

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：16401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13090

研究課題名（和文）神経筋電気刺激を併用した嚥下訓練の有効性とメカニズムに関する筋電図学的研究

研究課題名（英文）Electromyographic study on efficacy and mechanism of swallowing training combined with neuromuscular electrical stimulation

研究代表者

中平 真矢（NAKAHIRA, MAYA）

高知大学・医学部附属病院・言語聴覚士

研究者番号：10748817

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：嚥下障害に対する治療の一つに嚥下リハビリテーションがあり、中でも嚥下に関連する筋の筋力を改善させるためのトレーニングが頻繁に実施されている。近年、神経筋電気刺激治療を嚥下障害のリハビリテーションに応用し、より効果の高い嚥下リハが提唱されている。そこで、今回神経筋電気刺激治療を併用した嚥下訓練の有用性について検証した。介入後に、舌骨の移動距離や舌骨上筋群の中間周波数が向上する傾向にあり、摂食レベルも向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

食事は人として極めて重要な行為であり、生活の質の維持にとって不可欠である。本研究は嚥下障害に有効とされている神経筋電気刺激治療を併用したリハビリテーションの効果について、筋肉の質的变化に着目して実施されたものである。これまで総合的な摂食レベルの変化や嚥下動態の変化が起こるとされていた訓練において、対象とした筋肉自体の変化を示唆する結果が得られたと考える。嚥下障害の治療法のエビデンスを検証したことは、超高齢社会における国民の福祉向上および医療費抑制にも繋がることと考えられる。

研究成果の概要（英文）：One of the treatments for dysphagia is swallowing rehabilitation, and training is frequently performed to improve the muscle strength of muscles related to swallowing. Recently, neuromuscular electrical stimulation therapy has been applied to rehabilitation of dysphagia, and more effective swallowing rehabilitation has been proposed. This time, we verified the efficacy of swallowing training combined with neuromuscular electrical stimulation therapy. After the intervention, hyoid movement distance under VF and intermediate frequency of suprahyoid muscles tended to improve, and eating levels also was improved.

研究分野：摂食嚥下障害学

キーワード：嚥下障害 嚥下リハビリテーション 神経筋電気刺激療法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

嚥下障害に対するリハビリテーションは多岐にわたるが、嚥下関連筋群の機能回復を目的とした筋力増強訓練は重要な治療手技の1つである。中でも、食道入口部開大と喉頭閉鎖に関わる喉頭挙上に必要な舌骨上筋群の筋力増強を目的とした Shaker 法、舌挙上訓練、おでこ体操、Mendelsohn 手技などが臨床的にもよく用いられている。しかしこれらの治療効果に関するエビデンスは十分とは言えない。

近年、神経筋電気刺激 (neuromuscular electrical stimulation; 以下、NMES) 治療を嚥下領域に応用し、より効果の高い嚥下リハビリが提唱されている。NMES では通常の筋力増強訓練と異なり、設定条件により速筋線維を選択的に刺激することができる。嚥下リハビリの対象となる舌骨上筋群は速筋線維が優位であるため、NMES によって効率的に舌骨上筋群の筋力向上が得られることが期待できる。これまで、嚥下障害に対する NMES の有用性の報告では、治療前後の効果判定として、反復唾液飲みテストや水飲みテスト、Rosenbek の誤嚥・喉頭侵入スケール、嚥下造影検査による喉頭挙上距離や食道入口部開大度の計測などが用いられているが、その裏付けとなる舌骨上筋群の質的变化を客観的に評価した報告はない。

申請者はこれまで、舌骨上筋群を対象に表面筋電図を用いて筋の質的評価を行ってきた。表面筋電図より得られた筋電図波形について、高速フーリエ変換や Wavelet 周波数解析などの周波数解析を行なうことで筋の筋線維構成について評価を行うことが可能であることを報告している。今回、NMES の効果判定に、これまでわれわれが行ってきた表面筋電図での周波数解析による評価法を適用することで、治療効果について筋の質的变化の面から評価することができると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、嚥下リハビリテーションに NMES を併用した際の治療前後での各種の嚥下機能検査所見の変化と舌骨上筋群の質的变化を比較検討し、嚥下障害治療における NMES の有用性とその機序について検証する。

