

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462604

研究課題名(和文) 高速度撮影および電気声門図を用いた咳払い時の喉頭閉鎖障害の分析法の確立

研究課題名(英文) Establishment of methods for evaluating impaired laryngeal closure during throat clearing using high-speed digital imaging and electroglottography

研究代表者

小川 真(Ogawa, Makoto)

大阪大学・医学系研究科・准教授

研究者番号：80403179

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：咳払い・持続母音発声時の喉頭高速度画像中の声帯内転時の声帯間角度・角速度の経時的変化の動画解析により、咳払い時には声帯間角速度は加速した後に衝突により突然0になる一方、発声時には一旦加速後に減速することが示され、咳払い時の大きな声帯内転速度が圧縮相の強い喉頭閉鎖を生ずることが示唆された。また同じ系で、ハミングが声帯内転速度が減少させるという声の衛生上の長所が実証された。さらに健康人・片側声帯麻痺症例において、咳払い時の電気声門図信号の最大振動数が、咳効率の空気力学的指標の最大呼気流量と高い相関性を示し、リハビリテーション中の咳効率のリアルタイムモニタリング装置の開発に繋がると考えられた。

研究成果の概要(英文)：The laryngeal high-speed movies during throat clearing (TC) and sustained vowel phonation were analyzed for the angle between the bilateral vocal folds and the angular velocity of the vocal fold adduction. The results showed that the angular velocity accelerated continuously during TC followed by a sudden decrease to zero, whereas the angular velocity once accelerated, and decelerated to zero during vowel phonation. Furthermore, we found that the maximum frequency of the fluctuation of electroglottic (EGG) signals observed during the expiratory phase of TC was demonstrated to be moderately correlated with the value of peak expiratory air flow in the whole group consisting of normal subjects and patients with unilateral vocal fold paralysis (UVFP), and that the correlation became stronger in the male-healthy and -UVFP subgroups. These results may allow the development of a new device for real-time monitoring of the cough efficiency during vocal and swallowing rehabilitation.

研究分野：発声・咳払い・嚥下時の喉頭閉鎖調節について

キーワード：咳払い 発声 呼吸機能 誤嚥 高速度画像 電気声門図 ハミング 声帯傷害

1. 研究開始当初の背景

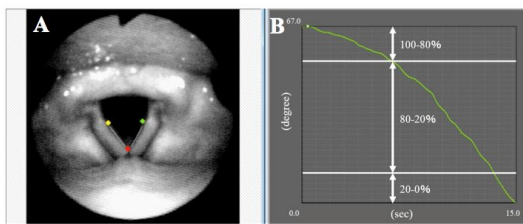
咳払い、発声、嚥下とともに喉頭が関与する上気道の協調運動の中の1つである。咳払いの目的は下気道の異物除去であるため、咳払い機能が障害されると、下気道分泌物および誤嚥物の除去を妨げて肺炎の発症を招くことにより、高齢者の生命予後に重大な影響を及ぼすことが既に報告されている。咳払いの有効性は、圧縮相における喉頭閉鎖と呼気努力の強さに依存している。これまで、呼吸器内科領域においては、咳払い効率は、最大呼気流量などの空気力学的パラメータを用いて定量的に評価されてきた。しかしながら、耳鼻咽喉科領域においては、咳払いに喉頭運動が深く関与しているにもかかわらず、咳払いの障害は音声障害および嚥下障害と比較してほとんど注目されておらず、咳払い時の喉頭運動の異常の重症度を客観的および定量的に評価する方法はこれまで確立されてこなかった。

2. 研究の目的

高速度撮影装置および電気声門図を用いて、咳払い時の喉頭運動および咳払い効率の定量的評価法を確立し、健康人と片側声帯麻痺の間で比較を行うことにより、その有効性を証明すること。

3. 研究の方法

(1) 健康人 20 例に経鼻腔ファイバースコープを挿入した後に、強弱の咳払い、および持続母音発声を行わせて喉頭の高速度画像を記録し、動画解析ソフトウェアプログラムを用いて、喉頭高速度動画における咳払い吸気相あるいは起声時の声帯内転運動中の両声帯間角度および角速度の経時変化を解析



した。

(2) 健康人 20 例に経鼻腔ファイバースコープを挿入した後に、通常の持続母音発声、持続母音の大声発声、および音声訓練手技であるハミング発声を行わせて喉頭の高速度画像を記録し、動画解析ソフトウェアプログラムを用いて、喉頭高速度動画における咳払い吸気相あるいは起声時の声帯内転運動中の両声帯間角度および角速度の経時変化を解析した。また発声時の声帯位置を反映する最小声帯間角度、発声前一過性喉頭閉鎖の持続時間および喉頭閉鎖パターンを計測した。

