

学位研究紹介

咀嚼時における咬筋ならびに舌骨上筋群活動の機能評価
Functional evaluation of masseter and suprahyoid muscle activities during chewing

新潟大学大学院医歯学総合研究科 摂食環境制御学講座
摂食嚥下リハビリテーション学分野 (主任: 井上 誠 教授)

笹 杏奈

Division of Dysphagia Rehabilitation, Niigata University
Graduate School of Medical and Dental Science

Anna Sasa

【背景および目的】

固形食品摂取時には、咀嚼による食品粉碎、食塊形成の後に嚥下が引き起こされ食塊を咽頭から食道へと移送する。過去の研究では、咀嚼による食品粉碎や嚥下運動を種々の手法を用いて評価しているが、そのほとんどが画像を用いたものであり、機能的な考察が十分ではない。本研究では、咀嚼筋である咬筋および舌骨上筋群活動に注目し、筋電図と顎運動軌跡を同時記録して、独自の解析方法にて咀嚼時の食塊形成を評価できるか否かについて検討した。

【対象および方法】

被験者は、摂食嚥下機能に臨床的な異常を認めない20名の健常成人20名(男性12名, 女性8名, 平均年齢31.0歳)を対象とした。

実験1では、5秒間の最大開口時の舌骨上筋群活動を記録し、これを基準値とした。次に、JMS舌圧測定器(舌圧測定器(TPM-02E, 株式会社ジェイ・エム・エス)を用いて最大舌圧を計測し、その最大舌圧に対して25, 50, 75, 100%の舌圧発揮時の舌骨上筋群活動を記録した。

実験2では、物性の異なる2種類の米菓(ハッピーターンおよびハイハイン, 亀田製菓株式会社)(Happy, Haihain)をそれぞれ3g, 0.85g, ピーナッツ(3g)(表1)を自由摂取と習慣性咀嚼側による片側咀嚼で全量摂取した際の両側咬筋および舌骨上筋群の筋電図, モーションキャプチャーシステムを用いた顎運動軌跡, 嚥下内視鏡画像を同時記録した。全量摂取時間, 最初の嚥下

表1. 各被検食の成分表示

成分	Happy	Haihain	Nuts
最大応力 (>10 ⁷ Pa)	3.75±1.59	1.23±0.4	5.65±1.96
エネルギー (kcal)	595.0	376.0	585.0
タンパク質 (g)	4.5	3.8	26.5
脂質 (g)	28.9	1.2	49.4
炭水化物 (g)	64.1	87.4	19.6
水分 (g)	0.0	0.0	2.4

までの咀嚼時間, 咀嚼回数, 咀嚼サイクル時間, 咬筋ならびに舌骨上筋群の1咀嚼サイクル当たりの筋活動量(全波整流後の積分値)をもとに自由咀嚼と片側咀嚼時の摂取運動の違いを明らかにした後, 片側咀嚼における咀嚼から最初の嚥下が引き起こされた咀嚼区間を対象として, 最小開口から次の最小開口を咀嚼の1サイクルとした際の1咀嚼サイクル当たりの各筋活動量と開口量を計測して, 筋電図との関係を相関分析により調べた。また, 1咀嚼サイクル当たりの舌骨上筋群活動量/開口量を求め, 食品ごとに最初の嚥下までの咀嚼時間内の咀嚼サイクル数をもとに定めた咀嚼前期, 後期間の値を比較した。

【結果と考察】

実験1より, 舌圧発揮の程度に依存して舌骨上筋群活動を有意に上昇し, 100%舌圧発揮時には最大開口時に近い筋活動量が得られたことで, 舌骨上筋群は舌全体を引き上げることで舌運動を補助していることが示された(図1)。

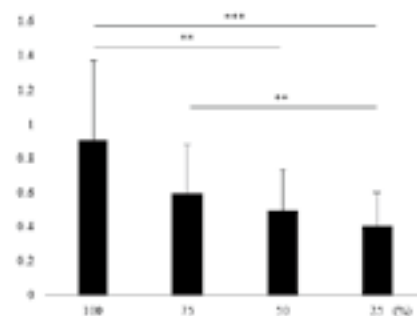


図1. 舌圧発揮時の舌骨上筋群活動量
最大開口時の舌骨上筋群活動量を基準値とした舌圧発揮量を変化させたときの舌骨上筋群活動量。***p < 0.001, **p < 0.01 (Friedman repeated measures ANOVA followed by Turkey's HSD test)。

