

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05888

研究課題名(和文) 嚥下障害の未然予防を目的とした適切な顔面指圧動作の究明

研究課題名(英文) Determination of proper facial pressure action for prevention of swallowing disorder

研究代表者

中沢 信明 (Nakazawa, Nobuaki)

群馬大学・大学院理工学府・准教授

研究者番号：80312908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、嚥下との関係が深い口腔周囲筋に着目し、誤嚥予防トレーニングを効果的に行うための手法を検討した。計測の結果、息の吹き出し動作を保持した際に口輪筋の筋活動は高くなり、特に、口腔内圧が高くなる吹き出し開始から保持に至るまでの間は筋活動が高くなることが分かった。得られた結果をもとにして、口腔内圧を変化させ、吹き込み動作への負荷を与えることによる口輪筋を鍛えるための空気圧サーボシステムの構築を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused on the perioral muscle, which is deeply related to swallowing, and examined a method for efficiently performing aspiration prevention training. As a result of the measurement, it was found that the muscle activity of the orbicularis muscle became high when holding the blowing state, and in particular, the muscle activity increased during the period from blowing at which the intraoral pressure increased to the retention. Based on the obtained results, we constructed a pneumatic servo system to train the orbicularis muscle by changing the intraoral pressure and giving a load to the blowing motion.

研究分野：人間機械系

キーワード：誤嚥予防 トレーニング 計測 筋電図 口腔 圧力

1. 研究開始当初の背景

高齢者の中には、加齢とともに口腔感覚や唾液分泌が衰えるために飲み込むことが困難となり、“嚥下障害”を発症するケースが多い。嚥下障害を放っておけば、食べ物が喉につかえて窒息状態に陥る、あるいは肺にものが入り肺炎を引き起こされるなど、生命の危機に至る場合もある。

2. 研究の目的

このような加齢による嚥下障害は、口腔周囲筋を鍛えることや唾液分泌を促す運動やトレーニングによって、未然に防ぐことができる。そこで本課題では、高齢者の嚥下障害の予防を目的として、唾液分泌を促すための適切な負荷動作について究明するとともに、口輪筋を鍛えるための自動負荷システムを構築する。

3. 研究の方法

嚥下との関係が深い口腔周囲筋と口腔内の圧力との関係について調べることを目的として、“頬の膨らまし運動”の計測を行った。本装置は、図1に示されるようい柔らかいペットボトル本体と小型の気圧センサが設置されたキャップ（マウスピース）で構成されており、マウスピースを口に咥えてペットボトル内の空気を吸い込み、そして吹き込む際の口腔内の圧力変動を計測した。同時に口輪筋の筋電位信号を計測し、口輪筋のトレーニングを効率的に行うための運動について検討した。取得した筋電信号に対して、振幅確率密度関数による解析（APDF 解析）を行い、平均的な負荷の値を求めることで、運動の評価を行った。また、得られた結果に基づいて、口輪筋を鍛えるための自動負荷システムの構築を行った。



図1 計測システム

4. 研究成果

ペットボトルに対して、吸い込み動作および吹き込み計測を行った際の口腔内圧および口輪筋の筋電位を計測し、APDF 解析を行った。図2が解析結果である。なお、APDF 解析では、振幅確率密度関数が0.5のときに横軸の値が大きい方が、より筋活動が高いことを示している。解析結果より、吹き込み動作を保持する運動を行うことで、口輪筋の筋活動量が大きくなることが分かった。また、吹き込み動作開始から保持に至るまでの区間では高い筋活動量を示しているという結果を得た。次に、吸気および呼気の手数を考慮し

て同様の実験を行い、動作開始から保持に至るまでの区間における口輪筋の筋活動量を高める運動について検討した。その結果、できる限り速く吹き込む動作が有効であることが分かった。また、径の細いマウスピースを用いることで、より効率的に口輪筋を鍛えられることが分かった。

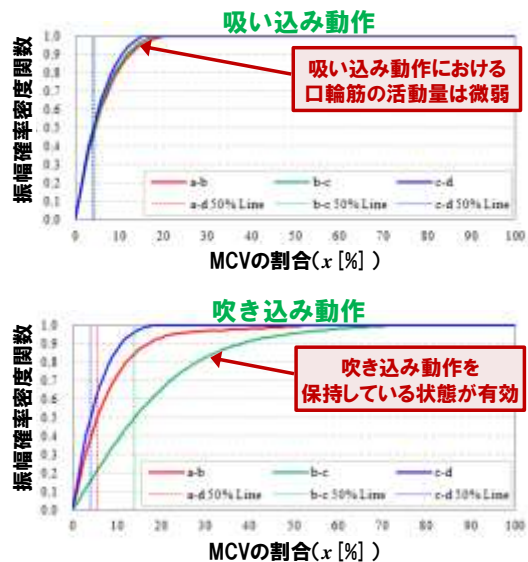


図2 APDF 解析

以上の結果をもとに、ここでは空気を吹き込む動作を保持することに焦点を当て、口輪筋を鍛えるための補助装置の製作を行った。図3に示されるように、本装置は、シリンジ部、コントロールユニット部、マウスピース部により構成されている。シリンジ部は注射器とサーボモータ駆動のボールねじユニットで構成されており、注射器内部のピストンには気圧センサが取り付けられている。ボールねじユニットと注射器は固定されており、サーボモータを駆動することで注射器のピストンが移動する構造となっている。

