

令和 6 年 6 月 22 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17036

研究課題名（和文）舌運動と舌圧の同時計測による咀嚼時の舌機能評価

研究課題名（英文）Evaluation of tongue function during mastication by simultaneous measurement of tongue motion and tongue pressure

研究代表者

兒玉 匠平（Kodama, Shohei）

新潟大学・医歯学総合病院・助教

研究者番号：80882993

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：舌の動きは口腔機能を発揮する上で必要不可欠であり、舌機能低下に対する評価は主観的評価のみではなく、客観的な評価も必要である。本研究は、我々の構築した舌運動と舌圧発現様相を同時測定する舌運動機能評価システムを用いて、ガム咀嚼時の舌運動と顎運動の詳細を探索することを目的とした。その結果、舌は開口後、最大開口まで前方へ移動し、閉口運動時には咀嚼側へ移動した。舌は閉口期に一度下方に移動した。閉口後、舌は右、上、後方に移動し元の位置に戻った。これらの動きは、食物が歯列の上に置かれ、歯列で咀嚼された食物が再び舌の上に置かれるためと考えられた。本研究により、ガム咀嚼時の一連の舌運動パターンが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究でガム咀嚼時の一連の舌運動パターンが明らかになった。今後さらに舌運動と舌圧発現様相を同時に評価することで、互いの関連性が判明できる可能性がある。舌運動測定装置は大型で持ち運びが困難であるが、軽量で持ち運び可能な舌圧センサシステムのみで舌の運動障害の診断が可能になれば、より効果的なりハビリテーションを行うことができると考えた。

研究成果の概要（英文）：Tongue movement is indispensable for oral function, and evaluation of tongue function decline is not only subjective, but also requires objective evaluation. The purpose of this study was to explore the details of tongue and jaw movements during gum chewing using our tongue movement function evaluation system that simultaneously measures tongue movement and the aspect of tongue pressure expression. The results showed that the tongue moved forward after opening until the maximum opening, and moved to the masticatory side during the closing movement. The tongue moved downward once during the closing phase of mouth closure. After mouth closure, the tongue moved to the right, upward, and backward, and returned to its original position. These movements were considered to be caused by the food being placed on the dentition and the food chewed by the dentition being placed on the tongue again. This study revealed a series of tongue movement patterns during gum chewing.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：咀嚼 舌運動 舌圧

1. 研究開始当初の背景

舌は緻密でダイナミックな動きにより、さまざまな機能を生み出し、咀嚼・嚥下・構音など非常に重要な役割を担っている。嚥下時に舌は顎運動と協調しながら複雑な動きをしている。また、咀嚼時に舌は固有口腔に落ちた食物を再び歯列上に戻し、食塊の形成に有効に働く。加齢や腫瘍による舌切除等で舌に障害を受けると、それらの動作に支障をきたし、舌機能低下に対する評価は主観的評価のみではなく、客観的な評価も必要である。このように舌の動きは口腔機能を発揮する上で必要不可欠であり、摂食嚥下障害の機序を明らかにするためには、嚥下時や咀嚼時の舌運動を調べる必要がある。

しかしながら、舌は口腔内にあるため、直接運動を観察することはできない。そのため、嚥下造影検査(以下VF)や嚥下内視鏡検査(以下VE)、超音波検査(以下US)などを用いて咀嚼時の舌運動についての研究が行われてきた。Palmarらはハードフードとソフトフードを用いて咀嚼に関する研究を行っており、舌運動の振幅やタイミングは食品のタイプによって異なることや、二次元的な舌運動の詳細について報告した。嚥下造影検査では、咀嚼から嚥下まで食塊の位置を含めて一連の測定が可能だが、放射線被曝のリスクがあること、舌以外の器官と重なっている二次元画像であり、舌を明瞭に観察できないことが欠点として挙げられる。また、我々は咀嚼時の舌圧発現に関する研究も行ってきた。舌圧の大きさや発現時間、タイミングをリアルタイムで測定可能な舌圧測定システム(スワロースキャン)を用いて健常者や有病者における舌圧発現様相等の測定を行った。しかしながら、嚥下時や咀嚼時の舌と口蓋の接触している期間のみの評価であることから、接触時以外の舌運動を観察することは不可能であり、舌運動自体を正確に把握することはできていない。

