

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：17301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K21141

研究課題名（和文）見える化した医療者の手技と機能評価を学習した人工知能による嚥下機能評価法の構築

研究課題名（英文）Construction of a swallowing function evaluation method using artificial intelligence that learns visualized medical practices and functional assessments

研究代表者

高橋 陽助（Takahashi, Yosuke）

長崎大学・病院（歯学系）・医員

研究者番号：00909187

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は摂食嚥下リハビリテーションにおける医療者の感覚を定量化し、人工知能の機械学習を用いて、新たな嚥下機能評価方法を構築することである。これまで実施してきた研究を発展させ、多チャンネル筋電計を用いた嚥下時の筋活動計測および筋電図波形を学習した人工知能による解析を行った。その結果、患者の感覚に委ねられていた嚥下時の疲労を、筋活動のみから検出することができた。また、少量の水分を嚥下した際の筋活動から、嚥下機能低下を早期発見できる可能性が示唆された。今後は、嚥下内視鏡検査および嚥下造影検査との同期計測、より広い年齢層を対象とする計測を行い、検出精度の向上を計る。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会の高齢化に伴い、摂食嚥下リハビリテーションを担う医療職のマンパワー不足は深刻化すると予想され、質の向上による訓練の効率化、正しい訓練・評価ができる成熟した医療者の早期育成が必要とされている。これらを達成するためには、誰もが正しく嚥下機能の評価できるシステムの構築が必要である。

日々のリハビリテーションにおける嚥下機能評価は、医療者の感覚と経験に委ねられている部分が多い。本研究における生体信号と医療者の感覚を定量化したデータおよび医療者の経験による評価を学習した人工知能による機能評価は、摂食嚥下リハビリテーションに限らず様々な医療現場で応用可能なコアシステムになる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop a new swallowing function assessment method. By quantifying the sensory perception of medical personnel in feeding and swallowing rehabilitation and by applying deep learning of artificial intelligence. Expanding on previous studies, we measured muscle activity during swallowing using a multichannel electromyograph and analyzed electromyographic waveforms using deep-learned artificial intelligence. As a result, fatigue during swallowing, which had been left to the patient's senses, could be detected from muscle activity alone. The results also suggested that muscle activity during swallowing of a small amount of water could be used to detect early detection of functional decline in swallowing.

In the future, we will conduct synchronized measurement with videoendoscopic evaluation of swallowing and videofluorography, and measurement for a wider age range to improve the detection accuracy.

研究分野：摂食嚥下

キーワード：摂食嚥下 嚥下訓練

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

社会の高齢化に伴い、摂食嚥下訓練を行う医療職のマンパワー不足は深刻化すると予想されており、質の向上による訓練の効率化、正しい訓練・評価ができる成熟した医療者の早期育成が必要とされている。

摂食嚥下訓練時においては、医療者が患者の嚥下機能に関係する舌や喉頭を含めた各器官の動きを見て、各器官の運動速度や可動域を測り、医療者の手指感覚から筋の強さや柔軟性を測る。これらを総合して嚥下機能を評価している。このように訓練時における嚥下機能値は、訓練を行う医療職の感覚や経験に委ねられている部分が多く、正しい訓練・評価ができる成熟した医療者の育成には時間を要している。これらの日々の訓練における嚥下機能評価により、訓練メニュー・頻度・強度を変え、リハビリテーション計画を微調整することにより、訓練の質を高め効率化している。しかし、他施設に比べ、人員の充実している大学病院においても、医療者側のマンパワー不足により、嚥下訓練を開始できない場合や、医療者の経験不足により嚥下機能が正しく評価されない場合がある。

2. 研究の目的

本研究では、多チャンネル筋電計を用いた筋活動解析によって医療者の経験や感覚に委ねている評価項目を定量化する。これらの定量化したデータと人工知能による機械学習から、新たな嚥下機能評価法を構築する。

3. 研究の方法

(1) 嚥下時における疲労の検討

対象者は、摂食嚥下スクリーニング検査にて嚥下機能障害の疑いのない健常若年者 10 名(男性 4 名、女性 6 名、平均年齢 27.9±5.0 歳)とした。多チャンネル筋電計を舌骨上筋群および舌骨下筋群に装着し、座位における筋活動を計測した。初めに、水 3 cc を 5 秒間隔で 3 回嚥下した後に、疲労タスクとして疲労を感じるまで唾液嚥下を反復し、最後に、水 3 cc を 5 秒間隔で 3 回嚥下した。疲労タスク前後の水 3 cc 嚥下時における筋活動を比較した。疲労の観察を検討するため、筋電図波形の中央周波数および振幅を算出し、それぞれチャンネルごとの平均値を求めた。数値解析には、MATLAB®を用いた。