3. 研究の方法

咽頭期嚥下障害を有し、嚥下リハビリテーションを実施可能な認知機能の保たれている嚥下障害患者を対象とした。介入前後評価として藤島の摂食・嚥下能力のグレード、嚥下内視鏡検査、嚥下造影検査、表面筋電図検査を行った。

嚥下内視鏡検査は座位にて経鼻的に電子スコープを挿入し安静時及び着色水 3ml の指示嚥下を評価した。評価には兵頭スコアを使用し、梨状陥凹などの唾液貯留、咳反射・声門閉鎖反射の惹起性、嚥下反射の惹起性、咽頭クリアランスについて、正常(0)～高度障害(3)の4段階評価を行い、誤嚥の有無についても評価した。

嚥下造影検査は X 線透視装置を使用し、座位にて造影剤(バリウム) 5ml を指示嚥下させ側面から撮影した。動画を動画解析ソフト DIPP-Motion V ver1.241(ディテクト社製)を使用し、第二頸椎椎体最下端と第四頸椎椎体最下端を結んだ線を Y 軸、それに直交する線を X 軸とし、舌骨の移動距離を計測した。また、造影剤が梨状陥凹に到達してから嚥下反射が惹起されるまでの時間、喉頭挙上遅延時間(delay time of laryngeal elevation; 以下 LEDT) 計測した。舌骨の移動距離は変化率と LEDT は変化量として算出した。

表面筋電図検査は被験筋を舌骨上筋群とし、電極を前頸部の下顎と舌骨の中間位に貼付し、位電極間距離 20mm とし双極性に導出した。多チャンネルテレメータシステム WEB-1000(日本光電製)を使用し、サンプリング周波数 1000Hz で PC に取り込んだ。舌を口蓋へ最大努力で挙上させる運動を 5 秒間実施し、安定した 1 秒間について解析を行った。データ解析には BIMUTAS-Video(キッセイコムテック社製)を用い、解析周波数域を 20～500Hz とし二乗平均平方根(root mean square; 以下 RMS) を算出した。また、高速フーリエ変換を用いて中間周波数(median power frequency; 以下 MdPF) を算出した。RMS と MdPF は頸部等尺性最大収縮時の筋活動を基準とし正規化を行い、変化量(%IEMG, %MdPF) とした。

介入は通常の嚥下リハビリテーションに加え NMES を併用した。NMES には VitalStim®を使用し、舌骨上筋群を対象として刺激電極は前頸部 1 組貼付した。刺激強度は患者が「grabing」筋を掴まれる感覚を自覚する運動レベルに設定し、1 セッション 30 分、週 5 日、2 週間実施した。

4. 研究成果

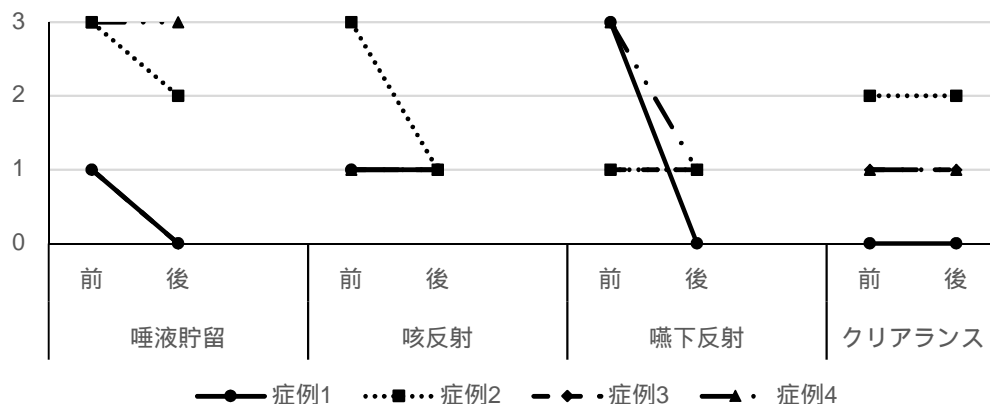
嚥下訓練を実施した症例は 4 例、男性 3 例、女性 1 例、平均年齢は 72.3±5.6 歳、ADL は Barthel Index 平均 57.5±28.4 であった。疾患は脳梗塞後遺症、皮膚筋炎、咽頭型筋ジストロフィー、廃用症候群といった咽頭期嚥下障害を有する疾患であった。嚥下障害を発症してから介入までに平均 36.3±36.6 カ月であった。

