

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K09977

研究課題名（和文）機械学習を応用した咀嚼機能低下を精度高く検出する新規検査方法，評価基準の開発

研究課題名（英文）Development of new test methods and scoring criteria to detect chewing dysfunction with high accuracy using machine learning.

研究代表者

水口 真実（Minakuchi, Mami）

岡山大学・大学病院・医員

研究者番号：20634489

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）：本研究は、咀嚼機能の低下を簡便に精度高く検出する手法を、食事時の筋電図データから解明することを目的とした。しかしながら、新型コロナウイルスにより高齢者への接触制限等があり、当初予定していた高齢者を対象とした臨床研究の遂行は困難であった。そのため、咀嚼運動と同様の口腔機能である各種下顎運動を行った際の筋電図データを機械学習にて解析、識別する手法に着目し、咀嚼運動に類似した運動時の筋電図データを、機械学習によりどの程度識別することが可能か検討した。その結果、機械学習ベースの識別システムでは、咬筋EMGを使用して噛み締めと非噛み締め運動の識別に関しては高い精度を示すことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

要介護高齢者の増大に対して、要介護状態の発症を遅らせ、健康寿命を延伸することが強く望まれている。近年、フレイルが高齢者の自立喪失の有意なリスク因子であると報告された。フレイルサイクルの一端に口腔機能、特に咀嚼嚥下機能の低下による低栄養がある。そこで、口腔機能低下を早期に発見し、早期に口腔機能、栄養状態の改善を図ることができれば、高齢者の要介護状態への転落を遅延できると考えている。今回、口腔機能運動を咬筋活動から識別できたことは、将来的に口腔機能が維持された症例と低下している症例を筋電図検査から早期発見できる新たなスキームにつながる可能性を有している。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify a method to easily and accurately detect a decline in masticatory function from electromyogram data obtained during meals. However, due to restrictions on contact with the elderly caused by the COVID-19 pandemic, it was difficult to conduct the originally planned clinical research on the elderly. Therefore, we focused on a method of analyzing and classifying electromyogram data obtained during various mandibular movements, which are oral functions similar to chewing movements, using machine learning, and examined the extent to which machine learning can discriminate electromyogram data obtained during movements similar to chewing movements.

The results showed that the machine learning-based classification system had high accuracy in distinguishing between clenching and non-clenching movements using masseter muscle EMG.

研究分野：高齢者歯科学分野

キーワード：口腔機能低下 低栄養 筋電図 フレイル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

要介護高齢者の増大に対して、要介護状態の発症を遅らせ、健康寿命を延伸することが強く望まれている。一方、フレイルが高齢者の自立喪失の有意なリスク因子であることが知られている。特に、フレイルサイクルの一端に口腔機能、特に咀嚼嚥下機能の低下による低栄養があることから、口腔機能低下に関するリスク因子を早期に発見し、早期に口腔機能、栄養状態の改善を図ることができれば、高齢者の要介護状態への転落を遅延できると考えた。

そこで、口腔機能の低下をいち早く感知するための手法として、実際の食事時の筋電図を音声波形解析技術の応用と機械学習により解析することで、早期の咀嚼機能低下を類推する試みを開始した。しかしながら、新型コロナウイルス感染症の蔓延により、高齢者への摂食が困難となったことから、教師データ、テストデータの取得が困難となってしまった。そのため、他のリスク因子の検討を開始した。

2. 研究の目的

1) 咀嚼嚥下機能の維持、賦活を目的として行われる筋機能訓練によって、オーラルディアドコキネシスに加え、舌圧も改善することが知られている。この舌圧は骨格筋量よりも体幹筋量の影響を受け、舌機能に関連する舌骨上筋群は速筋繊維が優位な筋群であると言われている。一方、サルコペニア発症時には速筋繊維が優位な筋繊維の萎縮が生じることから、速筋はサルコペニアの影響を大きく受けることが知られている。このサルコペニア発症のリスク因子の一つに、ACTN3 遺伝子 R577X 多型による筋繊維の萎縮が明らかとなっているが、これらと舌機能低下ならびに嚥下障害を呈するリスク、さらにはフレイル、オーラルフレイルとの関連は明らかでない。