実験2では、全量摂取時間、最初の嚥下までの咀嚼時間、咀嚼回数とも食品の硬さに応じて延長した。また、いずれの食品摂取時においても、自由咀嚼に比べて片側咀嚼では咀嚼時間、咀嚼回数は延長し、咀嚼サイクル時間はわずかに延長した。一方、咬筋活動量は硬さに依存して増加したものの、舌骨上筋群活動には咀嚼タスクによる違い、咀嚼側と非咀嚼側による違いは認められず、開口や食塊形成における左右差は明らかではなかった。

次に、舌骨上筋群とこれに依存すると期待される開口量の相関を調べたところ、いずれの食品においても、初回嚥下までの咀嚼時間内における相関は明らかではなかったものの、食品粉砕が主となる咀嚼前期においては、いずれの被験者においても高い正の相関が得られた。そこで、咀嚼前期データの全ての食品を対象として回帰分析を行い、回帰直線ならびに95%信頼区間を求めた。これらの値を用いて咀嚼後期を対象として、1咀嚼サイクルにおいて信頼区間内の分布を舌骨上筋群が開口優位に働いたサイクルをJaw-opening dominant cycle (JO)、信頼区間より右方への逸脱を食塊形成優位に働いたサイクルをDeviation cycle (De)と定義して、食品ごとにその出現回数と頻度を比較した。JOサイクルはピーナッツで有意にその出現頻度が高かったのに対して、DeサイクルはHaihainにて有意に高かった。このことは、Haihainは咀嚼後期において食塊形成への負荷が上昇することを示唆していた(図2)。最後に、咀嚼前期と後

期における咀嚼サイクルごとの舌骨上筋群/開口量を比較したところ、Haihain咀嚼時には咀嚼側、非咀嚼側ともに後期に上昇しており、さらにその増加割合は咀嚼側で高かった(図3)。軟らかく油分を含まないHaihainは食塊形成が難しいとされていることは、舌骨上筋群が開口以外に働く割合やその活動量が高いことに合致しており、これらの関係を調べることが、食塊形成における舌骨上筋群の働きを明らかにするために有用であることが示唆された。

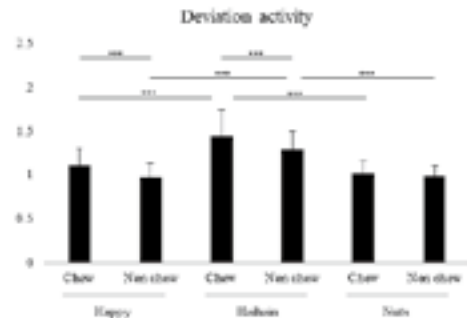


図3. 開口量に対する舌骨上筋群活動量の割合
咀嚼後期における1咀嚼サイクル当たりの舌骨上筋群活動量/咀嚼後期における1咀嚼サイクル当たりの開口量の平均値をDeviation activityとして食品間で比較した。***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05 (Two way repeated measures ANOVA followed by Turkey's HSD test)。

【参考文献】

- 1) Sasa A, Kulvanich S, Hao N et al. Functional evaluation of jaw and suprahyoid muscle activities during chewing. J Oral Rehabil. 2022 Sep 24. Online ahead of print.
- 2) Sasa A, Kulvanich S, Hao N et al. Functional Role of Suprahyoid Muscles in Bolus Formation During Mastication. Front Physiol. 2022 Jun 8;13:881891.
- 3) Takei E, Kulvanich S, Tsujimura T et al. Age-related changes in functional adaptation to bolus characteristics during chewing. Physiol Behav. 2020;225:113102.

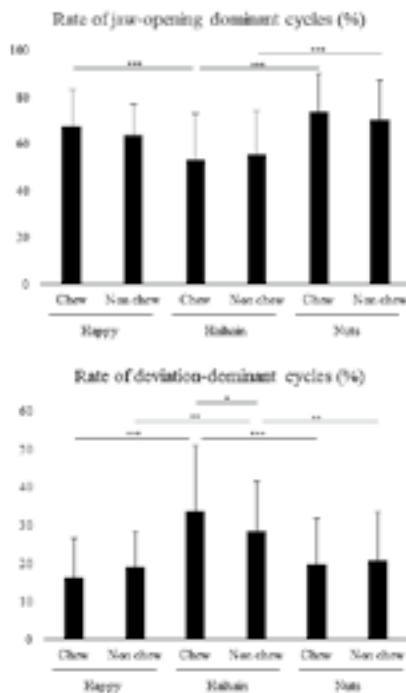


図2. 最初の嚥下までの咀嚼区間における食品ごとのJaw-opening dominant cycleおよびDeviation cycleの頻度。***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05 (One way repeated measures ANOVA followed by Turkey's HSD test)。