(3) 喉詰め発声を伴う機能性音声障害症例 20 例に経鼻腔ファイバースコープを挿入した後に、通常の持続母音発声、持続母音の大声

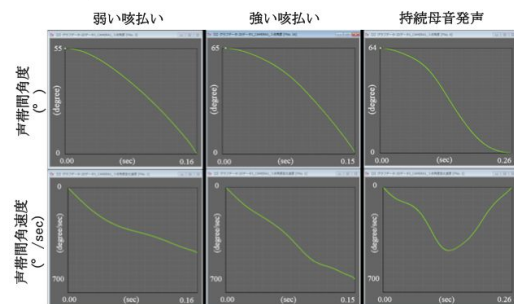
発声および音声訓練手技であるハミング発声を行わせて喉頭の高速度画像を記録し、動画解析ソフトウェアプログラムを用いて、喉頭高速度動画における起声時の声帯内転運動中の両声帯間角度および角速度の経時変化を解析した。また発声時の声帯位置を反映する最小声帯間角度、発声前一過性喉頭閉鎖の持続時間および喉頭閉鎖パターンを計測した。

(4) 健康人 20 例・声帯麻痺症例 30 例において、咳払い時の喉頭高速度画像および電気声門図信号を記録し、その後スパイロメーターを用いて咳効率を反映する空気力学的パラメータを計測し、電気声門図信号の最大振動数と空気力学的パラメータとの相関性を分析した。また性別、正常・麻痺群によって分類した亜群において相関性が変化するか否かを検討した。

(5) 健康人 6 例(歌唱訓練経験者 3 例および非経験者 3 例)において、声帯内部の甲状披裂筋内に針電極を刺入し、咳払い、通常発声およびハミング発声を行ってもらい、筋電図信号を記録し、その信号の特徴を比較した。

4. 研究成果

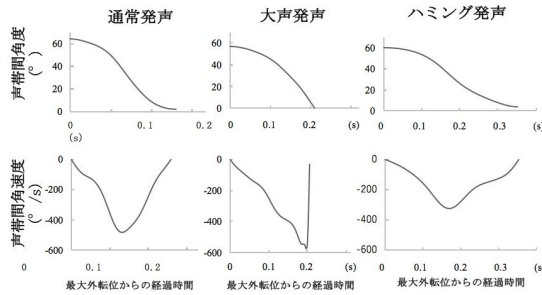
(1) 強弱の咳払い時には声帯間角度の変化は多次元関数様曲線を描いたが、持続母音発声時のものは S 字曲線を描き、異なるパターンを示した。また声帯内転角速度については、強弱の咳払い時には加速した後に衝突により突然 0 になったが、持続母音発声時には加速後に減速することが示された。咳払いの衝突直前の大きな声帯内転角速度は咳払い圧縮相における強固な喉頭閉鎖に寄与していることが推定され、また同時に咳払いが発声と比較して声帯粘膜を傷害することが示唆された。



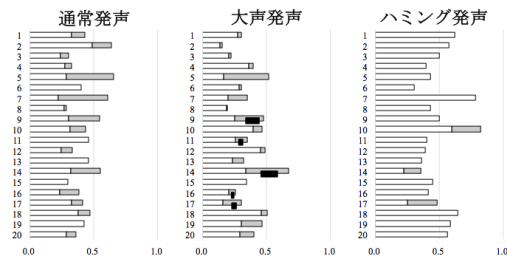
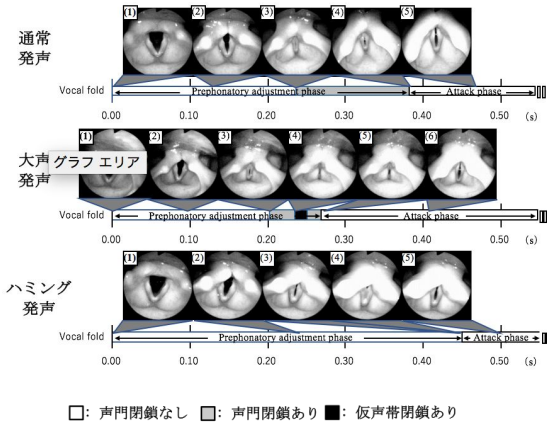
(2) 健康人において、大声の持続母音発声時には、声帯間角度の変化は多次元関数様の曲線を描いたが、通常の持続母音発声時およびハミング発声時には S 字曲線となり、ハミング発声の S 字の変化は、通常の持続母音発声と比較して緩やかであった。

声帯内転角速度については、大声発声時には加速した後に衝突により突然 0 になったが、ハミング発声時には、通常発声時と比較して、声帯内転速度が加速後減速するものの

約半分の速度となっていることが示された。



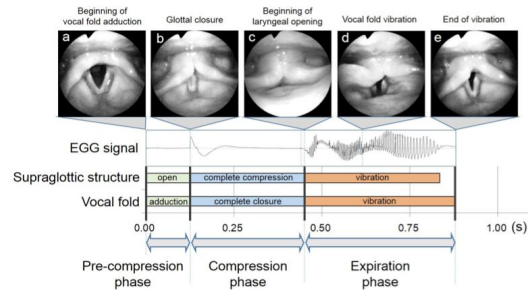
また通常発声時および大声発声時には発声直前の一過性声門閉鎖が認められ、大声発声時には仮声帯閉鎖を伴う症例も認められた。一方、ハミング時にはほとんどの症例で一過性声門閉鎖が消失した。