(1) 藤島の摂食・嚥下能力のグレード

介入前 6.75±1.8 から介入後 7.3±2.0 へと向上する傾向にあった。

(2) 嚥下内視鏡検査

兵頭スコアにおいて、梨状陥凹などの唾液貯留は介入前 2.0 ± 1.5 から介入後 1.3 ± 1.3 、咳反射・声門閉鎖反射の惹起性は介入前 1.5 ± 0.9 から介入後 1.0 ± 0 、嚥下反射の惹起性は介入前 2.0 ± 1.0 から介入後 0.75 ± 0.4 、咽頭クリアランスは介入前 1.0 ± 0.7 から変化は認めなかった（図 1）。誤嚥については、介入前 4 例中 2 例で認めていたが、介入後は全例消失した。



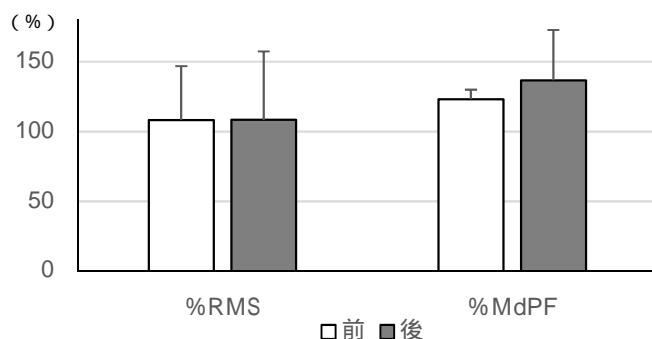
(図 1 介入前後での兵頭スコア)

(3) 嚥下造影検査

舌骨の移動距離は前方 $173.6 \pm 114.4\%$ 、上方は $118.2 \pm 114.2\%$ 、LEDT は $-1.6 \pm 0.3\text{msec}$ であった。

(4) 表面筋電図検査

%RMS は介入前 $108.2 \pm 38.6\%$ 、介入後 $108.3 \pm 49.1\%$ 、%MdPF は介入前 $123.2 \pm 6.8\%$ 、介入後 $136.6 \pm 36.0\%$ であった（図 2）。



(図 2 介入前後での表面筋電図検査)

今回、咽頭期嚥下障害患者を対象とし通常の嚥下リハビリテーションに NMES を併用した治療を実施し、介入前後での嚥下機能及び対象とした筋の質的变化について検討を行った。症例数が少ないため統計学的な検討はできなかったが、藤島の摂食・嚥下能力のグレードは改善傾向を示し、嚥下の機能的な側面である嚥下内視鏡検査や嚥下造影検査において嚥下動態は改善する傾向を示した。今回のメインアウトカムである表面筋電図評価に関しては %RMS には変化はみられなかったが、%MdPF は上昇する傾向にあった。筋電図評価における RMS は量的因子であり細胞膜での活動電位の変化による筋活動量を反映している。そして、筋活動量は筋骨格系の機構を介して筋力として発現され、筋活動量と筋力は定常条件において直線的な関係にある。MdPF は周波数因子であり、筋電図波形について周波数解析を行うことで低周波帯成分は遅筋線維、高周波帯成分は速筋線維を反映しているとされている。本研究で対象としている嚥下関連筋群の構成について Kent DR は type = A > C 線維と報告しており、これは嚥下運動が速くダイナミックな運動かつ複雑で持久性が必要な運動であることを示していると言える。また、加齢による変化として勝田らは type 線維からの萎縮が目立つとし、藤野は疾患による廃用の影響については筋線維において type 線維の減少を認めるとしており、対象とした症例は両者が減少している可能性が考えられた。今回、嚥下訓練に NMES を併用することで、通常の嚥下訓練を実施することで生理的な筋収縮を起こしサイズの原理に基づいて遅筋線維が活動したこと、さらに NMES にて軸索の直径の太い神経を興奮させることにより速筋線維の活動を誘発したことから MdPF が高い傾向となったと考える。また、2 週間の短期間であるため骨格筋量や筋力を反映する RMS には反映されなかったが、MdPF が高い傾向となり各機能的な側面の改善が認められたことは、設定期間における機能的な改善には筋の質的な変化が一つの要因である裏付けとなる結果を示唆するものであった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----