

令和 6 年 5 月 9 日現在

機関番号：83902

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K12213

研究課題名（和文）嚥下反射時の舌骨挙上に関する筋電図および筋音図学的研究

研究課題名（英文）Electromyographic and mechanomyographic analyses of hyoid motion during swallowing reflex

研究代表者

伊東 保志（Itoh, Yasushi）

愛知県医療療育総合センター発達障害研究所・障害システム研究部・主任研究員

研究者番号：70268069

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、嚥下反射時に舌骨挙上に働く顎二腹筋の筋音図と表面筋電図を手掛かりとした嚥下機能の評価法を検討するとともに、加齢と顎二腹筋の筋機能の関係を明らかにすることを目的とした。時間周波数解析の結果、筋音図と表面筋電図の振幅および平均周波数が嚥下反射時の顎二腹筋の活動変化を反映するとともに、筋音図と筋電図の振幅比が加齢によるその筋機能低下を表すことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会的に高齢者の嚥下障害が問題となっている。嚥下障害は脳疾患に起因することが多いが、そのような疾患がなくとも「年齢とともに食べ物が飲み込み難くなった」「噎せるようになった」は身近でよく耳にする言葉である。加齢による喉咽頭部周辺の筋機能の低下は喉頭部の下降とそれに伴う舌骨の挙上動作の変化に繋がり、正常な嚥下動作を妨げる。実用されているX線透過装置や内視鏡による動画像を用いた嚥下機能の検査・評価方法は、いずれも臨床的には非常に有用であるものの、被曝の問題や患者への負担が大きいなどの課題もある。本研究の成果によって、より簡便で精度の高い新たな嚥下機能の評価方法が提示できれば、その社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate a method of evaluating swallowing function using mechanomyogram and surface electromyogram of the digastric muscle working to elevate the hyoid bone during the swallow reflex, and to clarify the relationship between aging and muscle function of the digastric muscle. The results of time-frequency analysis showed that the amplitude and mean power frequency of mechanomyograms and surface electromyograms reflect changes in the activity of the digastric muscle during the swallowing reflex, and that the amplitude ratio of mechanomyogram and electromyogram may represent the decline in muscle function with aging.

研究分野：生体信号処理

キーワード：嚥下 加齢 顎二腹筋 筋音図 筋電図

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人口の高齢化率の急激な上昇とともに、臨床現場では高齢者の嚥下障害が問題となっている。嚥下障害は脳疾患に起因することが多い。しかし、そのような疾患がなくとも「年齢とともに食べ物が飲み込み難くなってきた」「唾液を誤嚥して嘔せるようになった」は身近によく耳にする言葉である。嚥下時に飲食物が気管に入らないようにする機構は喉咽頭部にあり、舌骨の拳上とそれに伴う喉頭蓋の後倒がそれにあたる。一般に、加齢とともに我々の身体機能は低下する。喉咽頭部周辺の筋機能の低下は、喉頭部の下降とそれに伴う舌骨の拳上動作の変化に繋がり、正常な嚥下動作を妨げる。つまり、加齢による筋機能低下は誰もが避け得ない嚥下機能低下の一因である。

現在、臨床現場でよく用いられる嚥下機能の検査・評価方法は、X線透過装置や内視鏡による動画像を用いた評価法である。いずれも臨床的には非常に有用であるものの、一方で、被爆の問題や患者への負担が大きいことから、表面筋電図 (EMG) など、様々な角度から、より簡便で精度の高い新たな嚥下機能の評価方法に関する研究が進められている。近年、筋の活動を無侵襲的に分析・評価するための指標として筋音図 (MMG) の有用性が注目されている。MMG とは、筋線維の収縮に伴って発生する一種の圧力波を起源とする信号であり、筋活動の機械的特性を反映する。無侵襲的に嚥下関連筋の収縮活動を観察することのできる MMG は新たな嚥下機能評価の指標として期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、舌骨の拳上に働く顎二腹筋に注目し、MMG と表面 EMG を手掛かりに、その筋機能を無侵襲的に評価する方法を検討するとともに、加齢と顎二腹筋の筋機能の関連を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

