

令和元年6月15日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K17162

研究課題名(和文) 舌圧測定と電磁アーティキュログラフを用いた包括的舌機能定量評価システムの構築

研究課題名(英文) Formulating new system for evaluating comprehensive lingual function by measuring tongue pressure and trajectory of motion with electromagnetic articulograph

研究代表者

藤原 茂弘 (Fujiwara, Shigehiro)

新潟大学・医歯学系・助教

研究者番号：70711034

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：研究の目的は舌圧測定と舌運動モーションキャプチャシステムの同時測定により舌と口蓋の接触前後の舌運動の様相も補完して舌圧発現パターンを評価することである。その結果、舌圧発現の前後で全ての被験者に共通して見られる運動パターンを見出し、舌圧のOnsetは、舌後方が口蓋に接触する時と非常に強い時間的関連性を認めた。一方、舌圧のOffsetは舌前方と後方が口蓋から離れるタイミングよりも有意に早く発現していた。以上より舌運動と舌圧発現様相との同時計測から、水嚥下時の舌運動パターン、舌圧発現様相と舌運動との関係が明らかとなり、これらのことは嚥下時における舌圧産生メカニズムの解明の一助となりうると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

嚥下障害の客観的診断のゴールドスタンダードであるビデオ嚥下造影検査は、患者に対する被爆が生じる点などからスクリーニング検査や複数回の縦断的検査には適していないと考えられる。しかし、申請者らが開発した舌圧測定システムは、簡便かつ非侵襲的に嚥下時舌圧発現様相の客観的評価が可能であり、頻回の検査も患者の負担とならない。この舌圧発現様相から嚥下時の一連の舌運動も評価することが可能になれば、舌圧検査による診断の有効性が高まることになると思われ、低侵襲であり簡便かつ客観的・定量的な嚥下機能評価法として、摂食・嚥下リハビリテーションの臨床において大いに貢献することになると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to evaluate the tongue pressure production by complementing the tongue movement before and after contact with the tongue and palate by simultaneous measurement of tongue pressure measurement and a motion capture system for tongue movement. As a result, we found a movement pattern common to all subjects before and after tongue pressure generation, and it showed a very strong temporal relationship between the onset of tongue pressure and the timing when the posterior tongue contacts the palate. On the other hand, the offset of tongue pressure was expressed significantly earlier than the timing when the anterior and posterior tongues left the palate.

From the above, the tongue movement pattern during swallowing and the relationship between tongue pressure production and tongue movement were clarified. It is thought that these facts can help to elucidate the mechanism of tongue pressure production during swallowing.

研究分野：摂食・嚥下リハビリテーション

キーワード：摂食・嚥下リハビリテーション 歯学 医療・福祉 解析・評価

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

1. 研究開始当初の背景

近年、嚥下障害患者の増加に伴い、摂食嚥下リハビリテーションに対するニーズは高まる一方である。要支援・要介護者における嚥下障害保有者は約 20%、数にして全国推計およそ 100 万人とされる。また、嚥下障害から惹起される誤嚥性肺炎の医療費が約 170 万円というデータからも、嚥下機能の診断、嚥下障害に対するリハビリテーションは日本の医療費削減において貢献する分野であると考えられる。

様々な嚥下機能評価法が臨床の場で用いられているが、摂食・嚥下において重要な役割を果たす舌の機能評価法の一つとして、舌と口蓋の接触圧を測定する舌圧検査がある。主観的評価が主であった摂食・嚥下領域において、舌圧検査は従来の検査法では定量的な評価が不可能であった咀嚼・嚥下に発揮できる力の大きさを評価することが可能であり、摂食嚥下リハビリテーションの臨床における診断支援として非常に有用な手段である。このことは、平成 28 年度の診療報酬改定において、新たに舌圧検査が保険導入されたことから伺うことができる。