そこで本研究では、ACTN3 遺伝子 R577X 多型との関連を検討するための予備的検討を行った。本検討は、高齢者を対象に DNA を採取する必要があることから、被検者負担の少ない採取方法ならびにその結果の妥当性について検討する必要がある。

2) 高齢者施設にて口腔機能が低下した高齢者と低下を認めない高齢者の唾液サンプルの採取を計画していたが、新型コロナウイルス蔓延による感染予防の一環として、高齢者への接触制限があり、当初予定していた高齢者を対象とした唾液サンプルの採取は遂行できなかった。

そこで、咀嚼機能の低下を簡便に精度高く検出する手法の代替案として、咀嚼運動と同様の口腔機能である各種下顎運動を行った際の筋電図データを機械学習にて解析することで、筋活動を識別する手法に着目した。具体的には、咀嚼運動に類似した顎運動時の筋電図データを、機械学習によりどの程度識別することが可能か検討することとした。

3. 研究の方法

1) 高齢者の唾液を採取するとともに、頬粘膜の擦過(10回、20回)による生体試料の採集を行った。これらより、DNA を抽出し、R577X 遺伝子多型について評価を行った。

2) 適格基準を満たした健常者 12 名に意識下にて、各種下顎運動(歯の接触を伴う歯ぎしり運動: BMwTC、歯の接触を伴わない歯ぎしり運動: BMwoTC および非歯ぎしり運動: non-BM)を行わせた。EMG は咬筋、舌骨上筋、顎下部、頤部および頸部に皿電極を貼付し、皮膚伝達音は咬筋部から、polysomnograph ならびに voice recorder を用いてそれぞれ 1kHz、44.1kHz にて睡眠研究室のシールドルームで記録した。得られた筋電図は長さ 100 ms、シフト長 50ms のハミングウィンドウを使用し、隠れマルコフモデルを使用してシングルストリーム(SS)モデルならびにマルチストリーム(MS)モデルを用いてテストされた動作を他の動作から識別させた。トレーニングとテストには leave-one-out 法を用い、11 名のデータをトレーニングとし、残りの 1 名のデータをテストとした。識別精度は、感度、特異度、陽性/陰性的中率および調和平均値にて評価した。

4. 研究成果

1) R577X 多型を評価したところ、唾液サンプルと頬粘膜の擦過サンプルにて同一の結果が得られた。これより、頬粘膜の 10 回擦過によって R577X 多型を評価するのに十分な DNA 採取ができることが明らかとなった。これにより、従来の唾液採集による DNA 抽出と同程度の精度を有した採集方法を確立したといえる。今後は、この手法を用いて対象被検者の負担少なく DNA 収集、R577X 多型の評価の実施が可能となった。

2) SS モデルでは、咬筋 EMG の識別精度が最も高い調和平均値を示した。MS モデルでは、SS モデルよりも高い精度が示されたが、BMwoTC の調和平均値は 0.5 未満であった。機械学習ベースの識別システムでは、咬筋 EMG を使用して BMwTC と非 BM の識別に関しては高い精度を示すことが明らかとなった。

	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
Right masseter	0.81 +/- 0.14	0.95 +/- 0.03	0.76 +/- 0.12	0.96 +/- 0.03
Left masseter	0.78 +/- 0.22	0.95 +/- 0.03	0.77 +/- 0.11	0.96 +/- 0.04
Right infrahyoid muscles	0.62 +/- 0.31	0.42 +/- 0.18	0.15 +/- 0.06	0.88 +/- 0.08
Left infrahyoid muscles	0.59 +/- 0.35	0.46 +/- 0.19	0.16 +/- 0.07	0.88 +/- 0.08
Chin	0.50 +/- 0.24	0.83 +/- 0.10	0.38 +/- 0.15	0.90 +/- 0.04
Suprahyoid muscles	0.64 +/- 0.22	0.64 +/- 0.13	0.25 +/- 0.07	0.91 +/- 0.04
Sound data	0.66 +/- 0.26	0.91 +/- 0.06	0.61 +/- 0.15	0.94 +/- 0.04
				(mean +/- SD)

