

令和元年6月13日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K11450

研究課題名(和文) 頭頸部姿勢制御と呼吸相制御に同期した随意運動介助型電気刺激療法の開発

研究課題名(英文) Development of voluntary exercise assisted electrical stimulation therapy synchronized with head and neck posture control and respiratory phase control

研究代表者

鮎瀬 てるみ (AYUSE, Terumi)

長崎大学・病院(歯学系)・助教

研究者番号：00284703

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：嚥下中は誤嚥を防ぐために嚥下性の無呼吸の調節機能が重要で、呼気相での息こらえに関連する筋群の働きは体位変換による肺気量分画の影響を受けやすい。本研究では、嚥下体位が息こらえ肺気量分画と呼吸関連筋群の筋活性と嚥下性無呼吸時間に与える影響を検討した。息こらえに関連する横隔膜などの筋群の協調運動が重要であるが肺容量の変化がある場合、嚥下・呼吸協調運動が障害されていると考えられる。本研究では、体位変換による最大吸気量(IC)などの呼吸分画や、横隔膜と腹直筋群など呼吸筋活性の変化が、嚥下中の息こらえの機能調節に影響し結果的に嚥下性無呼吸時間を延長し、嚥下・呼吸の協調運動に影響を与える可能性が考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

例えば慢性閉塞性肺疾患(COPD)患者での嚥下障害の臨床報告は散見されるが、嚥下障害の病態生理については不明な点が多く、一回換気量の低下、呼吸数の増加(頻呼吸)などを伴う1秒量の低下を主症状とする呼吸機能の変化が嚥下性無呼吸の延長を介して嚥下障害に影響を与えている可能性が考えられる。慢性閉塞性肺疾患(COPD)患者に対して、横隔膜と腹直筋との位相の同期を検討し、腹直筋群の筋活動性亢進の開始に併せて、随意運動介助型電気刺激療法を行うことが出来れば、呼吸と嚥下の相互作用が改善される可能性があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：During swallowing, the control function of swallowing apnea is important to prevent aspiration, and the muscle group functions related to breath-hold in the expiratory phase are susceptible to lung volume fractionation due to postural change. In this study, we examined the effect of swallowing position on breath-hold lung volume fractionation and muscle activity and time of swallowing apnea in the expiratory muscle group. In this study, respiratory fractions such as maximum inspiratory volume (IC) due to postural change, and changes in respiratory muscle activity such as the diaphragm and rectus muscle groups affect the function control of breath holding during swallowing, resulting in swallowing. It was thought that the apnea time could be extended and affect swallowing and breathing coordination.

研究分野：障害者歯科学

キーワード：体位 嚥下機能 呼吸

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会が本格的になった現代では加齢に伴う疾患により患者のQOLだけでなく、彼らを介護する家族の疲弊や、医療費の増加などが問題となっている。これら様々な社会問題を解決するために高齢者の健康維持は極めて重要な課題の一つである。高齢者の大きな医学的問題の一つに摂食・嚥下障害の発症があるが、病態によっては未だに不明な点が多い。

嚥下機能の調節メカニズムの中で直接嚥下に関与する咽頭部筋群(舌骨上筋群など)が重要な役割を担うが、嚥下中の頭頸部姿勢維持に関与する頸部深層屈筋群(頸長筋、頭長筋)などの体幹保持筋群と呼吸相を調節する呼吸補助筋群(胸鎖乳突筋)も間接的に重要な機能を持っている。体幹の姿勢保持のための筋群の中でも特に頭蓋骨を起始部とする筋群は頭頸部の前後屈や側屈・回旋を行う際に主として機能し、この頭頸部や下顎骨の姿勢制御の異常が起これると嚥下機能に重大な影響を与える。頸部屈筋群の機能異常による姿勢異常の病態として、パーキンソン病での頸部の屈筋群の活動亢進により嚥下障害を誘発する危険性も報告されている。パーキンソン病患者では、前傾前屈姿勢が特徴で、頸部の前屈(伸展)、顎が前方にやや突き出している姿勢を伴う。また全身的な筋肉量の減少と筋力低下を伴うサルコペニアという病態が注目され、サルコペニアと嚥下障害の密接な関連も示唆されている。