申請者は、早くから咀嚼嚥下機能評価の指標として、舌圧発現様相に着目してきた。舌圧の大きさ、発現時間、タイミングがリアルタイムで計測可能である舌圧測定システム(図 1)を用い、健常者・有病者における舌圧発現様相、嚥下訓練時、物性の異なる食品摂取時の舌圧発現様相(Fujiwara et al. 2014 Dysphagia) (Fujiu-Kurachi, Fujiwara et al. 2014 Dysphagia) (Yokoyama, Fujiwara et al. 2014 Plos One) など、嚥下障害患者に対する摂食・嚥下リハビリテーションの臨床において有用な知見をこれまでに多数得てきた。

このように診断ツールとして舌圧検査は有用な検査法であるが、一連の嚥下動作における舌と口蓋が接触した時間のみの評価であり、また接触の強弱は精査できるが、実際の舌運動自体を正確に把握することはできない。口蓋との接触前後の舌運動の情報も補完して舌圧発現様相を評価できれば、これまで以上に舌機能を客観的・定量的に評価できるようになり、舌圧検査の有用性もさらに高まると考えられる。

舌運動の評価方法としては、ビデオ嚥下造影検査(以下 Videofluorography: VF)や超音波検査が主に用いられるが、定性的な評価であることに加え、VF に関しては被曝が生じる点が問題であった。他の舌運動の記録の方法としてモーションキャプチャシステムがある。舌表面に標点であるセンサを貼付し、標点の軌跡を 3 次元的に記録し、舌運動の様相を定量的に評価することが可能である。舌運動のモーションキャプチャシステムとしては電磁アーティキュログラフ(図 2)が、構音時・嚥下時の舌運動を記録した過去の研究において用いられており、舌運動の定量的評価法として適していると考えられる。

こうした背景から、申請者は一連の舌運動を定量的に評価することが可能な新たなシステム、包括的舌機能定量評価システムを構築することを目的に、舌圧測定システムと舌運動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)の同時計測を行いたいと考えるに至った。舌と口蓋の接触前後の舌運動の様相も含めて舌圧発現様相を評価することで、舌圧発現と舌運動とを関連付けることができれば、舌圧検査結果をもとに、舌の運動障害を診断することができ、より効果的なリハビリテーションを立案することができると考えられる。

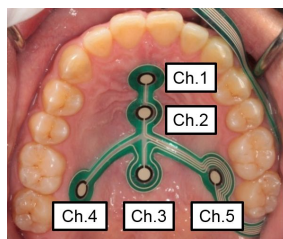


図 1

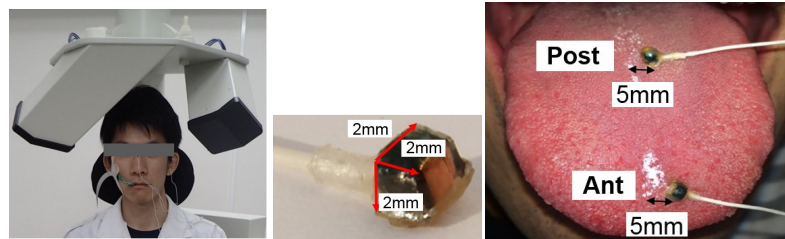


図 2

2. 研究の目的

本研究の目的は、舌圧測定と舌運動モーションキャプチャシステムである電磁アーティキュログラフとの同時測定により、舌と口蓋の接触前後の舌運動の様相も補完して舌圧発現パターンを評価することである。まずは計測系を構築することより始め、得られた一連の嚥下動作中にみられる舌圧発現様相と舌運動の軌跡のデータをとともに吟味することで、これまでの舌圧発現様相、嚥下時舌運動に関する知見をさらに深めることを目的に研究を進めることとした。

3. 研究の方法

(1) 被験者

被験者は、実験の趣旨を十分に理解し同意を得られた新潟大学大学院職員および学生の中から、摂食嚥下障害ならびに神経筋疾患を有さず、欠損補綴処置と顎関節疾患の既往のない健常成人男性 12 名(平均年齢 30.8 ± 4.2 歳)とした。なお、本実験プロトコルは本学倫理審査委員会の承認(28-R49-11-15)を得たものである。

