

令和元年6月29日現在

機関番号：35416

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16475

研究課題名（和文）咳嗽能力を音響学的に評価する新しい評価方法の確立

研究課題名（英文）A Novel Cough Strength Evaluation Method via Cough Sounds

研究代表者

馬屋原 康高（Umayahara, Yasutaka）

広島都市学園大学・健康科学部・講師（移行）

研究者番号：60746395

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）：本研究では、咳嗽音を用いた咳嗽能力評価法を提案し、臨床現場での日常的な使用を目的とした機器を開発した。実験結果より、体重とBMIが咳嗽時の最大呼気流量（CPF）推定精度に与える影響は最小限であることが明らかとなった。また、年齢を考慮した提案モデルと測定機器を使用することで高齢者においても咳嗽力評価が可能であることが示された。CPF推定における加齢の影響は、提案モデルに年齢の一次式を追加することで補正することができた。今後の研究において、実用化に向けて、提案モデルの有効性と、在宅介護中に日常使用するためにモバイルデバイスに実装されたユーザーインターフェイスソフトウェアをテストする予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

先行研究では、70歳以上で発症した肺炎の約80%が誤嚥性肺炎（誤って気道に入った食べ物や唾液などの分泌物が原因で発症する肺炎）であったと報告されている。また、飲み込みの機能と誤って気道に侵入した異物を排出する咳の能力は関連するとされ、誤嚥性肺炎のリスク管理を行なうためには、飲み込みの機能だけではなく、咳の能力を評価することは重要とされている。咳の能力を評価するためには、医療機関でスパイロメーターを用いて測定されるが、マスクを口にあてがうなど煩雑である。そこで、本研究にて開発した提案法を用いれば、医療機関だけではなく在宅でも簡便に咳の能力を測定することができ、誤嚥性肺炎を予防する一助となる。

研究成果の概要（英文）：This study presented a cough strength evaluation based on cough sounds and designed for daily use in clinical practice along with a custom-designed user interface. This study found that body weight and BMI have minimal effects on the cough peak flow (CPF) estimation accuracy. The experiment results also revealed that cough strength can be evaluated in elderly people by using the proposed model and device considering the effect of age. Its effect on CPF estimation can be compensated by adding a proportional age coefficient. Toward practical application, we plan to test the efficacy of the proposed model and the user interface software implemented on a mobile device for daily use during in-home care.

研究分野：リハビリテーション，医用工学

キーワード：咳嗽力 咳嗽音 咳嗽 マイクロフォン モバイルデバイス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究に関する国内・国外の研究動向および位置づけ

平成 26 年に実施された厚生労働省の統計調査によると、日本人の死因の第 3 位は肺炎で年々増加傾向にある。さらに、高齢者の肺炎の約 70% 以上が誤嚥性肺炎であるという報告もある (Teramoto, 2014)。したがって、誤嚥性肺炎リスクを早期に発見し、対応することが急務である。

先行研究では、嚥下機能と咳嗽能力の関連について報告されており (Addington, 2009, 福岡, 2011)、誤嚥性肺炎のリスク管理を行なう上で、嚥下機能だけでなく、咳嗽能力を評価することは重要である。

咳嗽能力の評価には、デュシェンヌ型筋ジストロフィーを中心とした神経筋疾患を対象に、随意的努力咳嗽時の最大呼気流量 (以下 CPF: Cough peak Flow) を計測する空力的手法が用いられている (米国胸部疾患学会 Consensus Statement, 2004)。さらに近年では、高齢者の咳嗽力を、CPF を用いて評価している報告も多い (山川, 2010、福岡, 2011)。Bach らは、CPF が 270 L/min 以下となった場合、粘稠な痰などが排出困難となり、呼吸器感染症を発症すると、急性呼吸不全に陥る可能性があるとして、160 L/min 以下では、日常的に唾液などの分泌物の排出が困難となると報告している。CPF の測定には、スパイロメータ (またはピークフローメータ) に口鼻マスクを接続し、被検者に随意的努力咳嗽を行わせる方法が一般的である。しかしながら、高齢者や重症心身障害児 (者) では、CPF 測定が困難な症例が多い。つまり、嫌がらず口鼻マスクを装着でき、口頭指示に従って咳嗽可能な症例しか測定できないという問題点がある。