そこで我々は、舌と口蓋が接触する前後の舌運動も観察するために、舌運動と舌圧発現様相を同時測定する舌運動機能評価システムを構築し、水嚥下時の舌運動と舌圧の関係について解析してきた。舌運動記録に用いたのは舌表面の運動記録が可能なモーションキャプチャシステム(電磁アーティキュログラフ, Electromagnetic articulography, 以下EMA)で、サンプリング周波数が高く、定量的に舌運動軌跡を定量的に評価できる点が優れている。EMAはVFのように被爆することなく、USのように他の筋肉の影響を受けない。しかしながら、装置の持ち運びはできず、磁場を用いているため電波を発する電子機器とは併用できない。EMAを用いて水嚥下時の舌運動を行っている研究は複数あるが、咀嚼時の舌運動に関する研究報告は未だ少ないのが現状である。EMAを用いることで舌表面に貼付したセンサの動きを三次元的に観察することができるため、咀嚼時の舌運動の詳細を解析することができるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的はガム咀嚼時の舌運動と顎運動の詳細を探索することである。

3. 研究の方法

被験者

被験者は、健常若年成人10名(男性5名、平均年齢26.8歳)とした。本研究の主旨を理解し、文書で同意を得られた新潟大学大学職員及および学生の中から選ばれた。自覚的・多角的に咀嚼・嚥下機能に障害のある者、顎関節疾患の既往、矯正治療を行っている者、ラテックスアレルギーを有する者は除外した。なお、本実験プロトコルは本学倫理審査委員会の承認(2015-3050)を得た。

測定機器

舌運動および顎運動の測定には電磁アーティキュログラフ(以下、EMA(AG-501, Carstens, Göttingen, Germany))(図1A)を用いた。EMAは舌運動を3次元でモーションキャプチャすることが可能な装置で、測定領域となる磁界を形成する3本のトランスミッターと、ポジションデータを提供する立方体の有線マーカー(図1B, 2×2×2mm)

から構成されている。マーカーの内部に巻数の異なる二つのコイルが組み込まれており、磁界の中をマーカーが動くことによりそれぞれのコイルに異なる値の誘導電流が生じる。この誘導電流の強さはトランスミッターとマーカーの距離に依存しており、二つのコイルの電位差がポジションデータに変換されることで、磁界の中を動くマーカーの運動軌跡が3次元でリアルタイムに記録される。

口蓋に舌圧センサシート (Swallow Scan, ニッタ, 大阪, 日本) (図 1C) を貼付し、同時に舌圧も測定した (文献)。このセンサシートは、口蓋正中前方部 (Ch1), 口蓋正中中央部 (Ch2), 口蓋正中後方部 (Ch3), 左側後方周縁部 (Ch4), 右側後方周縁部 (Ch5) の5箇所有感圧部位を有している。厚みは約 0.1mm と非常に薄く、生理的な摂食を極力阻害することなく測定することができる。センサシートの貼付位置は、解剖学的ランドマークである、切歯乳頭およびハミュラーノッチを参考に決定し、口蓋の大きさに応じて S, M, L の3種類の中から最適な寸法のセンサシートを選択した。舌圧センサシートはシート状義歯安定剤 (タッチコレクト[®], 塩野義, 東京, 日本) を用いてセンサシートを口蓋に貼付した。本論文では、舌圧の結果は分析しなかった。

EMA のマーカーは、舌上に4点、切歯に1点、頭部補正のため上顔面に3点接着した。舌上のマーカーは、舌前方中央 (以後 Ant と定義する), 後方中央 (Post), 後方左側 (Lt) および後方右側 (Rt) の4箇所貼付した (図 1D)。Ant が舌圧センサシートの Ch.1, Post が Ch.3, Lt が Ch.4, Rt が Ch.5 に対応するように、軟組織接合用接着剤 (アロンアルファ A[®], 東亜合成, 富山, 日本) を用いて直接舌上に貼付した。咀嚼時に動線を間違えて噛まないように、EMA のマーカーの導線を束ねるための実験用口腔内装置 (図 1E) を製作し、口腔内に装着した。また、下顎運動を測定するために下顎切歯唇側 (Inc) に1か所、頭部同様補正のためにフランクフルト平面上の鼻背正中および左右の頬骨弓上の3点にマーカーを貼付した (図 1F)。

測定前に EMA の各マーカーのポジションデータの採得や運動方向のキャリブレーションを行なった。また、舌圧センサシートの Ch1 と Ch3, Ch4, Ch5 の位置を EMA にて記録した。