(2) 測定装置

舌圧測定

嚥下時舌圧の測定にはタクタイルセンサシートシステム(Swallow Scan, ニッタ, 大阪, 日

本)を用いた。本システムは、口蓋の曲面に沿うようにT字型をしており、嚥下時の舌圧を測定するために必要と考えられる以下の5箇所、口蓋正中前方部(Ch.1)、口蓋正中中央部(Ch.2)、口蓋正中後方部(Ch.3)、右側後方周縁部(Ch.4)、左側後方周縁部(Ch.5)に感圧部位を有し、各Ch.における舌圧の発現を時系列に沿って記録することが可能である。

舌圧の測定に先立ち、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。

舌運動解析

舌運動解析には、EMA(AG-501, Carstens, Göttingen, Germany)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(2×2×2mm)から構成されている。マーカーの内部に巻数が異なる2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、2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。

舌上に貼付するマーカーの位置は、舌前方部(Ant)と後方部(Post)の2点とし、AntがCh.1、PostがCh.3に対応するように、生体用瞬間接着剤(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。また、頭部の動きを補正するための基準点として、フランクフルト平面上の鼻背正中中部と左右両側の耳珠上縁の皮膚表面上の3点にマーカーを貼付した。測定時の姿勢は、椅子に腰かけた状態でフランクフルト平面が床面と平行になるよう頭部をヘッドレストで支持し、両足はともに床面に接地させた。測定により得られたデータは舌圧測定用とは別のPCに記録した。計測して得られたデータは、数値解析ソフトウェア(MATLAB Math Works Inc, Natick, USA)を用いて、EMAで生成される測定空間の座標軸から被験者のフランクフルト平面を基準平面とした空間の座標軸へ座標変換することで、頭部の動きを補正した。

舌運動解析と舌圧測定の同期

舌運動と舌圧の同時記録にあたっては、同期用のシグナルをSwallow ScanとEMAそれぞれの記録用PCに入力し、両データの同期をはかった。サンプリング周波数は、EMAは250Hz、Swallow Scanは125Hzとした。予備実験の結果、双方の測定には 0.12 ± 0.0099 秒(平均値±標準偏差)の時間的な違いを認めため、測定開始時間の遅かったSwallow Scanの時間データから0.12秒を引いて分析を行った。

(3) 測定項目

測定タスクは、水を3ml口腔底に保持して嚥下させるDipper typeと、舌背に保持して嚥下させるTipper typeの2種類の嚥下とした。同一被験者内でも嚥下時の舌運動にはばらつきが認められるという過去の報告を参考に、測定試行の舌運動の精度を高めて安定した測定波形が得られるようにするため、測定順序のランダム化は行わずにそれぞれのタスクを7回連続で行わせた。

4. 研究成果

上記の計測系を構築し、舌上のマーカーが外れることなく測定を行うことができ、また安定したデータを得ることができた。また、舌上のマーカーの有無で得られる舌圧波形に有意な差は得られないことも確認し、この計測系で舌圧と舌運動の同期計測を進めることとした。

嚥下時舌圧波形と舌運動軌跡が同時に得られることで、これまでの舌運動を調べた研究では、軌跡の上下運動が何を意味するのか推定の範囲でしか考察ができなかったが、舌圧波形とあわせて考察をすることで口蓋に接触するタイミングが明確にわかるようになり、舌運動軌跡に対する考察もこれまで以上に詳細に行えるようになった。

(1) 嚥下時舌運動パターンの定性的評価

目的

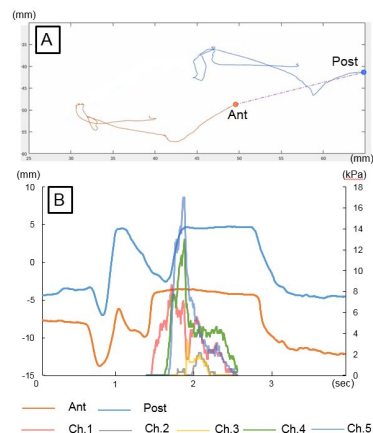
舌運動軌跡と舌圧の同期波形図を用いて、嚥下時舌運動パターンを定性的に評価すること。