3.1. MMG と EMG を手掛かりとした顎二腹筋の筋機能評価

1) 被験者

日常的に常食の経口摂取が可能で、かつ臨床的観察を必要としない健常成人 34 名 (年齢範囲: 19 ~ 28 歳、平均年齢: 21.6 ± 2.1 歳、性別内訳: 男性 27 名、女性 7 名) が本研究に被験者として参加した。なお、各被験者は、予め本研究内容と計測における危険性について十分に説明を受けた後、書面による同意を示した。

2) 記録

MMG は左顎二腹筋前腹上の皮膚表面に貼付した加速度計により導出した。表面 EMG は加速度計の両側に筋線維の走行に沿って貼付された 2 枚の表面電極によって導出した。補助信号として、咽頭音を喉頭隆起付近に設置した咽頭マイクにより導出した。各信号は、サンプリング周波数 4kHz で A/D 変換し、コンピュータのハードディスクに保存した。

3) 手順

まず、反復唾液嚥下テストにより、各被験者が「正常な嚥下機能を有する」とされる 30 秒間に 3 回以上の唾液嚥下を行えることを確認した。次いで、5 回の唾液嚥下を少なくとも 5 秒の間隔を空けて行った。その後、テクスチャー (硬さ) が既知のヨーグルト類やプリン類 (表 1) を用いて、投入量を規定したフードテスト (臨床で使われている嚥下スクリーニングテストの一種) を行った。

3.2. 加齢に伴う顎二腹筋の筋機能の変化

1) 被験者

上述の被験者に加え、新たに健常成人 46 名 (年齢範囲: 30 ~ 80 歳、平均年齢: $55.7.6 \pm 13.7$ 歳、性別内訳: 男性 39 名、女性 7 名) が本研究の被験者として参加した。彼らはいずれも、日常的に常食の経口摂取が可能で、かつ臨床的観察を必要としていなかった。彼らもまた、予め本研究内容と計測における危険性について十分に説明を受けた後、書面による同意を示した。

2) 記録と手順

記録と手順は、それぞれ、上述の「2) 記録」、「3) 手順」と同様に実施した。

4. 研究成果

図 1 に、フードテスト中の MMG, 表面 EMG および咽頭音の典型的な波形を示した。食物の嚥下動作に伴い、咽頭音の記録においてスパイク状の嚥下音が観察され、同時に MMG および EMG に振幅のバーストが長くとも 2 秒に渡って観察された。そこで、以降の分析は、嚥下音の前後 2 秒間の信号について行うこととした。なお、47 秒付近で観察された嚥下音を伴わない MMG および EMG の振幅のバーストが観察されたが、これは食物を口腔に投入する際の開口動作に関連するものであった。