(2) 新しい咳嗽評価の試み

近年では、音響学的評価として咽頭マイクロフォンを用いて、嚥下回数のモニタリングや咳嗽頻度をモニタリングする手法が開発され、2007 年に発表されたヨーロッパ呼吸器学会の咳嗽評価ガイドラインにも記載されている (ERS guidelines on the assessment of cough, 2007)。音響学的評価を用いれば、口頭指示やマスクを使用しないため、従来の CPF 測定が困難であった症例でも咳嗽能力を評価することが可能となり、誤嚥性肺炎を予防するための重要な指標となる。しかし、音響学的咳嗽評価と CPF の関連について明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、咳嗽音の測定方法を検討し、従来の咳嗽力指標である CPF と新たな咳嗽音指標との関連性を明らかにして咳嗽音を用いた咳嗽能力評価モデル (提案モデル) を作成する、マイクロフォン種類が咳嗽力予測に及ぼす影響について検討する、汎用性を高めるため提案モデルを用いたモバイルデバイス用のヒューマンインターフェイスソフトウェアの開発、高齢者に応用することで新たな咳嗽力測定システムを確立させることを目標とした。

3. 研究の方法

(1) 咳嗽音測定方法の検討と CPF と咳嗽音指標の関連性

対象は、喫煙歴のない健常者 33 例とした。従来の咳嗽能力評価方法と音響学的評価指標との関連を明らかにするために、フェイスマスクとフローメータを用いて咳嗽時の呼気流量を、マイクロフォンを用いて咳嗽音を同時測定した (図 1)。咳嗽は随意的に、自然呼吸の吸気位から軽度な努力、最大吸気位から軽度な努力、最大吸気位から最大努力にて各 3 回施行した。

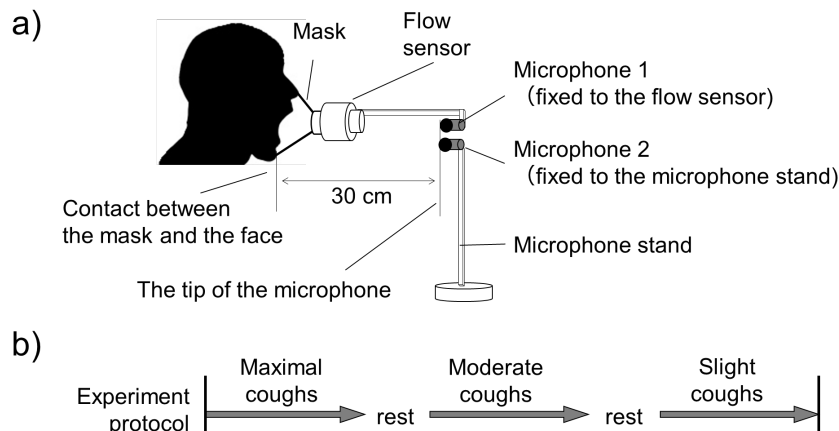


図 1 測定方法

咳嗽力の評価は、フェイスマスクに呼気ガス分析器 (ミナト医科学、AE100i) のフローセンサーを接続し、咳嗽時の最大呼気流量である CPF を測定した。

咳嗽音は、フローセンサーの先端にマイクロフォンを音源との距離が常に 3 cm と一定となる

ように設置した microphone1 と測定距離は同様であるがマイクロフォンスタンドに固定した microphone2 にて測定した (図 1)。得られた咳嗽音波形は、整流化し envelope を作成したのち音圧レベル (dB) に変換した。咳嗽時の最大音圧レベルを CPSL (Cough peak sound pressure level) として算出した。

得られた、CPF と各 CPSL の関連について非線形最小二乗法を用いて解析し、提案モデルを作成した。

提案モデルを用いて予測の CPF (CPS : predicted cough peak flow via cough sound) を算出し、回帰分析および Bland-Altman Plot にて各 CPS の予測精度を検証した。

(2) マイクロフォン種類が咳嗽力予測に及ぼす影響

喫煙歴のない大学生 33 例を対象とした。マイクロフォンの種類が提案モデルに及ぼす影響を明らかにするため、外耳道に装着する in-ear マイク、mini-speech マイクおよび携帯端末 (Apple 社製 iPhone6) 内蔵マイクを用いて咳嗽音を測定した (図 2)。さらに、咳嗽音データより CPSL を算出した。また従来の咳嗽力指標として CPF を測定した。CPF と CPSL より非線形最小二乗法を用いて検討した。得られた各マイクロフォンを使用した場合の提案モデルより算出した CPS について予測精度を検証した。