方法

まず、MATLABを用いて、矢状面断上における舌運動の軌跡を描記した図ならびに舌運動軌跡の上下方向成分と舌圧を、測定開始時間を0秒として同一時系列上に描記した同期波形図を制作した(右図)。次に、各被験者間で共通して認められる舌運動の上下方向成分の波形上の変曲点を決定し、タイムイベントとして定義した。

結果

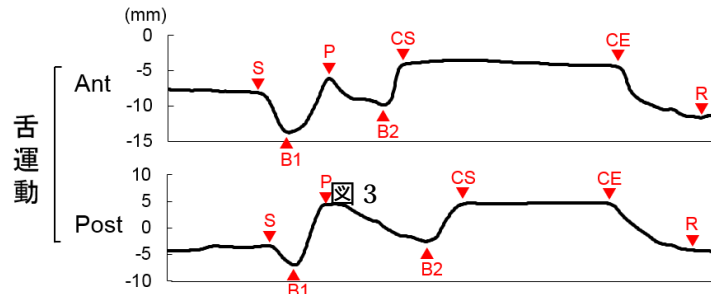
図3に各被験者で共通して認められた舌運動の上下方向成分の波形上に設定したタイムイベント、ならびに各Ch.の舌圧波形の一例を示す。AntとPostともに波形上で共通した変曲点が認められた。すなわち、嚥下のために舌はS(嚥下動作開始点)から降下を開始し、B1(最降下点)に達した後挙上に転じ、P(最上昇点)で一旦停止した後、さらに再度



降下して B2 (最降下点) に至ると、再度急速に挙上して CS (口蓋接触開始点) に至る。そして上下方向にはほとんど変化のないプラトーな状態がしばらく継続した後、CE (口蓋接触終了点) から降下し始め、R (安静位復位点) で安静位に復位した。

小括

水嚥下における一連の舌運動のパターンが明らかとなった。Dipper type では、舌前方部と後方部で同様の上下運動をしてから舌圧が発現する様子が観察された。



タイムイベント

S:嚥下動作開始点 B1:最降下点① P:最上昇点 B2:最降下点②

CS:口蓋接触開始点 CE:口蓋接触終了点 R:安静位復位点

図 3

(2) 嚥下時舌運動と舌圧発現の時間的関連性

目的

水嚥下時の舌運動の舌圧発現における役割を明らかにするために、舌運動と舌圧発現との時間的関連性を分析すること。

方法

舌圧の Onset ならびに Offset と舌-口蓋接触に関わるタイムイベントとの同時性について検証した。統計方法は Friedman 検定を行い、有意差が認められた場合は Bonferroni の不等式で有意水準を補正した Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて多重比較を行った。さらに舌圧の Onset ならびに Offset と口蓋接触に関わるタイムイベントとの間の同期性について、級内相関係数を用いて分析を行った。

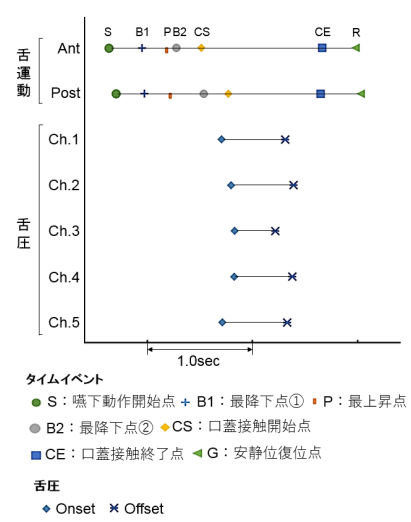
結果

各 Ch. の舌圧の Onset は、Ant, Post の P (最上昇点) と Ant の CS (口蓋接触開始点) より有意に遅く、Post の CS (口蓋接触開始点) とほぼ同じタイミングでみられた。また、Ch. 3 の Onset のみ Post の CS (口蓋接触開始点) よりも有意に遅かった (右図)。一方、舌圧の Offset は Ant, Post の CE (口蓋接触終了点) よりも有意に早かった。