図4は自動負荷システムを利用したときの口腔内圧、ピストン位置、口輪筋の筋電図の計測波形である。本システムでは、圧力センサの初期値は大気圧を基準としており、吹き込み動作によって、呼気の圧力が設定した閾値を超えた場合には、閾値以下になる方向にピストンがサーボモータによって移動する仕様となっている。すなわち、使用者に対して、負荷を与えながら吹き込み動作を行うことが可能である。吹き込み動作により、ピストンが目標位置まで到達した状態でトレーニング動作が完了し、同時にサーボモータによりピストンが初期位置まで自動で戻る。なお、呼気の圧力が閾値を下回ると、サーボモータの駆動も停止するようになっている。構築した装置を利用した際の口輪筋付近の筋電位信号を計測した結果、高い圧力で吹き込み動作を行うことで高い筋活動量を得ることが確認できた。また、低い圧力での吹き込み動作を行った場合でも筋活動量が増大

する効果があることが分かった。

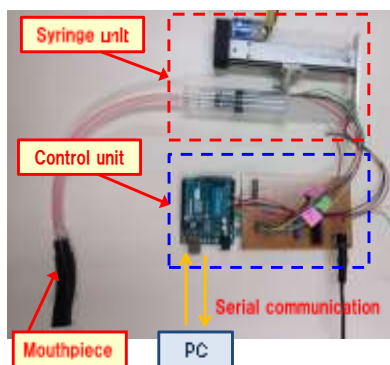


図3 空気圧サーボ

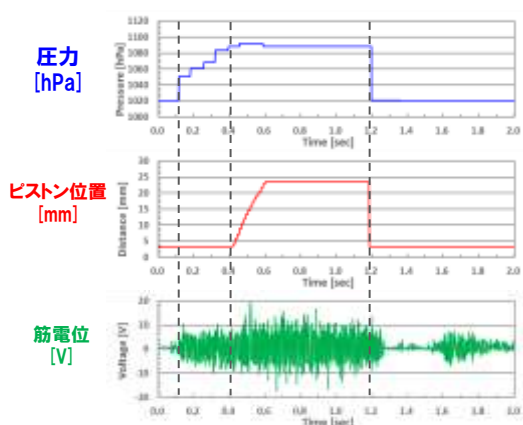


図4 装置を利用した際の時間波形

さらに、口輪筋のトレーニングを意欲的に続けられることを目的として、トレーニングの効果を可視化するためのシステム構築を行った。従来、口輪筋トレーニングの効果を測る評価方法としては、オーラルディアドコキネシス、あるいは反復唾液嚥下検査 (RSST) が用いられてきた。しかしながら、口輪筋力の定量的な評価は行われてこなかった。そこで、本研究では、圧力センサを用いることで口唇の挟み込み力を計測し、トレーニング効果の定量的評価の提案を行った。図5が装置の概略である。本装置は、上唇および下唇を挟むためのU字状の部品とそれらを結合する部品、スプリングにより構成されており、U字状の部品の間には、薄い感圧センサがシリコンシートを介して配置されている。



図5 口唇の挟み込み力の計測システム

センサの出力信号は、アンプによって増幅され、アナログ・デジタル変換器を通してパソコンに取り込むことが可能である。取り込まれたデータを利用することで、利用者が上唇と下唇によって挟み込み動作を行う際の

力の時系列波形および最大値が表示可能なGUI (Graphical User Interface) ソフトウェアを開発した。

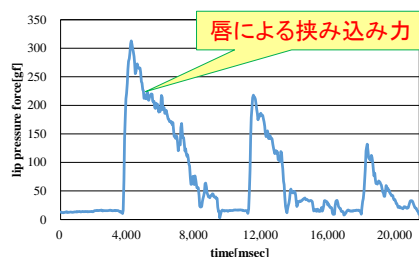


図6 挟み込み力の計測波形

図6は、口唇による挟み込み力の計測波形の一例である。最大値はテキストファイルに書き込まれ、データベースとして記録されるようになっている。利用者は、ソフトウェアによって発せられるシグナル音とともに口唇による装置の挟み込み動作を行うことで、利用者自身が加えている力の波形を実時間で確認でき、また、日々の最大値の変化から、口輪筋により発せられる力を数値として確認することが可能である。結果として、トレーニングのデータベース化ならびに可視化の目標を達成することができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件)

