

令和 4 年 5 月 16 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12887

研究課題名(和文) 加齢による嚥下機能低下の定量的評価技術に関する研究

研究課題名(英文) A study on quantitative evaluation of swallowing function due to aging

研究代表者

遠藤 博史 (Endo, Hiroshi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究グループ付

研究者番号：20356603

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)：加齢による嚥下機能低下の定量的評価のため、筋電図計測を行った。舌骨下筋群の筋活動時間は、高齢者群で有意に長かった。性別の影響については、喉頭挙上が始まるまでの舌骨上筋群の筋活動時間が女性よりも男性で有意に長く、喉頭挙上速度は男性の方が有意に速かった。年齢は筋肉活動時間に影響するパラメータであったが、性別はより複雑な影響を及ぼした。したがって、加齢に伴う嚥下機能を検討するには、性別を考慮することが重要であることが示唆された。また喉頭挙上開始直前の筋活動の急峻な増加までの時間を評価することで嚥下の開始から喉頭蓋の反転までの時間差を定量的に評価できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

加齢による嚥下障害を予防するためには嚥下機能の定量的評価法が必要であり、本研究は筋電図と喉頭挙上から非侵襲的に嚥下機能の評価する方法の開発を試みた。その結果、嚥下機能評価に男女差が大きく影響する可能性が示された。また筋電図波形から喉頭鏡上のタイミングを非侵襲的に計測できる可能性が示された。本結果は、嚥下機能の定量的評価手法の開発にとって重要な示唆を与えるものである。

研究成果の概要(英文)：Surface electromyography (EMG) duration of the infrahyoid muscle group was significantly longer in the older group. As for the gender effect, the EMG time interval before the onset of laryngeal elevation (LE) of the suprahyoid muscle group was significantly longer and the LE velocity was significantly higher in men than in women. Though ageing slightly prolonged the muscle activity time, gender influenced swallowing activity in a more complex manner. Therefore, it is important to take gender into account when examining swallowing function with increasing age. The possibility to quantitatively evaluate the time difference from the start of swallowing to the reversal of the epiglottis by evaluating the time until the sudden increase in muscle activity immediately before the start of laryngeal elevation was also shown.

研究分野：人間工学

キーワード：嚥下 高齢者 筋電図 喉頭挙上

## 1. 研究開始当初の背景

加齢や脳血管障害によって嚥下機能が低下すると、食物が肺に入る誤嚥のリスクが高まる。誤嚥は肺炎（誤嚥性肺炎）を引き起こし、禁食による低栄養、サルコペニア、フレイルティーサイクルと負の連鎖につながることから、嚥下機能が出来るだけ低下しないようにすることが必要である。疾病ではなく加齢によって嚥下機能が低下した状態は老嚥（presbyphagia）と呼ばれており、嚥下障害が発生する前の状態である。老嚥状態から適切に介入していくことで、嚥下障害に陥ることを予防することが可能となる。超高齢社会に突入した我が国においては、介護予防の観点からも嚥下機能低下の抑制は重要な課題であり、老嚥状態を評価し対応していくことが必要である。

## 2. 研究の目的

咀嚼に関しては、健全な状態から咀嚼機能が低下した状態までを一貫して評価できる方法が確立している。一方、嚥下に関しては、嚥下障害のスクリーニング検査（反復唾液嚥下テストや各種嚥下アンケートなど）や障害が発生してからの精密検査（VF検査（嚥下造影検査）VE検査（嚥下内視鏡検査））は存在するが、嚥下障害の前段階である老嚥状態に関しては、検査法や明確な診断基準はない。老嚥状態から適切に介入していくためには、加齢による嚥下機能の低下を定量的に評価できる計測法の開発が必要である。

嚥下は、食物を認知する先行期、咀嚼する準備期、のどまで送り込む口腔期、食道まで送り込む咽頭期、そして食道以降の食道期に分けられる。咽頭期では、喉頭の引き上げ、喉頭蓋の反転による喉頭口の閉鎖、咽頭内圧変化による食塊の圧送が行われ、正常な嚥下が実行されている。このプロセスは反射による絶妙なタイミングで実現されているため随意的に制御できず、加齢による感覚運動機能の低下の影響を受ける。そこで本研究では加齢による嚥下機能低下の兆候として、咽頭期の喉頭蓋反転のタイミングの変化に着目し、嚥下の開始から喉頭蓋の反転までの時間差を定量的に評価できる非侵襲な計測法を開発することを目的とした。