分析

分析対象は安定した顎運動を示す咀嚼サイクルとし、全被験者の平均は 29 サイクルであった。まず頭部補正用マーカーの位置を参照して、頭部動揺を補正した。原点は舌圧センサシートの Ch.1 とし、矢状面上の Ch.1 と Ch.3 を結んだ直線を X 軸 (前後方向; 後方を正, 前方を負) とした。原点を通り X 軸に垂直で左右乳様突起に平行な線を Y 軸 (右方を正, 左方を負) とした。さらに、X 軸および Y 軸と垂直な線を Z 軸 (上下方向; 上方を正, 下方を負) とした。まず、一連の咀嚼過程における舌および切歯点のマーカーの3次元直交座標上の動画 (Supplemental Movie) と時系列上の波形グラフ (図 2A) を作成した。次に切歯点の動きを参照し、開口開始から次の開口開始までを1サイクルと定義した。さらに各咀嚼サイクルを開口相・閉口相・咬合相に分類 (図 2B) した。1 咀嚼サイクルの開始から終了までの時間を 100% として顎運動および舌運動波形について時

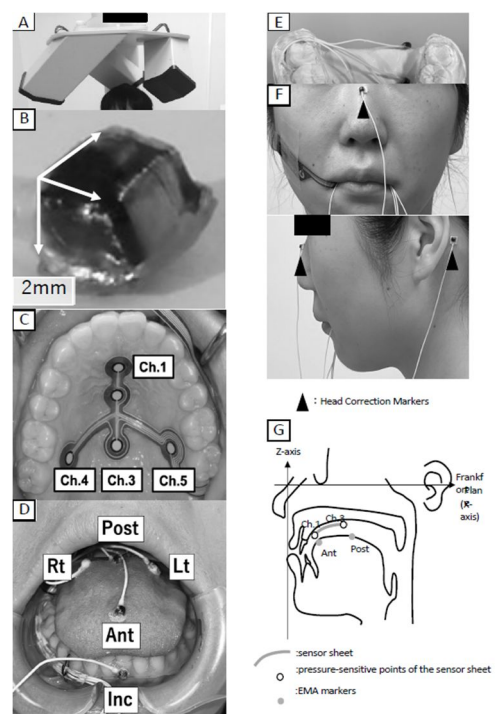


Figure1 Electromagnetic articulography

間的に正規化して各被験者にすべての咀嚼運動の重ね合わせ処理を行った。さらに、被験者全員の波形をさらに重ね合わせた。その後各マーカーの運動軌跡を前頭断 (YZ 平面)、矢状断 (XZ 平面) に分けて描記し、その動きを観察した。本研究では、YZ 平面を前頭断、XZ 平面を矢状断、XY 平面を水平断とした(この矢状断と違って書き方は嫌われるかも)次に、各咀嚼サイクルの中で、各マーカーの X, Y, Z 軸における最大値, 最小値を算出し、移動範囲を最大値 - 最小値にて算出した。さらに最大値および最小値を取る時間を、正規化された時間 (0 - 100%) の間で同定した。解析

舌の 4 点と切歯点の合計 5 点のマーカーの X, Y, Z 軸上の最大値と最小値および移動範囲について、マーカー間の違いを Friedman test および posthoc テストを用いて比較した。さらに、各マーカーの最大値と最小値の絶対値を Wilcoxon signed rank test を用いて比較した。

統計には SPSS software (Version 28.0, IBM Japan, Tokyo, Japan) を用い、統計学的な基準は $p < 0.05$ とした。

4. 研究成果

測定の結果を各マーカーで上下成分・前後成分・左右成分に分けて観察した (図 3, 4)。

上下成分

Inc の下方移動量は、舌のマーカーよりも有意に大きかった。Lt および Post の移動量は、舌前方の Ant よりも有意に大きく下方に移動していた。

前後成分

Inc は後方への移動が主だったのに対して、舌は後方よりも前方への移動が多かった。後方への移動量をみると、Inc は舌後方のマーカーよりも有意に大きかった。前方への移動量は、Ant, Lt, Post のマーカーは Inc よりも大きかった。前後方向への移動範囲の比較ではすべてマーカー間で有意差な違いは認められなかった。舌は開口後、最大開口まで前方へ移動し、閉口運動時には咀嚼側へ移動した。舌は閉口期に一度下方に移動した。閉口後、舌は右、上、後方に移動し元の位置に戻った。これらの動きは、食物が歯列の上に置かれ、歯列で咀嚼された食物が再び舌の上に置かれるためと考えられた。本研究により、ガム咀嚼時の一連の舌運動パターンが明らかになった。

左右成分

下顎、舌ともに咀嚼側である左方への移動量が右方と比較して大きかった。咀嚼側 (左側) への移動量、平衡側 (右側) への移動量、左右方向への移動量について、全てのマーカー間で有意な違いは認められなかった。

