼に伴う最後のバースト状活動および舌骨上筋群の開口運動に伴った活動が認められる。第2活動期では閉口位の維持に伴う咬筋の活動およびこれと同時期に起こる舌骨上筋群の活動が認められる。第1活動期の咬筋筋活動をM1、舌骨上筋群筋活動をS1、第2活動期の咬筋筋活動をM2、舌骨上筋群活動をS2とする。また、筋活動開始時をon、筋活動終了時をoffと表すこととした。M1、S1、M2、S2におけるon、off、IEMGおよび筋活動持続時間(Du: Duration)を算出した。M1off、M2on、M2off、S1on、S1off、S2on、S2offはM1onを基準(0)としたときの時間を表す。

統計解析にはSPSS version24を使用し、検定には一元配置分散分析を用い比較検討を行った。有意水準は5%とした。

4. 研究成果

(1) 官能評価

食感分析パネルおよび筋電図実験被験者の官能評価点について、一噛み目(図1a, b)、咀嚼時(図2a, b)、嚥下時(図3a, b)それぞれの平均値を算出しグラフにし、それぞれ相関係数を算出した。

食感分析パネルでは、第1ストローク(一噛み目)

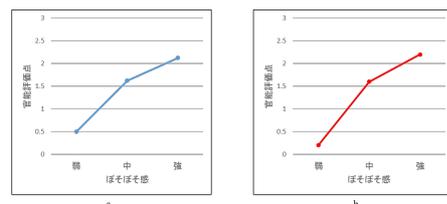


図1 一噛み目における官能評価結果(ぼそぼそ感)(a: 食感分析パネル群, b: 筋電図実験群)

の相関係数 $R=0.976$, 咀嚼時は $R=0.965$ と正の相関が認められた . また , 嚥下時では $R= - 0.821$ となり負の相関が認められた . 一方 , 筋電図を導出した被験者においては , 一噛み目は $R=0.775$, 咀嚼時は $R=0.729$ と正の相関が認められた . 嚥下時では $R= - 0.796$ と負の相関が認められた . これらにはいずれも有意な相関 ($p<0.05$) が認められた .

相関係数は食感分析パネルのほうが筋電図実験の被験者よりも高い傾向であった . 図 1-3 に示すように , 食感分析パネルと筋電図被験者のグラフの形状は類似しており , 官能評価点はぼそぼそ感の強度弱と中で大きく変化し , 中と強では変化の割合が小さい傾向が共通して認められた .

(2) 咀嚼時の筋電図パラメータ

表 2 に咀嚼時における筋電図パラメータを示す . 前歯での破断である第 1 ストロークにおいては , ぼそぼそ感の強度に比例して咬筋ピーク後の活動および咬筋ピーク後 IEMG が増加する傾向が認められた . この 2 つ以外のパラメータに関しては一定の傾向は認められなかった . 臼歯での咀嚼である第 3-7 ストロークでは , 咬筋活動時間 , IEMG 比 (舌骨上筋群 / 咬筋) において増加傾向が認められた . 一方 , 咬筋ピーク後 IEMG では , 減少傾向が認められた .

咀嚼時の筋電図パラメータにおいて , 増加傾向あるいは減少傾向が第 1 ストロークと第 3-7 ストロークで一致するものはなかった . 咀嚼回数 , 咀嚼時間 , 咀嚼周期には , 一定の変化傾向は認められず , ぼそぼそ感の強度にかかわらずぼそぼそ一定の値を示した . 咀嚼時のすべての筋電図パラメータにおいて , 有意な差は認められなかった . 第 3-7 ストロークにおける各筋電図パラメータの CV 値 (%) は , テクスチャーの強度にかかわらず , 筋活動時間 , 咬筋 RMS , 舌骨上筋群 / 活動時間で低い値を示した . ぼそぼそ感が増すごとに咬筋ピーク値 , 咬筋ピーク前の時間 , 咬筋活動時間 , 咬筋 IEMG , 咬筋 RMS , 舌骨上筋群活動時間 , 舌骨上筋群 / 咬筋 (IEMG) において増加傾向が認められた . また , 咬筋ピーク後の時間においては減少傾向が認められた . これらの中に有意な差を示したパラメータは認められなかった .

(3) 嚥下の筋電図パラメータ

表 3 に嚥下時における筋電図パラメータを示す . ぼそぼそ感の強度にかかわらず , M2 , S1 , S2 の on に一定の変化傾向は認められなかった . 一方で , M2off , S1off はぼそぼそ感の増加に伴い遅延する傾向が認められた .

筋活動量については , M2IEMG がぼそぼそ感の強度の増加に伴い増加する傾向が認められた . M1IEMG , S1IEMG , S2IEMG には一定の変化傾向は認められなかった . 筋活動時間では , ぼそぼそ感に強度にかかわらず M1Du , M2Du に一定の変化傾向は認められなかった . 一方 , S1Du , S2Du では , ぼそぼそ感の増加に伴い増加する傾向が認められ , 有意な差が認められた ($p<0.05$) . 強度弱と強度中で比較すると , S1Du では 0.23 秒 , S2Du では 0.32 秒の差が認められた .

これらの結果から , 食品のぼそぼそ感の強さは , 官能評価から飲み込みにくさに関連しており , さらに筋電図学的評価から嚥下時の舌骨上筋群の筋活動時間に影響を及ぼすことが明らかとなった . このことから , 嚥下時の舌骨上筋群の筋活動時間は , 食品の飲み込みやすさを測る指標となり得ることが示された .