	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
Right masseter	0.47 +/- 0.39	0.90 +/- 0.05	0.18 +/- 0.15	0.97 +/- 0.02
Left masseter	0.45 +/- 0.41	0.86 +/- 0.08	0.11 +/- 0.09	0.97 +/- 0.02
Right infrahyoid muscles	0.67 +/- 0.37	0.85 +/- 0.09	0.17 +/- 0.11	0.98 +/- 0.02
Left infrahyoid muscles	0.60 +/- 0.43	0.82 +/- 0.15	0.15 +/- 0.13	0.98 +/- 0.02
Chin	0.25 +/- 0.26	0.87 +/- 0.12	0.10 +/- 0.13	0.96 +/- 0.02
Suprahyoid muscles	0.60 +/- 0.40	0.93 +/- 0.04	0.27 +/- 0.20	0.98 +/- 0.02
Sound data	0.45 +/- 0.34	0.92 +/- 0.05	0.19 +/- 0.13	0.97 +/- 0.02
				(mean +/- SD)

	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
Right masseter	0.86 +/- 0.07	0.88 +/- 0.14	0.97 +/- 0.04	0.63 +/- 0.11
Left masseter	0.81 +/- 0.11	0.85 +/- 0.21	0.96 +/- 0.05	0.58 +/- 0.16
Right infrahyoid muscles	0.25 +/- 0.22	0.81 +/- 0.30	0.91 +/- 0.10	0.20 +/- 0.07
Left infrahyoid muscles	0.27 +/- 0.16	0.80 +/- 0.19	0.88 +/- 0.08	0.22 +/- 0.04
Chin	0.72 +/- 0.19	0.70 +/- 0.24	0.91 +/- 0.06	0.43 +/- 0.13
Suprahyoid muscles	0.58 +/- 0.15	0.80 +/- 0.20	0.94 +/- 0.05	0.33 +/- 0.06
Sound data	0.86 +/- 0.10	0.82 +/- 0.19	0.95 +/- 0.05	0.63 +/- 0.14
				(mean +/- SD)

	BMwTC	BMwoTC	Non-BM
Right masseter	0.77 +/- 0.08	0.23 +/- 0.18	0.91 +/- 0.04
Left masseter	0.77 +/- 0.13	0.17 +/- 0.15	0.87 +/- 0.05
Right infrahyoid muscles	0.24 +/- 0.10	0.27 +/- 0.17	0.34 +/- 0.22
Left infrahyoid muscles	0.24 +/- 0.10	0.23 +/- 0.19	0.39 +/- 0.19
Chin	0.40 +/- 0.13	0.14 +/- 0.14	0.79 +/- 0.14
Suprahyoid muscles	0.36 +/- 0.09	0.35 +/- 0.23	0.70 +/- 0.10
Sound data	0.60 +/- 0.16	0.25 +/- 0.18	0.90 +/- 0.05
			(mean +/- SD)

シングルストリームモデルにおける BMwTC , BMwoTC および non-BM の識別精度 (感度 , 特異度 , 陽性/陰性適中率) ならびに調和平均値 (F 値)

	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
MS-1	0.85 +/- 0.16	0.96 +/- 0.03	0.81 +/- 0.11	0.97 +/- 0.03
MS-2	0.82 +/- 0.16	0.96 +/- 0.03	0.80 +/- 0.11	0.97 +/- 0.03
MS-3	0.81 +/- 0.16	0.96 +/- 0.02	0.79 +/- 0.09	0.97 +/- 0.03
MS-4	0.83 +/- 0.22	0.96 +/- 0.03	0.83 +/- 0.09	0.97 +/- 0.04
MS-5	0.86 +/- 0.16	0.96 +/- 0.03	0.83 +/- 0.10	0.97 +/- 0.03
				(mean +/- SD)
MS-1: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle, chin and right suprahyoid muscle				
MS-2: EMG of bilateral masseter muscle				
MS-3: EMG of bilateral masseter muscle and cutaneous transmittance sound				
MS-4: EMG of bilateral masseter muscle and bilateral infrahyoid muscle				
MS-5: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle and cutaneous transmittance sound				