(2) キネシオテーピングによる摂食嚥下関連筋群への影響

対象者は、摂食嚥下スクリーニング検査にて嚥下機能障害の疑いのない健常若年者 9 名(男性 3 名、女性 6 名、平均年齢 27.9±5.0 歳)とした。頸部にキネシオテーピング(テープの幅: 25 mm、テープの長さ: 自然長の 90%、条件 1: 貼付なし、条件 2: 舌骨相当部 112 からオトガイまで、条件 3: 甲状軟骨相当部からオトガイまで)を行い、舌骨上筋群および舌骨下筋群に多チャンネル筋電計を装着した。各条件において、水 6 cc を 3 回嚥下し、嚥下時の筋活動を計測した。得られた筋電図波形を、数値解析ソフト MATLAB®を用いて二乗平方根処理し、筋活動量である積分値を算出した。チャンネルごとに積分値の平均を求め、各条件における個人内比較を行った。統計学的検討として、SPSS®を用いて一元配置分散分析を行い、Tukey の方法を用いて多重比較した。

(3) AI により表面筋電図から嚥下機能の加齢変化を非侵襲的に捉えるための基礎的検討

対象者は、摂食嚥下スクリーニング検査にて嚥下機能障害の疑いが無い健常な若年者 15 名(平均年齢 22.0 歳)および健常な高齢者 15 名(平均年齢 70.1 歳)とした。計測時点において、全ての被験者が食事を含めた日常生活において介護を必要としなかった。嚥下条件は、1 ml と 6 ml の水に対し、それぞれ通常嚥下と努力嚥下の 4 条件とした。対象者の舌骨上筋群および下筋群相当部の皮膚に、それぞれ 22ch 計 44ch の多チャンネル表面筋電計を装着し、嚥下時の sEMG 信号を計測した。計測した sEMG 信号から振幅と周波数に関する特徴量を抽出し、カラーマップにより舌骨上筋群および舌骨下筋群の嚥下時筋活動をそれぞれ 1 枚の画像で表現した。

次に、100 万枚以上の自然画像を用いて事前学習した AlexNet の構造の一部を特徴抽出器として使用し、各画像から特徴ベクトルを抽出した。AlexNet は、畳み込みニューラルネットワークの 1 種であり、ネットワーク構造が簡単で識別性能が高いことが知られている。得られた 8.192 次元の特徴ベクトルをカーネル主成分分析により取り扱いが容易な 3 次元の特徴ベクトルへと次元圧縮した。次に、次元圧縮した各特徴ベクトルのユークリッド距離を算出した。ユークリッド距離を若年者群と高齢者群で比較するため、各被験者の自然嚥下を最も表現している 6 ml の通常嚥下に着目し、原点 0 から 6 ml の通常嚥下までのユークリッド距離が 1 となるように、各被験者のユークリッド距離を正規化した。本研究では、正規化したユークリッド距離を用いて、若年者群と高齢者群の嚥下パターンの変化を比較し、対応のない t 検定を用いて群間比較を行った。

4. 研究成果

(1) 嚥下時における疲労の検討

これまでの研究では筋電図波形における疲労の現象として中央周波数の低下および振幅の増大がそれぞれ報告されている。本研究では、被験者の全員において、舌骨上筋群と舌骨下筋群の平均値では中央周波数の低下もしくは振幅の増大の少なくとも片方を認めた。

(2) キネシオテーピングによる摂食嚥下関連筋群への影響

頭部挙上訓練における医療者の徒手的負荷を、頸部へのキネシオテープの貼付により代替可能か嚥下時の嚥下関連筋群筋活動量に与える影響について検証した。舌骨下筋群における筋活動量は、貼付なしに比べ、甲状軟骨相当部からオトガイまでの貼付にて有意に筋活動量が増加し ($p < 0.01$)、その平均増加率は 16.7%であった。

(3) AI により表面筋電図から嚥下機能の加齢変化を非侵襲的に捉えるための基礎的検討

嚥下時の筋活動評価より嚥下機能低下を加齢変化の段階から早期発見するための基礎的検討を行った。摂食嚥下スクリーニング検査にて嚥下機能障害の疑いがない健常な若年者 15 名 (平均年齢 22.0 歳) および健常な高齢者 15 名 (平均年齢 70.1 歳) を対象とし、水 1ml および 6ml の通常嚥下、努力嚥下における筋活動を計測した。多チャンネル表面筋電計から得られた情報のみから若年者群と高齢者群の間に有意差を認め、加齢変化による嚥下機能の低下を定量的かつ簡便に評価できる可能性が示唆された。

上記内容について、関連学会にて発表した。今後は、嚥下内視鏡検査および嚥下造影検査との同期計測、より広い年齢層を対象とする計測を行い、検出精度の向上を計る。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 玉田 泰嗣, ○高橋 陽助, 横浜 裕太, 佐々木 誠, 鮎瀬 卓郎
2. 発表標題 嚙下関連筋群の疲労評価に関する基礎的検討
3. 学会等名 一般社団法人 日本老年歯科医学会第33回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ○高橋 陽助, 玉田 泰嗣, 横浜 裕太, 佐々木 誠, 鮎瀬 卓郎
2. 発表標題 頸部へのキネシオテーピングが嚙下運動における筋活動に及ぼす影響
3. 学会等名 一般社団法人 日本老年歯科医学会第33回学術大会
4. 発表年 2022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
---------	---------