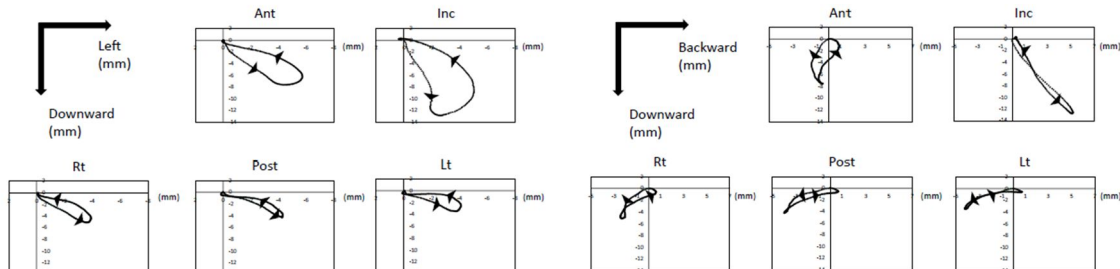


Figure 3 Trajectory of tongue and jaw movement of the frontal section Figure 4 Trajectory of tongue and jaw movement of the sagittal section
今回の結果より、開口開始から最大開口時に向かって舌は左側に移動しており、さらに最大開口時付近では舌は左側が高く、右側が低くなることで、舌で壁を作り、歯列上に乗せた食塊がこぼれ落ちないように保持していると考えられた。

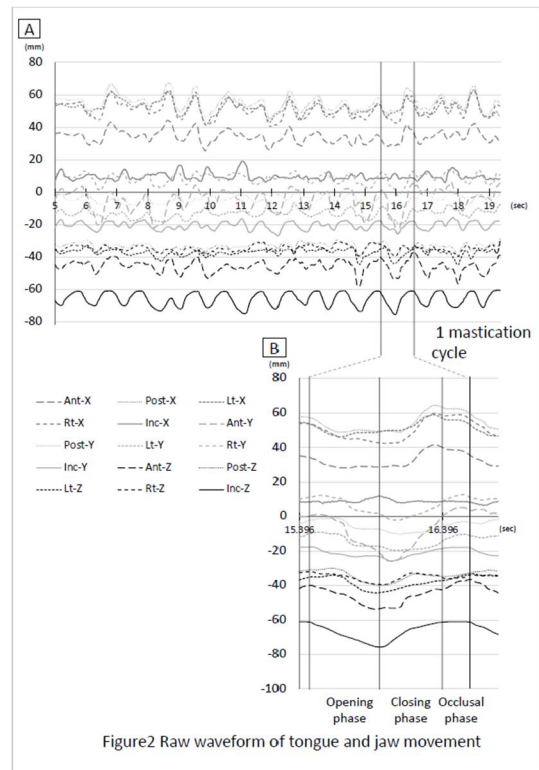


Figure 2 Raw waveform of tongue and jaw movement

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤理加子, 兒玉匠平, 大川純平, 村上和裕, 堀 一浩, 小野高裕
2. 発表標題 ガム咀嚼時の舌運動と顎運動経路
3. 学会等名 第68回顎口腔機能学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兒玉匠平, 佐藤理加子, 大川純平, 堀 一浩, 小野高裕
2. 発表標題 健常高齢者の水嚥下時舌運動
3. 学会等名 老年歯科医学会第33回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤理加子, 堀 一浩, 兒玉匠平, 大川純平, 小野高裕
2. 発表標題 モーションキャプチャシステムを用いた咀嚼時の舌運動と顎運動の同時解析
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤理加子, 兒玉匠平, 大川純平, 堀一浩, 小野高裕
2. 発表標題 グミゼリー咀嚼時の顎運動と舌運動経路
3. 学会等名 第66回顎口腔機能学会学術大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 新開瑞希, 李宙垣, 佐藤理加子
2. 発表標題 顎口腔機能セミナーを活かそう! 大学院生が研究者になるまでの第一歩。～嚥下時の舌運動をみる～
3. 学会等名 第70回日本学口腔機能学会
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 佐藤理加子, 兒玉匠平, 大川純平, 村上和裕, 小野高裕, 堀一浩
2. 発表標題 ガム咀嚼時の舌運動解析
3. 学会等名 第29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 2023年～2024年

1. 発表者名 Rikako Sato, Shohei Kodama, Jumpei Okawa, Kazuhiro Murakami, Takahiro Ono, Kazuhiro Hori
2. 発表標題 Three-dimensional Analysis of Tongue and Mandibular Movement during Gum Chewing
3. 学会等名 European Society for Swallowing Disorders (ESSD) 2023 13th Annual Congress
4. 発表年 2023年～2024年

1. 発表者名 Rikako Sato, Shohei Kodama, Jumpei Okawa, Kazuhiro Murakami, Takahiro Ono, Kazuhiro Hori
2. 発表標題 Tongue and Jaw Movement during Mastication.
3. 学会等名 European College of Gerodontology (ECG) Congress 2023
4. 発表年 2023年～2024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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------