

令和元年6月20日現在

機関番号：32710

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K15808

研究課題名（和文）筋電計および気圧計を用いた摂食嚥下メカニズムの解明と臨床応用

研究課題名（英文）Elucidation of swallowing function using new device with electromyography and barometric pressure sensor

研究代表者

大房 航 (OFUSA, Wataru)

鶴見大学・歯学部・助教

研究者番号：50709508

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、筋電図および気圧変化を同時に記録可能なシステムを開発し、摂食嚥下メカニズムの解明を行った。大別して3つの研究を行った。ネオジム磁石を利用した電極を新規製作し、この電極を用いて内舌筋筋電図記録が可能であることを示した。口輪筋筋電図および口唇閉鎖圧を簡便に記録可能な電極シートを開発した。これは、口唇で啜るだけで使用可能な特徴をもつ。内舌筋活動および口腔内圧、咽頭腔内圧の同時記録を行った。その時間的特性を分析した結果から口腔内圧のピークが鼻咽腔閉鎖開始時期と一致することが推察された。これらの結果から、摂食嚥下機能研究のための新しいデバイス開発とそれを用いた摂食嚥下機能解明ができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本は超高齢社会であり、要介護高齢者も増加の一途を辿る。要介護者を増やさないために、様々な予防策について研究されており、摂食嚥下機能もその予防に大きく関わっている因子である。本研究結果は摂食嚥下機能のメカニズムの解明の一端を担っており、また使用した機器は臨床応用性があり、摂食嚥下リハビリテーション分野の発展に寄与するものと考えられる。そして、このことは今後の日本社会に少ないながら影響を与えるものと考えている。

研究成果の概要（英文）：We developed a new device that can record both EMG and barometric pressure, and elucidated swallowing function. The following three studies were conducted; A new electrode using a neodymium magnet was fabricated, and it was shown that EMG of the intrinsic tongue muscle can be performed using this electrode. We developed an electrode sheet that can record the orbicularis muscle activity and the contact pressure on the lips. It has features that can be used just by crawling on the lips. Simultaneous recording of intrinsic tongue muscle activity, barometric pressure changes of oral cavity and pharyngeal space were performed. From the analysis of temporal characteristics, it was inferred that the peak of intraoral pressure coincides with the nasopharyngeal closure begins. As a result of these studies, we have developed a new device to study swallowing function, and have been able to elucidate it using a new device.

研究分野：口腔生理学

キーワード：筋電図 口腔内圧 口唇閉鎖機能 嚥下 口輪筋

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

1. 研究開始当初の背景

筋電計・気圧計は共に古くから存在し、様々な分野で研究等に使用されてきた。現在、製造技術の発達により、電極・センサ類はより小型で精度の高い計測が可能となった。これにより、口腔内の微細な筋活動や気圧変化を高精度で多チャンネル同時に記録することができ、咀嚼や嚥下運動を記録可能となった。

一方、口腔・咽頭領域の担う機能は発音や栄養摂取など生命維持活動に重要なものである。これらの機能は、口腔と咽頭腔という大きな閉鎖空間を使って営まれており、それを構成する器官の活動を直接的に調べることは容易ではない。そのため、内視鏡(VE)や X 線ビデオ装置(VF)などを利用して研究がなされてきた。しかしながら、その時間的解像度は 30~60 Hz 程度である。口腔・咽頭機能の一つである摂食嚥下機能に関していえば、嚥下反射は 0.6 sec で行われていることを考慮すると、より詳細な時間的分解能での検証が必要となる。

今回、我々が製作した筋電計・気圧計同時記録システムは 300 Hz のサンプリングレートであり(筋電計だけであれば 1000 Hz での記録も可能)、上記デバイスに比べて高い時間的分解能を誇る。特に気圧計は 5 mm 程度と小さく、容易に口腔内や咽頭腔内に設置が可能である。

2. 研究の目的

本研究では、新規製作した筋電計、気圧計を用い、口腔周囲筋活動や口腔内の気圧変化を記録・検討し摂食嚥下メカニズムの解明を目的とし、摂食嚥下リハビリテーション分野の基礎知識の補強を図ることとした。また、使用する計測機器の臨床応用性についても検討した。

3. 研究の方法

(1)新規記録システムを用いて内舌筋筋電図を新規電極によって記録を試みた。舌筋は主に舌の形状を変化させる内舌筋と舌の位置を変化させる外舌筋の 2 種類に分けられる。外舌筋はその走行から口腔内で直接記録することは困難であるが、内舌筋は舌表面から直接記録が可能である。しかしながら、舌筋活動の記録は舌の形態や運動、また唾液にさらされることなどから困難であるとされるが、固定が可能であれば記録自体は可能である¹⁾。本研究では、電極としてネオジム磁石を用いて、磁力を利用した固定法を考案し、内舌筋筋電図の記録を試み、舌運動タスクとその筋電図波形からネオジム磁石電極の有効性と舌運動と内舌筋活動の関係性について分析した。