① Nobuaki Nakazawa, Shinnosuke Segawa, Nao Ozawa, Yuki Haruyama, Ilhwan Kim, and Yusaku Fujii, Human Interface Based on Eyelid Shape Approximation, International Journal of Computer Theory and Engineering, 査読有, Vol. 9, No. 1, 2017, 48-52
DOI:10.7763/IJCTE.2017.V9.1110

② Akira Suzuki, Nobuaki Nakazawa, Yuuki Tanaka, Yusaku Fujii, Takao Yamaguchi, and Toshikazu Matsui, Study on Mouth Gymnastics for Orbicularis Oris Muscle, Journal of Technology and Social Science, 査読有, Vol. 1, No. 3, 2017, 83-86

③ Bo Peng, Motohiro Kano, Nobuaki Nakazawa, Feng Wang, Yusaku Fujii, Takao Yamaguchi, and Toshikazu Matsui, Recognition of Nostril Position Based on Skin Color Distribution, Journal of Technology and Social Science, 査読有, Vol. 1, No. 3, 2017, 96-100

④ Bo Peng, Nobuaki Nakazawa, Motohiro Kano, Mouth and Nostril Detection based on Facial Skin Color Distribution, International Journal of New Technology and Research, 査読有, Vol. 3, No. 12, 2017, 31-35

⑤ 中沢信明, 福祉機器のヒューマンインタ

フェース (特集 生活支援機器・医療機器の開発), 日本 AEM 学会誌, 査読なし, Vol. 25, No. 3, 2017, 15-20
DOI:10.14243/jsaem.25.313

⑥ 中沢信明, 福祉ロボットとヒューマンインタフェース, エレクトロニクス実装学会誌, 査読なし, Vol.19, No. 6, 2016, 389-393
DOI:10.5104/jiep.19.389

⑦ Nobuaki Nakazawa, Motohiro Kano, and Toshikazu Matsui, Enhanced Method for Face Detection Based on Feature Color, International Journal of Computer Theory and Engineering, 査読有, Vol. 4, No. 1, 2016, 1-5
DOI:10.18178/joig.4.1.1-5

⑧ Nobuaki Nakazawa and Toshikazu Matsui, Extension of the Upper Extremity with Shoulder Movements, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, 査読有, Vol.14, No. 3, 2015, 233-237

⑨ 中沢信明, 上野湧紀, 沼田千紘, 松井利一, 全方向電動車いすを利用した掲示物閲覧支援システム, ライフサポート, 査読有, Vol.12, No. 4, 2015, 148-151

⑩ 中沢信明, 瀬川辰之佑, 村川裕紀, 松井利一, 瞼の形状近似を利用した操作インタフェースの開発, ライフサポート, 査読有, Vol.12, No. 4, 2015, 124-131

[学会発表] (計 12 件)

① Nobuaki Nakazawa, Development of an Intuitive Interface for PC Mouse Operation Based on Both Arms Gesture, International Conference on Computer Science and Information Technology 2017, 2017

② Nobuaki Nakazawa, Human Interface Based on Facial Feature Points, Dalian Polytechnic University, 2017

③ 春山裕樹, 虹彩の特徴量を利用したインタフェースの開発, 日本機械学会 ROBOMECH2016, 2016

④ 小澤奈穂, 瞼形状と虹彩位置を利用した非接触型インタフェースの開発, 日本機械学会 ROBOMECH2016, 2016

⑤ 瀬川辰之佑, 上下瞼の曲線近似を利用した視線入力システムの構築, 日本機械学会 ROBOMECH2016, 2016

⑥ 春山裕樹, 瞬き操作に基づいた文字入力システムの構築, ライフサポート学会 LIFE2016, 2016

⑦ Nobuaki Nakazawa, A Perspective on Effective Mouth Exercises for the Orbicularis Oris Muscle, International Conference on Mechatronics and

Information Technology, 2015

⑧ Bo Peng, Face features detection based on labeling procedure of banalization images, International Conference on Mechatronics and Information Technology, 2015

⑨ 坂洋明, 上腕の運動を利用したパソコン操作インタフェースの開発, ライフサポート学会 LIFE2015, 2015

⑩ 瀬川辰之佑, 瞼形状の曲率を利用した視線方向認識システム, ライフサポート学会 LIFE2015, 2015

⑪ 瀬川辰之佑, 瞼の形状近似に基づいた視線方向認識に関する一考察, 日本機械学会 ROBOMECH2015, 2015

⑫ 今井瑞貴, ゲーム操作を利用した顔面体操トレーニングの検討, 日本機械学会 ROBOMECH2015, 2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中沢 信明 (Nakazawa, Nobuaki)

群馬大学・大学院理工学府・准教授

研究者番号: 80312908