嚥下機能の調節メカニズムの中で嚥下時の呼吸調節も同様に重要な要素である。すなわち嚥下時に誤って気道内に流入しないように、嚥下と呼吸相の協調運動が生理的に調節され、吸気・呼気の呼吸サイクルの中で吸気時には嚥下が起きないように保護されている。食べたり飲んだりする行為の途中で、“息がしやすい”ことは極めて重要な要素であるが、この“息のしやすさ”は上半身と頭頸部の体位によって影響を受けやすく、ある意味、嚥下のしやすさと息のしやすさは相反する生理的作用である。嚥下の直前までは十分な呼吸を確保するために頭部は立ててあるが、嚥下プロセスでは顎を引き、息を止めて(嚥下性無呼吸)食道に流し込む行為を行っている。

従って、極めて精密なタイミングで頭頸部の姿勢制御がなされないと、スムーズな嚥下は出来ないことになり、その点から考えて頭頸部姿勢制御と呼吸相制御の機能は極めて重要であることが推測される。最近の研究では、頭頸部深層屈筋群の機能低下が代償性に呼吸補助筋である胸鎖乳突筋の活動性に大きな影響を与える事が分かっているが、両筋群の相互作用は特に重要であると考えられているが、両筋群の相互作用は明らかではなく機能を検討した研究はない。

一方、嚥下障害に対する随意運動介助型電気刺激療法の可能性について研究が行われているが、従来の方法は、直接嚥下に関与する咽頭部筋群の舌骨上筋活性を利用した方法だけで、頭頸部姿勢制御と呼吸相制御を考慮した治療法は無かった。機能的電気刺激は残存する生体信号を利用して障害された機能を再建するリハビリの治療法であるが、頭頸部深層屈筋の機能障害にも応用できると考えられる。

### 2. 研究の目的

嚥下中には舌骨上筋群など直接関与する筋群の他に、頭頸部屈曲を調節する頭頸部深層屈筋群(頸長筋、頭長筋)や、呼吸相を調節する呼吸補助筋(胸鎖乳突筋)などの関与も重要である。嚥下中は誤嚥を防ぐために嚥下性の無呼吸の調節機能が重要で、呼気相での息こらえに関連する筋群の働きは体位変換による肺気量分画の影響を受けやすい。頭頸部深層屈筋群の機能低下が代償性に呼吸補助筋である胸鎖乳突筋の活動性に大きな影響を与える事が分かっているが、両筋群の相互作用は特に重要である。従来、嚥下障害に対する随意運動介助型電気刺激療法は舌骨上筋活性を利用した方法だけで、姿勢制御と呼吸制御を考慮した治療法は無かった。そこで本

研究では嚥下中の頭頸部深層屈筋群と呼吸補助筋群との同時解析を行い、頸部姿勢制御と呼吸相制御の両方に同期した随意運動介助型電気刺激療法を開発して嚥下障害に対する全く新しいリハビリテーションの治療法を見出そうとするものである。本研究では、嚥下体位が息こらえ肺気量分画と呼気関連筋群の筋活性と嚥下性無呼吸時間に与える影響を検討した。

仮説「嚥下中には正常な嚥下性無呼吸を制御するために、息こらえに関連する横隔膜や腹直筋などの筋群の協調運動が重要であるが、体位により息こらえ筋群の機能不全や肺容量の変化がある場合、起因する嚥下・呼吸協調運動が障害される」

### 3. 研究の方法

対象は健康成人被験者12名（男性：7名，女性：5名）。鼻マスクでの連続気流測定と、嚥下関連筋のオトガイ舌筋、吸気調節筋である横隔膜と胸鎖乳突筋、呼気調節筋である腹直筋、内側腹斜筋、外側腹斜筋の表面筋電図を測定した。嚥下性無呼吸の時間は、図に示す通り、嚥下時の筋電活性に一致した呼吸波形の解析から行った。（図1-A）

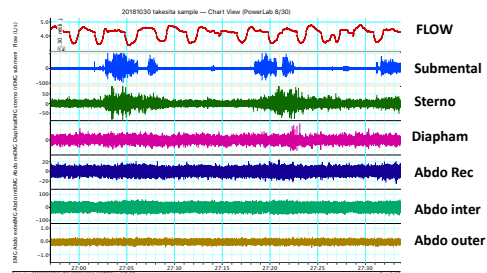
筋活動の測定には筋電計(Bagnoli EMG system、DELSYS社製)を用いた。測定は筋電計内蔵のインピーダンステストをクリアしたのを確認後行った。筋電計から測定したデータはサンプリング周波数1kHzでA/D変換して解析用コンピュータに取り込み波形解析は筋電解析ソフトにて解析し、バンドパスフィルターは10~500 Hzと設定とした。（図1-B）