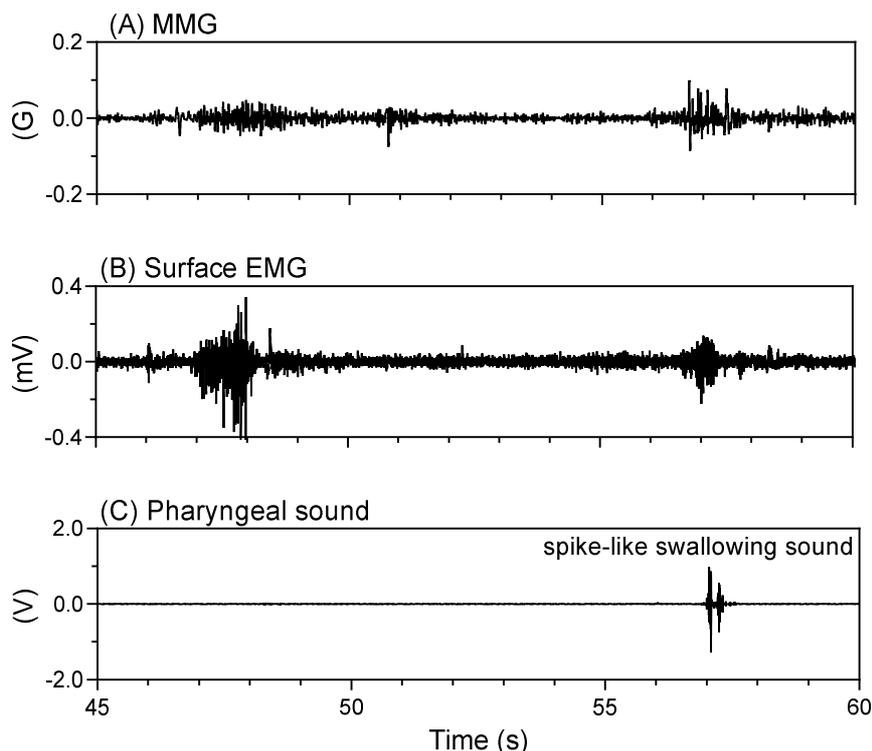


図 1 フードテスト中の筋音図 (A)、表面筋電図 (B) および咽頭音 (C) の典型波形

図 2 に、30 歳未満の被験者群のフードテストにおいて、嚥下した食物の量あるいは硬さに対する MMG と表面 EMG のバースト期間中の積分値 (以下、それぞれ、iMMG、iEMG) の変化を示した。図 2 (A) では、硬さが 1579.2N/m^2 の食物を使用した。図 2 (B) では、量が 5.0ml で、硬さの異なる 4 種類の食物 (それぞれ 117.6 、 553.7 、 1250.7 、 1579.2N/m^2) を使用した。iMMG と iEMG がともに食物の量および硬さに対して弱い正の相関関係をもつことが分かった ($r=0.47 \sim 0.55$ 、 $p<0.001$)。一方、iMMG と iEMG の各ピーク値の比 (iMMG/iEMG) は、嚥下食物の量および硬さに対して有意な変化は示さなかった。

図 3 に、嚥下反射時、すなわち嚥下音発生時の前後 2 秒間の MMG と表面 EMG に対し、短時間フーリエ変換法による時間 - 周波数解析の結果を示した。短時間フーリエ変換では、 0.2 秒のガウス窓を利用し、 0.1 秒毎のパワースペクトルを算出した。次いで、そのパワースペクトルから、各信号の 0.1 秒毎の振幅の RMS 値 (MMGrms と EMGrms) および平均周波数 MPF (MMGmpf と EMGmpf) を算出した。図 3 (A) は 30 歳未満の被験者群 (以下、若年群) の典型例、図 3 (B) は 30 歳以上の被験者群 (以下、高齢群) の典型例である。若年群では、 0 秒、すなわち嚥下音発生時刻で、MMGrms、EMGrms、MMGmpf、および EMGmpf のいずれもがピークを示した。一方で、高齢群では、いずれのパラメータも嚥下音発生時刻に先行してピークを示す傾向が示された。また、その傾向は加齢に伴って増加することが、図 4 に示された。

図 5 に、若年群と高齢群の MMGrms と EMGrms の各ピーク値の比 (MMGrms/EMGrms) を示した。これまでの研究で、MMGrms/EMGrms は筋収縮における電気 機械変換効率を反映すると考えられている。高齢群の MMGrms/EMGrms が若年群に比べて統計的に有意に低いことを示した本結果は、加齢によって筋機能が低下している様子を反映するものと考えられる。

以上の結果は、MMG と表面 EMG のバースト期間中の積分値や RMS、MPF を指標にして嚥下反射時の顎二腹筋前腹の活動状態を観察できること、加えて、MMG と EMG のピーク振幅の比を指標にすることによって加齢による筋機能の変化を評価できる可能性を示した。