	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
MS-1	0.58 +/- 0.41	0.93 +/- 0.04	0.23 +/- 0.15	0.98 +/- 0.02
MS-2	0.45 +/- 0.40	0.90 +/- 0.06	0.17 +/- 0.15	0.97 +/- 0.02
MS-3	0.52 +/- 0.40	0.91 +/- 0.05	0.18 +/- 0.14	0.98 +/- 0.02
MS-4	0.66 +/- 0.39	0.90 +/- 0.06	0.23 +/- 0.15	0.98 +/- 0.02
MS-5	0.58 +/- 0.36	0.96 +/- 0.03	0.37 +/- 0.22	0.98 +/- 0.02
				(mean +/- SD)
MS-1: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle, chin and right suprahyoid muscle				
MS-2: EMG of bilateral masseter muscle				
MS-3: EMG of bilateral masseter muscle and cutaneous transmittance sound				
MS-4: EMG of bilateral masseter muscle and bilateral infrahyoid muscle				
MS-5: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle and cutaneous transmittance sound				

	Sensitivity	Specificity	Positive predictive value	Negative predictive value
MS-1	0.88 +/- 0.06	0.85 +/- 0.17	0.96 +/- 0.04	0.67 +/- 0.10
MS-2	0.87 +/- 0.07	0.87 +/- 0.16	0.96 +/- 0.04	0.65 +/- 0.13
MS-3	0.87 +/- 0.07	0.87 +/- 0.16	0.96 +/- 0.04	0.66 +/- 0.13
MS-4	0.85 +/- 0.07	0.86 +/- 0.17	0.96 +/- 0.04	0.62 +/- 0.11
MS-5	0.92 +/- 0.06	0.84 +/- 0.17	0.96 +/- 0.04	0.76 +/- 0.12
				(mean +/- SD)
MS-1: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle, chin and right suprahyoid muscle				
MS-2: EMG of bilateral masseter muscle				
MS-3: EMG of bilateral masseter muscle and cutaneous transmittance sound				
MS-4: EMG of bilateral masseter muscle and bilateral infrahyoid muscle				
MS-5: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle and cutaneous transmittance sound				

	BMwTC	BMwoTC	Non-BM
MS-1	0.82 +/- 0.09	0.32 +/- 0.21	0.92 +/- 0.03
MS-2	0.79 +/- 0.09	0.22 +/- 0.18	0.91 +/- 0.03
MS-3	0.79 +/- 0.07	0.26 +/- 0.21	0.92 +/- 0.03
MS-4	0.80 +/- 0.15	0.33 +/- 0.20	0.90 +/- 0.04
MS-5	0.83 +/- 0.09	0.43 +/- 0.25	0.94 +/- 0.03
			(mean +/- SD)
MS-1: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle, chin and right suprahyoid muscle			
MS-2: EMG of bilateral masseter muscle			
MS-3: EMG of bilateral masseter muscle and cutaneous transmittance sound			
MS-4: EMG of bilateral masseter muscle and bilateral infrahyoid muscle			
MS-5: EMG of bilateral masseter muscle, bilateral infrahyoid muscle and cutaneous transmittance sound			

マルチストリームモデルにおける BMwTC , BMwoTC および non-BM の識別精度 (感度 , 特異度 , 陽性/陰性適中率) ならびに調和平均値 (F 値)

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
研究分担者	窪木 拓男 (Kuboki Takuo) (00225195)	岡山大学・医歯薬学域・教授 (15301)	
研究分担者	水口 一 (Minakuchi Hajime) (30325097)	岡山大学・大学病院・講師 (15301)	
研究分担者	三木 春奈 (Miki Haruna) (60739902)	岡山大学・医歯薬学域・助教 (15301)	
研究分担者	小山 絵理 (Koyama Eri) (60779437)	岡山大学・大学病院・医員 (15301)	

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