筋活動ピーク時は安静時を0基準として計測した。横隔膜の筋活動量は吸気時の3秒間の筋電計より得られた筋電図積分値を100%筋活動量とし、腹直筋、内腹斜筋は、上体挙上、側方運動に伴う筋活性を100%筋活動量とし、各食物摂取時、体位施行時の相対的な筋活性度を算出した。スパイロメーターの測定により得られる肺活量（VC）、一回換気量（TV）、予備吸気量（IRV）、予備呼気量（ERV）および息切れと運動耐容能の指標である最大吸気量（IC）を算出した。体位は端座位、30度リクライニング位、側臥位、立位の4つの体位で行った。嚥下は、飲水（20ml）とゼリー摂取で行った。主評価項目は、各体位での予備呼気量（ERV）、最大吸気量（IC）および嚥下性無呼吸時間と呼気関連群の筋活性の変化率とした。統計解析はone-way ANOVAで有意差検定を行った。P<0.05を有意差有りと判断した。

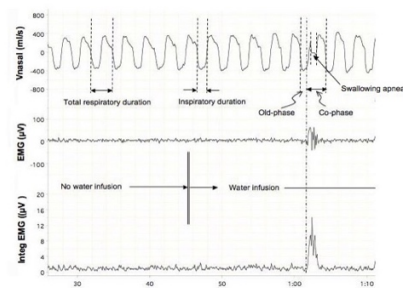
### 4. 研究成果

最大吸気量（IC）は30度リクライニング（ $2.76 \pm 0.83L$ ）で他の体位に比べて有意に大きかった（ $p=0.0001$ ）。（図2）予備呼気量（ERV）は30度リクライニング位（ $1.05 \pm 0.42L$ ）で、他の体位に比べて有意に小さかった（ $p<0.0001$ ）。（ $n=12$ ）（図3）予備吸気量（IRV）は30度リクライニング位（ $1.75 \pm 0.55L$ ）で、他の体位に比べて大きい傾向にあった。（ $n=12$ ）（図4）ゼリー嚥下での嚥下性無呼吸時間は側臥位（0.7~0.9秒）および30度リクライニング位（0.9~1.1秒）で他の体位に比べて（0.5~0.7秒）長い傾向にあった（ $n=4$ ）（図5）。水分嚥下

30° リクライニング位での嚥下実例トレース



(図1-A)



(図1-B)

での嚙下性無呼吸時間は、側臥位（1.0～1.3秒）および30度リクライニング位（0.7～0.9秒）で他の体位に比べて（0.5～0.7秒）長い傾向にあった（n=4）（図6）。側臥位で高い頻度で分割嚙下が認められた。

吸気調節筋である横隔膜の筋活性と呼気調節筋である腹直筋、内腹斜筋等の筋活性は側臥位、30度リクライニング位では、他の立位、端座位に比べて大きい傾向にあった。（n=4）（図7）体位変換による最大吸気量（IC）などの呼吸機能の変化が、嚙下中の息こらえの機能変調に影響し、結果的に嚙下性無呼吸時間を延長する可能性が考えられた。

IC(最大吸気量)は、肺気量分画指標の一つであり、FRC(機能的残気量)位から TLC(全肺気量)位までの、TV(一回換気量)と IRV(予備吸気量)を合わせた分画に相当する。閉塞性呼吸器疾患においては、FEV1(一秒量)よりも息切れなどの臨床指標との関連が強い。

嚙下中には正常な嚙下性無呼吸を制御するために、息こらえに関連する横隔膜や腹直筋などの筋群の協調運動が重要であるが、息こらえ筋群の機能不全がある場合、肺容量の変化に起因する嚙下・呼吸協調運動が障害されていると考えられる。

横隔膜と腹直筋との位相の同期を検討し、嚙下の機能と呼吸の相互作用を中心に解析した結果、腹直筋群の筋活動性亢進の開始に併せて、電気刺激を行うことで、嚙下中の息こらえの時間を維持できる可能性が明らかになった。現在、追加実験を行い、データの検証を行っている段階である。例えば慢性閉塞性肺疾患（COPD）患者での嚙下障害の臨床報告は散見されるが、嚙下障害の病態生理については不明な点が多く、一回換気量の低下、呼吸数の増加（頻呼吸）などを伴う1秒量の低下を主症状とする呼吸機能の変化が嚙下性無呼吸の延長を介して嚙下障害に影響を与えている可能性が考えられる。慢性閉塞性肺疾患（COPD）患者に対して、横隔膜と腹直筋との位相の同期を検討し、腹直筋群の筋活動性亢進の開始に併せて、随意運動介助型電気刺激療法を行うことが出来れば、呼吸と嚙下の相互作用が改善される可能性があると考えられる。