(2)口唇の筋電図および口腔内圧変化、口唇閉鎖圧を同時に記録可能な電極シートを製作し、その実用性を検証した。口唇の機能は、構音や食物摂取に重要な役割があり、特に口唇の閉鎖機能は口腔を閉鎖腔とするために重要と言える。口唇閉鎖機能は閉鎖圧やボタン引き抜き力により評価されているが、その際の口輪筋活動については解明されていない。そのため、臨床応用性を考慮した電極シートを考案し、口唇閉鎖機能の新しい評価法と閉鎖機能時の口輪筋活動について検討した。

(3)舌筋電図と口腔内圧変化、咽頭腔内圧変化を同時にそれぞれ記録し、摂食嚥下機能のメカニズムについて検討した。口腔内で可動する器官として大部分を占めているのは舌である。したがって、舌運動と口腔内圧変化は密接に関係していると考えられる。そのため、舌筋活動と口腔内圧変化を同時に記録し、その時間的タイミングを検討した。また、口腔内圧変化と嚥下反射の時間的関係を調べるため、咽頭腔内にも気圧計を設置した。

<参考文献>

1) Yoshida K, Takada K, Adachi S, Sakuda M. EMG approach to assessing tongue activity using miniature surface electrodes. J Dent Res. 1982;61:1148-1152.

4. 研究成果

(1) 若年健常成人 10 名に対して双極表面筋電図法にて内舌筋活動記録を行った。上記のとおり電極にはネオジム磁石を用いて舌背正中および舌下面に設置した(図 1)。固定には磁力を利用した。被験者には、安静位、舌前方突出課題、舌尖を上顎前歯肉縁に強く押しつける課題、舌尖を上方へ向ける課題をそれぞれ実施させ、その際の筋活動を記録した。その結果、舌運動に伴い複合活動電位が記録され、安静時にはスパイク電位も確認された。タスク間の活動電位を統計学的に比較した結果、舌の形態変化に伴い活動電位は有意に上昇した。したがって、本研究にて記録された筋活動は主

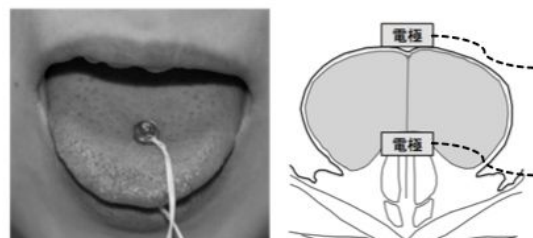


図 1

舌の形態変化に伴い活動電位は有意に上昇した。したがって、本研究にて記録された筋活動は主

に内舌筋であると推測された。しかし、固定力には限界があり、改善の余地があった。結論として、ネオジム磁石を利用した電極は内舌筋活動記録に利用可能であることがわかった。また、この電極は口唇など磁力で挟むことが可能であれば、他部位への応用も可能であり、簡便な電極として臨床応用が期待された。

(2) 新しい電極シート (CS) (図 2A) を用いて、上口輪筋筋電図 (OOM), 口唇閉鎖圧 (LP), および口腔内圧 (IP) を 20 人の健康な被験者で同時に記録した。被験者は最大口唇閉鎖, 口を膨らます, 吸い込む, それぞれのタスクを課した。また, CS 電極の精度を評価するために, 上下の OOM の筋電図を従来の表面電極 (図 2B) を用いて記録した。併せて, CS の使いやすさについてアンケート評価を実施した。結果として, 上 OOM から CS および従来の電極を使用して記録された筋電図波形は高度に相関していた。CS を用いて記録された筋電図の振幅は、従来の電極を用いて記録されたものよりも大きかった。それぞれのタスクの平均 LP は、女性で 2~6 kPa、男性で 5~7 kPa の範囲であった。CS の筋電図振幅は生成された LP と高度に相関していた。相関係数は 3 つのタスクで 0.5~0.6 程度であった。また, 実施後アンケートでは, すべての被験者が CS を従来と比較して使いやすいと評価した。結論として, CS は OOM の筋電図を記録する上でユーザーフレンドリーかつ正確であり, LP と IP を同時に測定することが可能であることが示された。したがって, これは口唇機能の評価するための有効なデバイスであると結論付けた。