## 3. 研究の方法

嚥下の開始から喉頭蓋反転までの時間差を推定するため、筋電図波形と喉仏の動きから甲状軟骨の挙上タイミングを推定する手法について検討した。本研究では、嚥下機能に問題のない若年者と高齢者が実験に参加し、3mlの水を舌背保持で嚥下した。

### (1) 喉頭挙上の計測

喉仏の動きを計測するために、圧力センサをアレイ状に並べた甲状軟骨運動計測用センサを試作した。同センサは、6個の小型の圧力センサをウレタンフォーム上に縦に等間隔で並べたもので、これを嚥下時に喉仏に押し当てて、喉頭挙上の動き出しのタイミングと喉頭挙上速度の計測を行った。

### (2) 筋電図の計測と筋電図波形のS/N比の向上

嚥下に関する筋電図の計測対象は、左右の舌骨上筋群と舌骨下筋群の4か所とした。また筋電図波形のS/N比の向上による推定精度向上のため、複数の筋活動の加算平均処理の可能性についても検討を行った。加算平均処理では、計測された筋電図波形を、甲状軟骨運動計測用センサから得られた甲状軟骨の動き出しのタイミングに同期させて加算平均し、筋電図波形のS/N比の向上を目指した。

## 4. 研究成果

### (1) 加齢と筋活動時間

本研究において、舌骨上筋群・舌骨下筋群とも活動開始から喉頭挙上開始までの時間差には若年群と高齢群の違いはなかった。一方、トータルの筋活動時間では、舌骨下筋群でのみ高齢者群の筋活動時間が長かった。先行研究において嚥下量が多い場合に年齢の影響が報告されており、加齢の影響を見るには、嚥下量も影響因子として考える必要があったと考えられる。高齢者は舌の力だけでなく巧緻性も低下している可能性があり、嚥下量が多くなると口腔内で試料をまとめて送り込むのに時間がかかり、筋活動時間が長くなるのではないかと考えられる。本研究では、少ない嚥下量を舌背保持で飲んだために舌運動の影響が出ずに、筋活動時間に差がなかった可能性が考えられた。

しかし一方で、本実験に参加した高齢者は、舌圧の低下はあったが嚥下機能には問題のない元気な高齢者であったことから、加齢の影響が顕著でなかった（若年群との差が小さかった）可能性も考えられる。今後は、より高齢な被験者に対して嚥下量をパラメータとした検討も必要と考えられた。

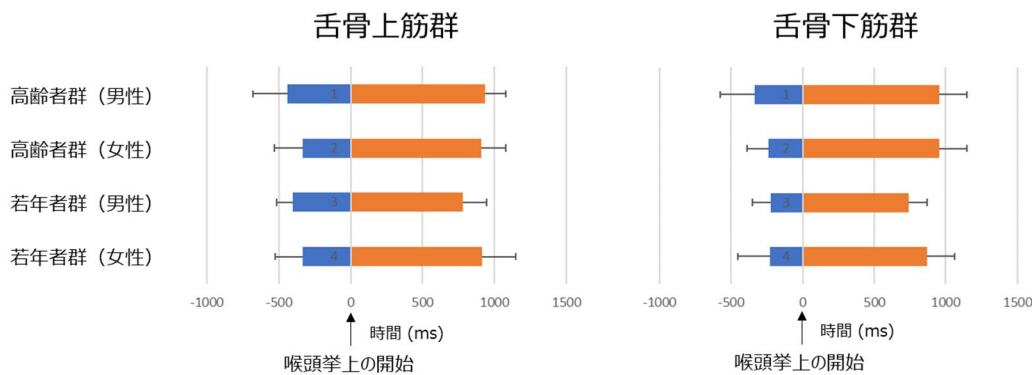


図1 喉頭挙上前後のトータルの筋活動時間

### (2) 男女差と筋活動時間と喉頭挙上速度

トータルの筋活動時間に男女差はなかったが、喉頭挙上開始前後の筋活動時間には男女差が観測された。舌骨上筋群の活動開始から喉頭挙上の開始までの時間は男性よりも女性が短い。逆に喉頭挙上開始から舌骨上筋群の活動終了までの時間は女性よりも男性が短い。つまり喉頭挙上の開始タイミングが、女性よりも男性は遅れている可能性が推測された。

