

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09695

研究課題名（和文）パルス磁気刺激装置による摂食嚥下訓練の効果の筋電図学的評価

研究課題名（英文）Electromyographic evaluation of the swallowing training by magnetic stimulation.

研究代表者

埴 総司（Hanawa, Soshi）

東北大学・歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：90431585

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、新たに開発された磁気刺激装置が電気刺激装置と比較して痛みの少ない刺激で筋の収縮を起こすことが可能であることに着目し、舌骨上筋群に筋の収縮を起こすことで、飲み込みに必要な動作である舌骨の前上方への挙上を強化し、効果的な嚥下訓練となることを目指すものです。本研究期間では、磁気刺激の条件（装置の接触位置、固定方法、刺激強度、刺激時間）の確立を行い、さらに、病院倫理審査委員会の承認をえ、臨床研究を開始しています。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究期間においては、臨床研究を開始することを目的に、研究デザイン、刺激条件の決定、被験者の選定、比較するパラメータの検討に重点を置いた。研究期間中に、東北大学病院倫理審査委員会から研究開始の承認を得ることができ、臨床研究を開始した。今後えられる研究結果によって、飲み込みに障害を有する患者に対して、従来の電気刺激装置による訓練と比較して痛みが少なく効果的な訓練を実施することができ、より多くの患者の利益となることが期待されます。

研究成果の概要（英文）：This study focused on the fact that the newly developed magnetic stimulator can cause muscle contraction with less painful stimuli than electrical stimulation; thus, we applied muscle contraction to the suprahyoid muscles. We aim to strengthen the anterior-upper elevation of the hyoid bone, which is a necessary movement for swallowing and effective swallowing training. During this research period, the conditions for magnetic stimulation were established, and clinical research was started with the approval of the Hospital Ethics Review Committee. It is expected that the results of this study will enable more patients to receive less painful and practical training for patients with swallowing disorders.

研究分野：補綴歯科

キーワード：磁気刺激 舌骨上筋群 舌骨 嚥下障害 嚥下訓練

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

誤飲の原因には嚥下反射の低下・消失，喉頭挙上不良，咽頭収縮不良等が挙げられるが，嚥下時の舌骨・喉頭の前上方への動作量の低下が食物の喉頭侵入や誤嚥のリスクを増加させるという報告がある．舌骨・喉頭の前上方への動作量を増加させるためには，舌骨上筋群を強化する必要があり様々な関節訓練が行われている．近年では，舌骨上筋群の筋力増強を目的として低周波治療器を用いた神経筋電気刺激治療が注目されており，通常の訓練と比較して舌骨挙上量が増加し短時間で効果が得られるという報告もある．しかしながら，皮膚の電気抵抗は周波数が低いほど大きくなるため痛みが生じることも少なくない．

申請者らは，これまでパルス磁気刺激装置を開発し，骨格筋の末梢神経へのパルス磁気刺激の連発数が多いほど，痛みを伴わずに大きな筋収縮が惹起させること確認している．また，予備実験において，舌骨上筋群を磁気刺激した結果，舌骨の動作量は電気刺激したときよりも著しく大きくなることが確認されている．しかし，この動作量の増加は刺激時の結果であり，磁気刺激数時間後あるいは継続的な磁気刺激後に舌骨動作量がどう変化するかは不明である．磁気刺激時の最適条件や安全性も明らかではない．一方，嚥下機能や嚥下訓練の効果の評価をするための指標の1つでもある舌骨動作量の計測は，嚥下造影検査（VF），CT 検査等の放射線被曝を伴う検査に頼らざるを得ないのが現状であり，患者に与える負担は非常に大きいという問題がある．

### 2. 研究の目的

本研究では，VF による舌骨動作量とフレキシブル多チャンネル表面電極による筋電図を指標として，パルス磁気刺激装置による刺激が嚥下機能に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする．併せて電気刺激と比較することにより，電気刺激装置の有用性と安全性の検証を行う．さらに，舌骨動作と多チャンネル電極から得られる筋電図のデータを比較検討しこれらの関連性を明らかにすることにより，筋電図を用いた新たな嚥下機能，訓練効果の評価法を確立することを目的とする．

### 3. 研究の方法

- (1) 刺激部位の再現性，効率的な磁気刺激の検討
- (2) 刺激条件の決定
- (3) 被験者の選定
- (4) 比較パラメータ
- (5) 臨床研究の申請と開始
- (6) データ解析

### 4. 研究成果

- (1) 刺激部位の再現性，効率的な磁気刺激の検討  
磁気刺激を行うに際し，以下の点に留意する必要があると考えられた．
  - 1) 被験者の動揺によるブレ
  - 2) 磁気刺激装置と刺激部位との位置関係の固定
  - 3) 刺激部位の再現性