級内相関係数を用いた分析の結果、Ant, Post の P (最上昇点) と舌圧の各感圧点における Onset との間の時間的関連性は弱かったが、Ant, Post の CS (口蓋接触開始点) との間では強い結果となった。特に Post の CS (口蓋接触開始点) は舌圧の Onset との間に非常に強い時間的関連性が認められた (Ant Ch.1: $r = 0.70$, Ch.2: $r = 0.61$, Ch.3: $r = 0.62$, Ch.4: $r = 0.66$, Ch.5: $r = 0.71$, Post Ch.1: $r = 0.72$, Ch.2: $r = 0.84$, Ch.3: $r = 0.91$, Ch.4: $r = 0.89$, Ch.5: $r = 0.88$)。一方、舌圧の Offset と Ant, Post の CE (口蓋接触終了点) の時間的関連性はともに弱かった。

小括

Dipper type の嚥下においては、舌が口蓋に接触した時点で舌圧が発現し、舌が口蓋から離れる前に舌圧が消失することが示された。また、舌圧の消失は舌が口蓋から離れ始めるよりも早いことが示された。



タイムイベント

S:嚥下動作開始点 + B1:最降下点① P:最上昇点
● B2:最降下点② ● CS:口蓋接触開始点
■ CE:口蓋接触終了点 ▲ G:安静位復位点

舌圧

◆ Onset × Offset

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 8 件)

1. 設樂仁子, 藤原茂弘, 大川純平, 兒玉匠平, 堀 一浩, 小野高裕: 舌圧センサシートと電磁アーティキュログラフを用いた舌機能評価. 日本顎口腔機能学会 第 59 回学術大会, 長崎, 2017 年 11 月 26 日. 優秀賞 受賞

2. 兒玉匠平, 藤原茂弘, 設樂仁子, 大川純平, 堀 一浩, 小野高裕: 液体へのとろみづけが舌

運動と舌圧発現様相に及ぼす影響．日本顎口腔機能学会 第 61 回学術大会，東京，2018 年 9 月 30 日．
優秀賞 受賞

3. 設楽仁子，藤原茂弘，大川純平，兒玉匠平，堀 一浩，小野高裕：嚥下時舌運動と舌圧発現様相との関係．平成 30 年度新潟歯学会第 1 回例会，2018 年 6 月 30 日

4. Shitara S, Fujiwara S, Okawa J, Kodama S, Hori K, Ono T : Tongue motor bio-mechanics in swallowing; non-invasive evaluation of tongue kinetics and pressure generation against hard palate, 5th International Conference on Food Oral Processing, Nottingham, UK, 1-4 July, 2018.

5. Shitara S, Fujiwara S, Okawa J, Kodama S, Hori K, Ono T: Evaluation of lingual function by motion capture system and tongue pressure measurement. International Collaborative Symposium on Development of Human Resource in Practical Oral Health and Treatment, Jakarta, Jan 10, 2018.

6. 藤原茂弘，兒玉匠平，設楽仁子，大川純平，堀 一浩，小野高裕：モーションキャプチャと舌圧測定を用いた舌接触補助床製作のための新たな舌運動評価の試み．日本顎顔面補綴学会第 35 回学術大会，徳島市，2018 年 6 月 30 日．

7. 藤原茂弘，兒玉匠平，設楽仁子，大川純平，堀 一浩，小野高裕：舌接触補助床製作のための新たな舌運動評価の試み，第 30 回日本嚥下障害臨床研究会，神戸市，2018 年 7 月 7 日

8. 兒玉匠平，藤原茂弘，設楽仁子，大川純平，堀一浩，小野高裕：とろみ水嚥下時の舌運動と舌圧発現様相，日本補綴歯科学会関越支部平成 30 年度学術大会，新潟市，2018 年 11 月 11 日

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。