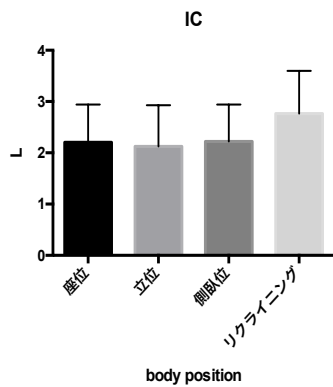


図 2

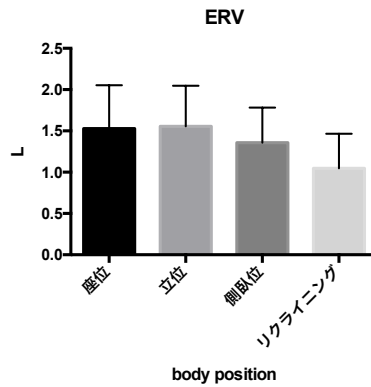


図 3

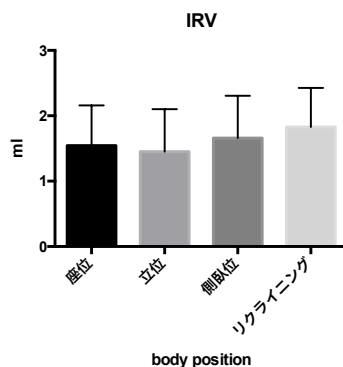


図 4

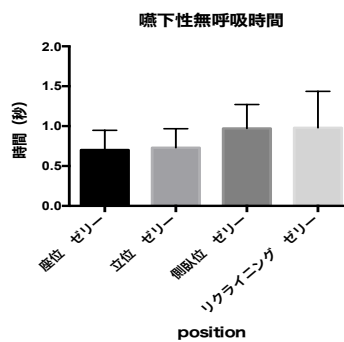


図 5

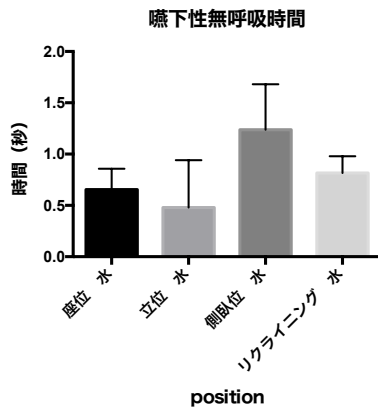


図 6

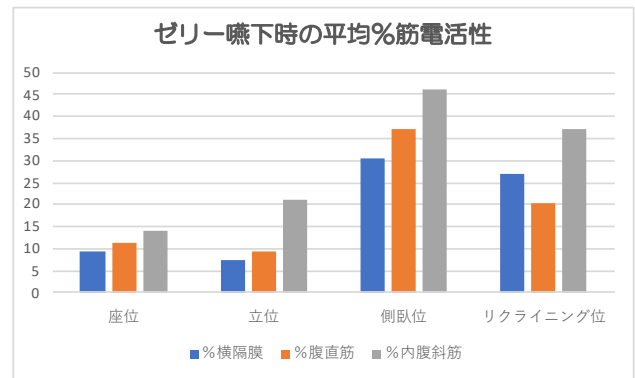


図 7

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1 件)

- ① 鮎瀬卓郎、山口香織、鮎瀬てるみ、川崎華子、嚥下体位が肺気量分画と息こらえ呼息関連筋活性に与える影響、第 35 回 日本障害者歯科学会総会 (東京) 2018

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：鮎瀬 卓郎

ローマ字氏名：(AYUSE, Takao)

所属研究機関名：長崎大学

部局名：医歯薬学総合研究科 (歯学系)

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：20222705

研究分担者氏名：三串 伸哉

ローマ字氏名：(MIKUSHI, Shinya)

所属研究機関名：長崎大学

部局名：病院 (歯学系)

職名：講師

研究者番号 (8 桁)：20507769

研究分担者氏名：神津 玲

ローマ字氏名：(KOUZU, Ryou)

所属研究機関名：長崎大学

部局名：病院 (医学系)

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：80423622

※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。