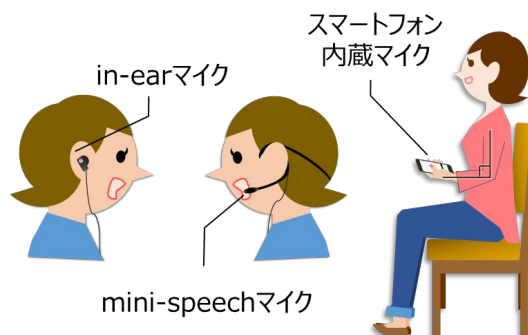


図 2 マイクロフォンの種類

(3) 提案モデルを用いたモバイルデバイス用のヒューマンインターフェイスソフトウェアの開発

作成した提案モデルをプログラムした iOS 用のアプリケーションを作成した。

(4) 高齢者への応用

肺機能検査を実施し一秒率が 70% 以上で、口頭指示が可能な 60~95 歳の高齢者 25 例および健常大学生 33 例を対象とした。(3) にて作成した iOS アプリケーションを携帯端末 (Apple 社製 iPhone6) にインストールした携帯端末の内蔵マイクロフォンを用いて咳嗽音を測定し、CPS を自動的に算出した。

さらに、年齢の影響を考慮して提案モデルに年齢因子を加味して改良を加えた。最後に回帰分析および Bland-Altman Plot にて CPS の予測精度を検証した。

4. 研究成果

非線形最小二乗法の結果より CPF は CPSL の指数関数式で合わすことができた (Eq. 1) (図 3)。

$$CPF = a * \{ \exp (\beta * CPSL) - 1 \} \quad Eq. 1$$

α 、 β は定数である。Eq.1 を咳嗽能力評価における提案モデルとした。Eq. 1 を用いて microphone1 と microphone2 にて測定した咳嗽音より CPS を算出した。咳嗽力の予測値である各 CPS と実測値である CPF の回帰分析および Bland-Altman plot にて予測精度を検証した結果、音源である口元とマイクロフォンの測定距離が体動の影響を受けにくい microphone1 を用いた場合、精度が高いことが明らかとなった。さらに、提案モデルに身長や体重も考慮する必要がないことも明らかとなった。

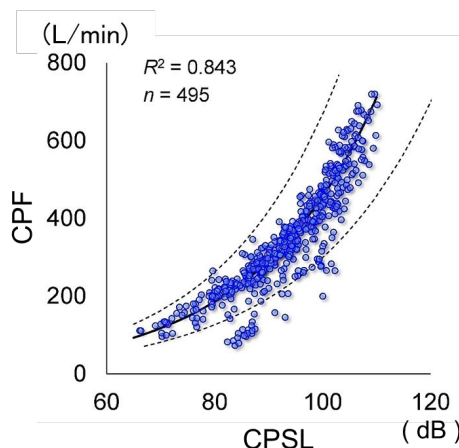


図 3 CPF と CPSL の関連

提案モデルを基にモバイルデバイス用のアプリケーションを作成した。作成したアプリケーションをインストールしたモバイルデバイスを用いて高齢者を対象に咳嗽能力のスクリーニング検査を実施した結果、高齢者では咳嗽力の予測精度が低下することが明らかとなった。そこで、提案モデルに年齢の因子 (age) を加えることで予測精度を向上させることができた (Eq. 2)。

$$CPS = (\alpha_1 + \alpha_2 * age) * \{ \exp (\beta * CPSL) - 1 \} \quad Eq. 2$$