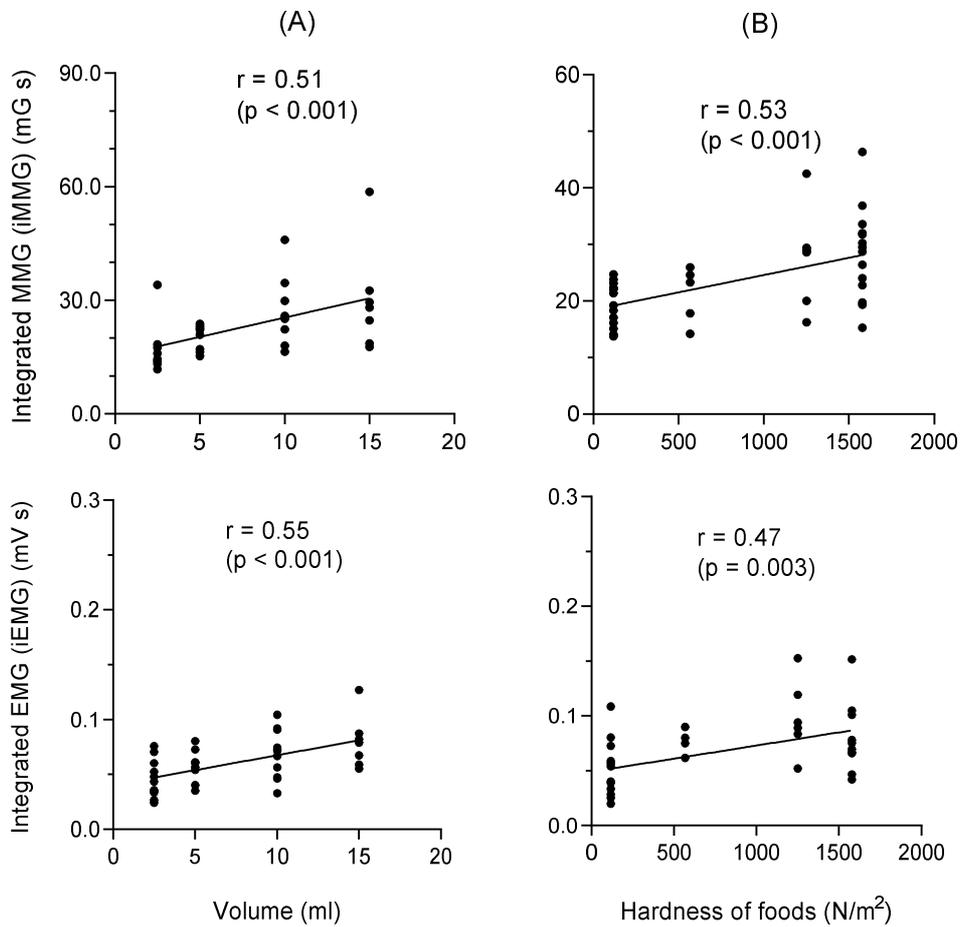


図 2 若年群の積分筋電図 (iEMG) の嚥下食物の量 (A) と硬さ (B) に対する関係、および積分筋音図 (iMMG) の嚥下食物の量 (C) と硬さ (D) に対する関係