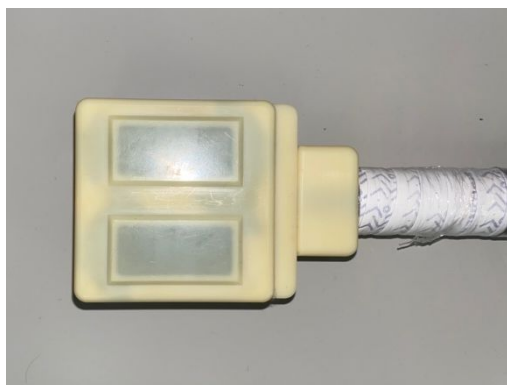


図1. プローブ

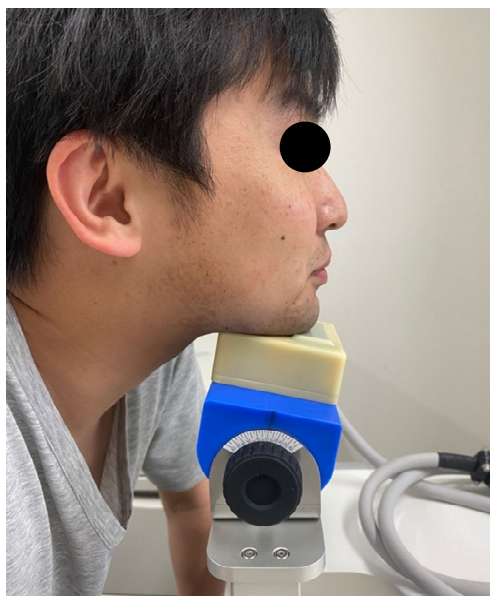


図2. アジャスター付の固定台

パルス磁気刺激装置は、コイルにて磁束発生をさせる構造上、図1に示すような形状を有しており、顎下部との適合は良好ではない。いくつかの試作を行い、嚥下コイル固定台の製作を行った(図2)。固定台の使用により、上記の要件を満たすことが可能となった。

## (2) 刺激条件の決定

刺激強度は、電圧に比例して調整が可能であった。刺激周波数を30Hz、刺激時間を2秒、休息時間を3秒として、計10分間の磁気刺激を加える。先行研究では、体幹での磁気刺激時の刺激強度は100%であり、同刺激強度において疼痛を自覚することは報告されていない。本研究においては、磁場発生時に筋電図計測が困難であることから、疼痛を伴わない最大刺激強度とした。

## (3) 被験者の選定

磁気刺激による舌骨上筋群へのアプローチに関する先行研究では、健常者において、磁気刺激による筋収縮誘導により舌骨が前上方へ挙上することが確認されている。当初の研究計画では、脳血管障害後遺症で片麻痺を有する者を研究対象者としていたが、発症した時期、損傷した範囲により後遺症の程度にバラツキがあることから、口腔機能低下症に該当する者とした。近年、老化に伴う口腔環境や口腔機能の変化に、口腔健康への関心の低下や心身の予備能力低下が重なることで口腔の脆弱性が増加、摂食機能障害へ陥り、さらにはフレイルに影響を与える、という口腔機能と経口からの栄養摂取に着目したオーラルフレイルが提唱され、この現象やその過程を臨床的に評価・加療することを目的に口腔機能低下症という病名が追加された。口腔機能低下症は、口腔衛生状態、口腔乾燥、咬合力、舌口唇運動機能、舌圧、咀嚼機能、嚥下問診票の7項目のうち3項目以上に低下を認める場合に診断される疾患であり、その罹患率は16.4-49.2%と報告され、年代が高いほど該当者の割合は高くなる傾向がある。本研究では、歯科的な要因を排除する目的で、当大学歯科にて歯科治療が終了し、かつその後も口腔機能低下症と診断される者を研究対象者として選定することとした。

除外基準として、摂食嚥下障害(薬剤性嚥下障害を含む)を有する者、嚥下反射や咳反射を促す薬剤(ACE阻害薬、シロスタゾール、半夏厚朴湯など)を服用している者、刺激部位に近接する金属(人工内耳、磁性体クリップ、歯科用磁性アタッチメント)、心臓ペースメーカーを有する者、てんかん、頭蓋内病変の既往を有する者、認知症を有する者を挙げた。

## (4) 比較パラメータ

パルス磁気刺激の介入前後の評価項目には、口腔機能低下症に関わる評価項目(口腔衛生状態、口腔乾燥、咬合力、舌口唇運動機能、舌圧、咀嚼機能、嚥下問診票)、反復唾液嚥下テスト(RSST)、改訂水飲みテスト(MWST)に加えて、嚥下造影検査による舌骨挙上量をパラメータに採用した。嚥下造影検査にて、安静時、水飲み時、食物摂取時の嚥下時の舌骨挙上量を、訓練前後で比較することとした。

## (5) 臨床研究の申請と開始

東北大学病院倫理審査委員会への倫理申請を行い、研究開始の承認が得られた。研究に関する登録は、大学病院医療情報ネットワーク(UMIN)で行っており、IDはUMIN000043569である。本研究は最終年度であったが、COVID-19の影響のため臨床研究の開始が遅延したことにより現在も臨床研究を進めているところである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Suzuki Masahiro, Sasaki Makoto, Kamata Katsuhiko, Nakayama Atsushi, Shibamoto Isamu, Tamada Yasushi	4. 巻 9
2. 論文標題 Swallowing Pattern Classification Method Using Multichannel Surface EMG Signals of Suprahyoid and Infrahyoid Muscles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 10~20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14326/abe.9.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 SASAKI Makoto, ITO Shumpei, KAMATA Katsuhiko, YOSHIKAWA Masahiro, SHIBAMOTO Isamu, NAKAYAMA Atsushi	4. 巻 7
2. 論文標題 Oral motion classification of the elderly for prevention and rehabilitation of dysphagia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mechanical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 19~00076
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/mej.19-00076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
研究分担者	出江 紳一 (Izumi Shinichi) (80176239)	東北大学・医工学研究科・教授  (11301)	
研究分担者	佐々木 啓一 (Sasaki Keiichi) (30178644)	東北大学・歯学研究科・教授  (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	柴本 勇  (Shibamoto Isamu)  (30458418)	聖隷クリストファー大学・リハビリテーション学部・教授    (33804)	
研究分担者	佐々木 誠  (Sasaki Makoto)  (80404119)	岩手大学・理工学部・准教授    (11201)	
研究分担者	金高 弘恭  (Kanetaka Hiroyasu)  (50292222)	東北大学・歯学研究科・准教授    (11301)	
研究分担者	白石 成  (Shiraishi Naru)  (60585355)	新潟大学・医歯学系・助教    (13101)	

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