嚥下反射の惹起には、咽頭感覚閾値のほかに、液体（食塊）の侵入速度や喉頭蓋谷の容量、嚥下を我慢する意思が影響すると報告されており、もし喉頭蓋谷の容量に男女差がある場合、嚥下反射の惹起にも影響している可能性は十分に考えられる。しかし液体嚥下では直接梨状窩に達するとも考えられるため、男女差が見られた理由については今後検討が必要である。

一方、喉頭挙上速度は男性が女性よりも速かった。先行研究で女性の平均値が速かった報告はあるが、サンプル数が少ないため単純な比較は難しい。喉頭挙上の移動距離は男性が長い傾向にあり、男性がより速い速度を必要としている可能性は十分に考えられる。

嚥下の男女差に関しては、喉頭の解剖学的違いから、喉頭の運動には性差があることが報告されている。上部食道括約筋の開放時間が女性は男性よりも長いことが報告されており、首のサイズが小さいことで食塊の通過に時間がかかることが要因として推測されている。女性で見られた喉頭挙上開始のタイミングが早く喉頭挙上速度が遅い場合には上部食道括約筋の開放時間が長くなることとは矛盾しないと考えられ、喉頭挙上のタイミングと挙上速度との関係で見られた男女差については、喉頭の解剖学的違いが影響している可能性が考えられた。

したがって、加齢に伴う嚥下機能を検討する際には、性別を考慮することが重要であることが示された。本結果は、嚥下機能の定量的評価手法の開発にとって重要な示唆を与えるものである。

### (3) 筋電図波形からの喉頭挙上タイミングの検出

筋電図の加算平均波形から、若年群や高齢群に関係なく、多くの被験者において、喉頭挙上開始の200ms前までの時間帯において、筋活動の急峻な増加が観測され、舌骨上筋群でより顕著に観測された。さらに、この活動の開始タイミングは飲み方（ゆっくり嚥下する、出来るだけ早く嚥下するなど）の影響を受けなかった。一方、筋活動開始から喉頭挙上の開始までの時間は飲み方の影響を受けた（ゆっくり飲むほど長くなる）ことから、喉頭挙上の開始直前に見られた筋活動の急峻な増加は喉頭挙上の開始に関した筋活動であると考えられた。したがって、筋電図の開始から筋活動の急峻な増加までの時間を評価することで、嚥下の開始から喉頭蓋の反転までの時間差を定量的に評価できる可能性が示された。

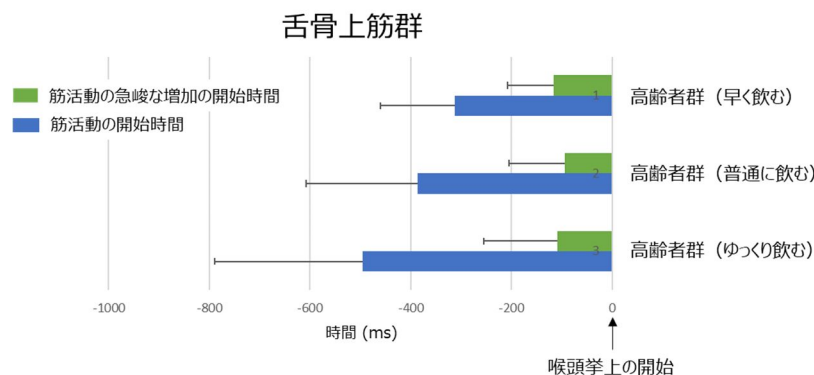


図2 喉頭挙上前の筋活動

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Endo Hiroshi, Ohmori Nobuyuki, Chikai Manabu, Miwa Hiroyasu, Ino Shuichi	4. 巻 47
2. 論文標題 Effects of age and gender on swallowing activity assessed by electromyography and laryngeal elevation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 1358 ~ 1367
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/joor.13089	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 遠藤博史、近井学、井野秀一、三輪洋靖、大森信行
2. 発表標題 喉頭挙上速度検出の試みと 加齢による影響について
3. 学会等名 第25回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2019年

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

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
---------	---------