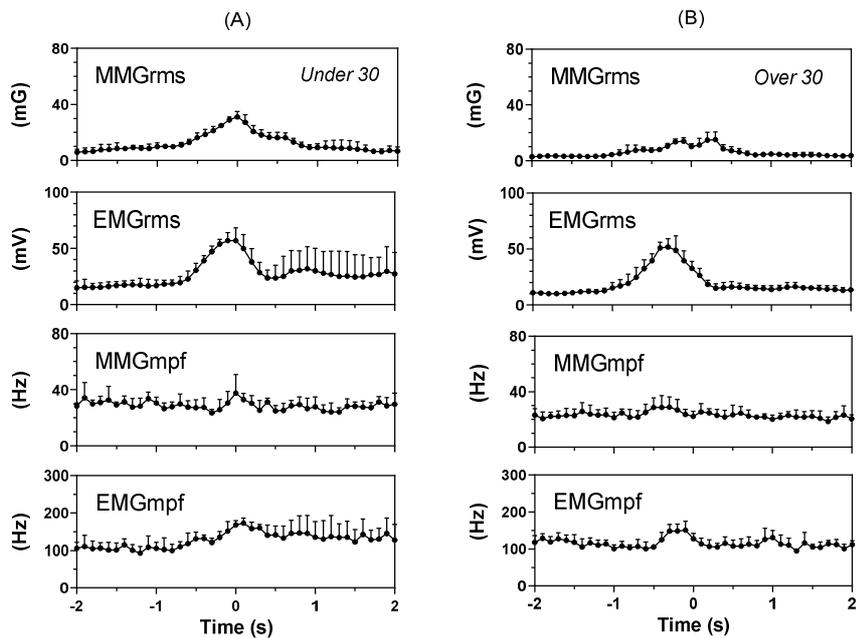


図 3 嚥下反射時の MMG の RMS、EMG の RMS、MMG の平均周波数、および EMG の平均周波数の時間推移の若年群 (A) と高齢群 (B) の典型例

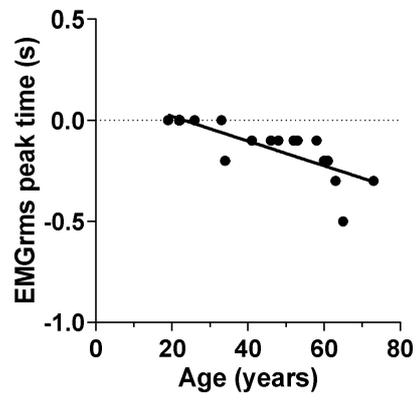


図4 年齢に伴う嚙下反射時の EMGrms のピーク出現時刻の変化

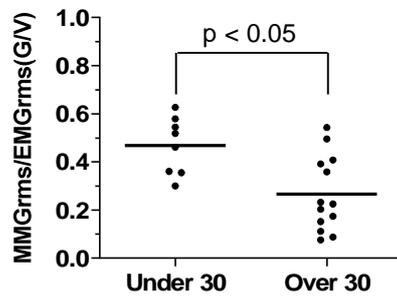


図5 MMGrms と EMGrms のピーク値の比 (MMGrms/EMGrms) に関する若年群と高齢群の比較

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 K. Inui, Y. Itoh, B. Bayasgalan, M. Shingaki, T. Taniguchi, E. Motomura, T. Kida	4. 巻 42
2. 論文標題 Target site of prepulse inhibition of the trigeminal blink reflex in human	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 261-269
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1523/JNEUROSCI.1468-22.2022	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6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 伊東保志, 藤原 周, 安林幹翁, 久保金弥, 長谷川義美, 赤滝久美, 三田勝己
2. 発表標題 嚙下中の顎二腹筋の筋音図と筋電図の時間-周波数解析
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Itoh, S. Fujiwara, M. Yasubayashi, M. Hasegawa, K. Akataki, K. Mita
2. 発表標題 Age-related change of mechanomyogram and electromyogram of digastric muscle during swallowing reflex
3. 学会等名 XXIII ISEK Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 B. Bayasgalan, K. Inui, Y. Itoh, K. Mita
2. 発表標題 Correlation of the blink reflex measured by electromyography and mechanomyography
3. 学会等名 The 9th Annual Meeting of the Mongolian Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桃井ちひろ, 伊東保志, 赤滝久美, 三田勝己
2. 発表標題 眼輪筋の誘発筋音図測定における信頼性
3. 学会等名 第62回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊東保志, 桃井ちひろ, 赤滝久美, 三田勝己
2. 発表標題 最大下刺激によって誘発された眼輪筋の筋音図の特徴
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊東保志, 桃井ちひろ, 赤滝久美, 三田勝己
2. 発表標題 最大下刺激によって惹起された眼輪筋の筋音図学的単収縮応答
3. 学会等名 ライフサイエンスエンジニアリング部門シンポジウム2023
4. 発表年 2023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
研究協力者	赤滝 久美 (Akataki Kumi)		

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
研究協力者	藤原 周 (Fujiwara Shu)		

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