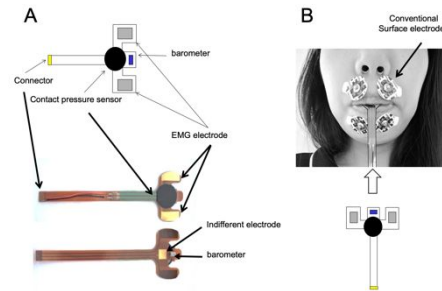


図 2

(3) 10 人の健康成人に対して 2 つの実験を実施した。最初に, 嚥下時の口腔内圧変化 (BP-o) と咽頭腔内圧変化を同時に記録した (図 3A)。次に, 嚥下時の舌前方・後方の内舌筋活動および舌骨上筋群 (Shy), 口腔内気圧変化を同時に記録した (図 3B)。そして, これらの記録結果について活動の時間的特性を分析した。最初の実験では, 嚥下時において口腔内圧変化と咽頭腔内圧変化はそれぞれ異なる特徴的な波形を示した。それぞれの時間的特性を分析した結果, 口腔内圧変化から鼻咽腔閉鎖開始時期を推測できる可能性があることがわかった。特に, 口腔内圧変化のピークは鼻咽腔閉鎖開始時期に近似することが示唆された。この結果を利用し, 口腔内圧変化のピーク値をリファレンスとして, 2 つ目の実験を実施した。2 つ目の実験では, 内舌筋活動の時間的特性から舌運動が食塊を咽頭へ移送するために前方部から後方部に向かって順に活動していることが示された。この結果は, VF や舌接触圧などで過去に示された研究結果とおおむね一致しているが, より高い時間分解能で示すことができた。また, Shy のピークは BP-o のピークに近く, 時間差はほとんどないことがわかった。この結果は, Shy のピークが鼻咽腔閉鎖開始時間を推定可能であることを示唆している。結論としてこれらの結果は, BP-o 測定が嚥下研究のためにその非侵襲的技術およびより高い時間分解能のために被験者にやさしい方法であると考えられ, これらのデバイスはより高い時間分解能で記録可能であることから, 今後の嚥下研究に有益であると結論づけた。これら 2 つの実験結果は, The Society of Oral Physiology 31st Store Kro Club Conference にて発表された。

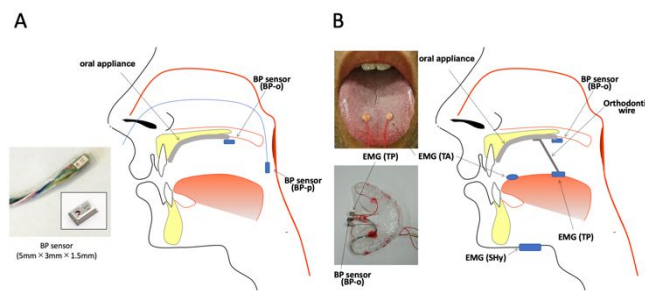


図 3

これらの研究から, 筋電計および気圧計を用いて摂食嚥下機能のメカニズムの一端を解明することができ, かつ今後の研究を遂行するために有益なデバイスの開発を実施することができた。しかしながら, 本研究では臨床応用については検討することができなかった。今後, 新規製作したデバイスの臨床応用性について研究を行いたいと考えている。特に, 摂食嚥下リハビリテーション分野において有益なデバイスと考えているため, 若年者と高齢者の比較や健康者と機能障害患者との比較などを研究したいと考えている。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Sugano A, Ofusa W, Sugito H, Matsubayashi N, Hakkaku M, Yamada Y
Development of a novel composite sensor for evaluating lip function (in press)
J Oral Rehabil. DOI:10.1111/joor.12825 査読あり

Ofusa W, Yamada Y, Ishida R, Iida R, Oguchi H
Development of Magnet Based Surface Electrode and Application to Evaluation of Tongue
Muscle Activities.
Journal of Japanese Society for Masticatory Science and Health Promotion. 2018,27:18-
23 査読あり

Hiraki K, Yamada Y, Kurose M, Ofusa W, Sugiyama T, Ishida R
Application of a barometer for assessment of oral functions: Donders space
J Oral Rehabil. 2017,44:65-72. DOI:10.1111/joor.12456 査読あり

〔学会発表〕(計4件)

Ofusa W, Yamada Y, Ishida R, Higashikawa A, Kimura M, Shibukawa Y
Relationship between tongue muscle activity and oral pressure change during swallowing
The Society of Oral Physiology 31st Store Kro Club Conference (2019)

大房 航, 白鳥たかみ, 多田美穂子, 岡本亜希子, 鈴木典子, 山田好秋
嚥下機能時の舌筋活動と口腔・咽頭内圧変化
日本咀嚼学会第29回学術大会(2018)

山田好秋, 大房 航, 佐藤秋彦, 松林直人
口腔機能評価システム-複合センサーの開発
日本顎口腔機能学会第59回学術大会(2017)

大房 航, 山田好秋, 岡本亜希子
磁石を応用した筋電図の舌機能評価への応用
日本咀嚼学会第27回学術大会(2016)

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：山田 好秋

ローマ字氏名：YAMADA, Yoshiaki

所属研究機関名：東京歯科大学

部局名：歯学部

職名：客員教授

研究者番号(8桁)：80115089

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。