昨今の高齢社会に伴い , 歯科分野の問題点として , 歯の喪失や摂食嚥下機能の低下が挙げられる . 嚥下機能の低下は食物が気管に入りむせてしまう誤嚥を招く . 誤嚥対策としては , 体外から消化管内にチューブを使用して流動食などを投与する経管栄養もあるが , これでは食事を楽しむことや , 食べ物を味わい , おいしさを感じることもできず QOL の低下さえ招いてしまいかねない . QOL の改善や上昇を目指す観点からも , 口から食べ物を摂取し , 咀嚼 , 嚥下の過程を踏み , おいしさを感じさせる工夫が必要となってくる . これらを達成させるための新たな食品開発において , 食品テクスチャーが咀嚼機能や嚥下機能あるいは感覚機能にいかなる影響を及ぼすかを解明することは必要不可欠である .

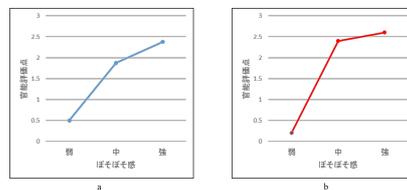


図2 咀嚼時における官能評価結果(ぼそぼそ感) (a:食感分析パネル群, b:筋電図実験群)

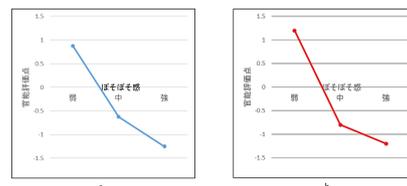


図3 嚥下時における官能評価結果(飲みやすさ) (a:食感分析パネル群, b:筋電図実験群)

表2 咀嚼時における筋電図パラメータ

筋電図パラメータ	弱	中	強	p値
咬筋ピーク値 (V)	0.401	0.309	0.426	0.30
咬筋ピーク前の時間 (sec)	0.250	0.242	0.246	0.86
咬筋ピーク後の時間 (sec)	0.098	0.100	0.108	0.93
咬筋活動時間 (sec)	0.348	0.342	0.354	0.89
咬筋ピーク前IEMG (V・sec)	0.010	0.008	0.009	0.47
咬筋ピーク後IEMG (V・sec)	0.003	0.004	0.004	0.92
第1ストローク				
咬筋IEMG (V・sec)	0.013	0.011	0.013	0.40
咬筋RMS (V)	0.066	0.054	0.064	0.37
舌骨上筋群活動時間 (sec)	0.447	0.499	0.416	0.18
舌骨上筋群IEMG (V・sec)	0.020	0.020	0.017	0.42
舌骨上筋群RMS (V)	0.060	0.055	0.056	0.66
舌骨上筋群咬筋 (IEMG)	1.998	2.620	1.937	0.19
舌骨上筋群咬筋 (RMS)	0.898	1.014	0.874	0.24
咬筋ピーク値 (V)	0.676	0.593	0.635	0.05
咬筋ピーク前の時間 (sec)	0.162	0.155	0.161	0.53
咬筋ピーク後の時間 (sec)	0.080	0.088	0.087	0.13
咬筋活動時間 (sec)	0.242	0.243	0.249	0.38
咬筋ピーク前IEMG (V・sec)	0.014	0.012	0.014	0.16
咬筋ピーク後IEMG (V・sec)	0.007	0.007	0.007	0.94
咬筋IEMG (V・sec)	0.022	0.019	0.021	0.17
咬筋RMS (V)	0.137	0.224	0.129	0.10
第3-7ストローク				
舌骨上筋群活動時間 (sec)	0.322	0.303	0.312	0.36
舌骨上筋群IEMG (V・sec)	0.013	0.011	0.013	0.31
舌骨上筋群RMS (V)	0.051	0.048	0.053	0.41
舌骨上筋群咬筋 (IEMG)	0.588	0.596	0.615	0.43
舌骨上筋群咬筋 (RMS)	0.369	0.217	0.408	0.15
咀嚼回数 (回)	33.800	33.133	33.133	0.67
咀嚼時間 (sec)	17.787	17.567	17.657	0.90
咀嚼周期 (sec)	0.503	0.502	0.503	0.96

表3 嚥下時における筋電図パラメータ

	弱	中	強	p値
M1off (sec)	0.445	0.524	0.462	0.64
M2on (sec)	1.123	1.367	1.345	0.47
M2off (sec)	1.912	2.082	2.145	0.43
S1on (sec)	0.315	0.291	0.299	0.78
S1off (sec)	0.786	1.026	1.066	0.06
S2on (sec)	1.199	1.400	1.267	0.52
S2off (sec)	1.682	2.202	2.157	0.06
M1IEMG (V・sec)	0.017 [†]	0.014 [†]	0.018	0.02*
M2IEMG (V・sec)	0.013	0.015	0.037	0.41
S1IEMG (V・sec)	0.027	0.036	0.031	0.22
S2IEMG (V・sec)	0.032	0.032	0.030	0.79
M1Du (sec)	0.445	0.524	0.462	0.64
M2Du (sec)	0.788	0.715	0.801	0.55
S1Du (sec)	0.472 [†]	0.735 [†]	0.767	0.02*
S2Du (sec)	0.483 ^{†, †}	0.802 [†]	0.890 [†]	0.00*

on: 筋活動開始時, off: 筋活動終了時, Du: 筋活動時間
一元配置分散分析 * : $p<0.05$
ボンフェローニ法 †, †† : $p<0.05$

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)