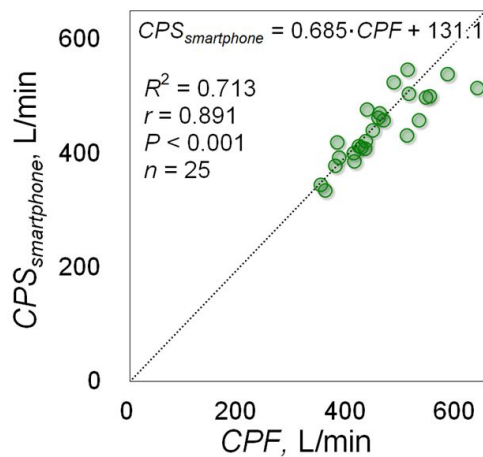


図4 携帯端末を用いて算出した
CPSの予測精度

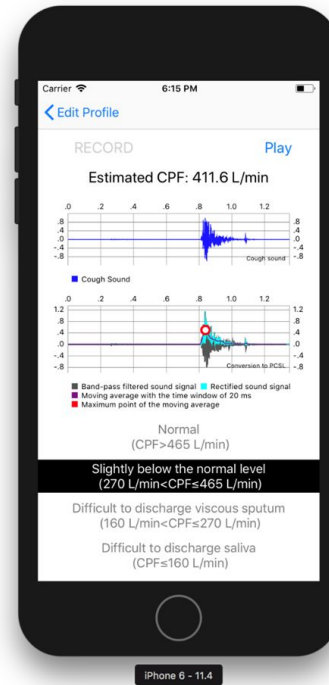


図5 咳嗽力測定アプリケーションの
測定画面

モバイルデバイス内蔵マイクロフォンを用いて咳嗽音を測定した場合、回帰分析を用いて予測精度を検証すると in-ear microphone や mini-speech microphone に比べ測定精度は劣るものの、決定係数は、0.713 と高値を示した（図 4）。

モバイルデバイスを咳嗽力評価に用いることで、マイクロフォンを装着する手間を省くことができ、より簡便な咳嗽力評価が可能である。また、咳嗽音波形がその場で確認でき咳嗽指導にも活用できある可能性がある（図 5）。

しかしながら、呼吸器疾患患者や痰が貯留した患者など臨床で評価対象となると予測される症例における検証ができていない。今後の研究において、これらの課題が明らかとなれば、高齢者施設や在宅診療において提案法が誤嚥性肺炎のリスク管理の一手法としての活用が期待される。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- 1) Umayahara Y, Soh Z, Sekikawa K, Kawae T, Otsuka A, Tsuji T
Estimation of Cough Peak Flow Using Cough Sounds. *Sensors*, 18(7), 2381 (1-13), 2018. 査読あり DOI: 10.3390/s18072381
- 2) Umayahara Y, Soh Z, Kawae T, Sekikawa K, Otsuka A and Tsuji T
A Mobile Cough Strength Evaluation Device Using Cough Sounds. *Sensors*, 18(11), 3810 (1-13), 2018. 査読あり DOI: 10.3390/s18113810
- 3) 馬屋原康高、関川清一、河江敏広、曾智、大塚彰、辻敏夫
咳嗽力評価の臨床的意義と今後の研究 理学療法の臨床と研究, (28) 9-14, 2019. 査読あり

〔国際学会論文〕(計 1 件)

- 1) Umayahara Y, Soh Z, Ozaki T, Murakami T, Otsuka A, Tsuji T
Ability to Cough Can Be Evaluated through Cough Sounds: An Experimental Investigation of Effects of Microphone Type on Accuracy. 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), 936-941, 2018. 査読あり DOI: 10.1109/SII.2017.8279343

〔学会発表〕(計 1 件)

- 1) Umayahara Y, Soh Z, Ozaki T, Murakami T, Otsuka A, Tsuji T
Ability to Cough Can Be Evaluated through Cough Sounds: An Experimental

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称：咳嗽能力評価装置、咳嗽能力評価システム、咳嗽能力評価方法及びプログラム

発明者：馬屋原康高，曾智，大塚彰，辻敏夫

権利者：広島大学，広島都市学園大学

種類：特許

番号：特願 2018-103992

出願年：2018

国内外の別：国内

○取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

馬屋原 康高 (Yasutaka Umayahara)

広島都市学園大学・健康科学部 講師

研究者番号：60746395

(2) 研究分担者

(3) 研究協力者

辻 敏夫 (Toshio Tsuji)

広島大学大学院・工学研究科

研究者番号：90179995

曾 智 (Zu Soh)

広島大学大学院・工学研究科

研究者番号：80724351

大塚 彰 (Akira Otsuka)

広島都市学園大学・健康科学部

研究者番号：

関川 清一 (Kiyokazu Sekikawa)

広島大学大学院・医歯薬保健学研究院

研究者番号：30363055

河江 敏広 (Toshihiro Kawae)

東都大学・幕張ヒューマンケア学部

研究者番号：00598948

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。