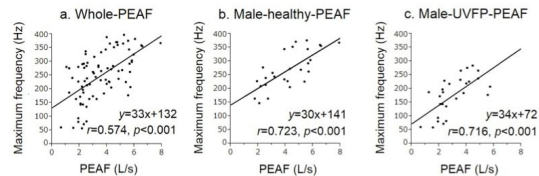
さらに発声時の声帯位置に近似する最小声帯間角度の平均値は、大声発声が 0°、通常発声が 1°、ハミング発声が 7°であった。以上より、ハミングによって、起声時に声帯間の衝突が生じることなく、声帯がゆっくりかつ円滑に正中やや外側の位置へ移動することが示され、ハミングが声の衛生上の利点を有することが示された。

(3) 喉詰め発声を伴う機能性音声障害症例において、通常母音発声時、大声発声時、ハミング発声時の起声時の声帯内転運動中の両声帯間角度および角速度の変化は、健康人のものと有意差を認めず、通常発声時の hard glottal attack が認められなかった。一方で、ハミング発声においては最小声帯間角度が大きくなり、発声前一過性喉頭閉鎖は消失した。以上より、機能性音声障害症例においては、発声前一過性喉頭閉鎖消失と発声時の声帯位置を調節することが音声訓練のこうか発現の機序であることが示唆された。

(4) 健康人・声帯麻痺症例において、喉頭の高速度画像の呼気相における声帯および声門上部構造の激しい振動が観察される期間と一致して、電気声門図信号に激しい揺れが生じることが確認された。

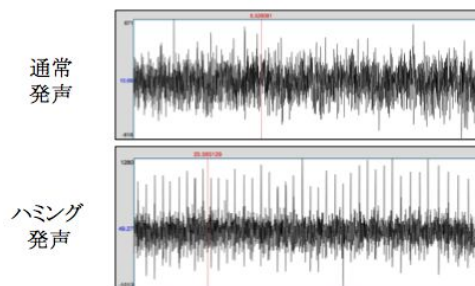


また、その電気声門図信号の振動の最大振動数が、空気力学的な咳効率の指標中特に最大呼気流量と高い相関性を示した。さらに、男性のみ、男性の正常症例のみ、男性の反回神経症例のみの亜群の中での両パラメータの相関係数はさらに高値になり、電気声門図信号と空気力学的検査を同時に施行した場合にはさらに高い相関係数が得られた。



今後性別および麻痺の程度、年齢、身長などの因子による補正式を作ることにより、この電気声門図のパラメータの信頼性が高くなれば、音声訓練あるいは嚥下リハビリテーション中に咳払い効率のリアルタイムモニタリングを可能とする新たな装置の開発に繋がることが期待できる。

(5) 歌唱訓練経験者および非経験者ともに咳払い時において強く長い持続時間を持った筋電図活動が誘発され、持続母音発声においては発声の間様々な大きさのスパイク状の活動が誘発された。一方、ハミング発声においては、歌唱経験者では強さおよび間隔がほぼ一定の強いスパイクが誘発されたが、非経験者では通常の持続母音発声とほぼ同様の所見であった。以上より、歌唱訓練経験者におけるハミング時の甲状披裂筋の収縮の調節は、歌唱訓練による学習効果によるところが大きいと考えられた。





## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Iwahashi T, Ogawa M, Hosokawa K, Kato C,

Inohara H. A detailed motion analysis of the angular velocity between the vocal folds during throat clearing using high-speed digital imaging. J Voice, 査読有, 30巻, 2016,; p770.e1-770.e8.

Iwahashi T, Ogawa M, Hosokawa K, Kato C,

Inohara H. The effect of humming on the prephonatory vocal fold motions under high-speed digital imaging in non-dysphonic speakers. J Voice, 査読有, 31巻, 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.09.008>

〔学会発表〕(計 7 件)

Ogawa M, Iwahashi T, Hosokawa K, Inohara H. Rigorous phase estimation of abnormal laryngeal movement during throat clearing using high-speed imaging and electroglottography, 11<sup>th</sup> Pan European Voice Conference. 2015.8.31-9.2, Firenze, Italy.

Kato C, Ogawa M, Iwahashi T, Hosokawa K, Inohara H: Differential electrographic activities of the thyroarytenoid muscle during humming/um-hum associated with experience of vocal training. 11<sup>th</sup> Pan European Voice Conference. 2015.8.31-9.2, Firenze, Italy.

岩橋 利彦, 小川 真, 細川 清人, 加藤 智絵里, 猪原 秀典. 咳払い時の electroglottography 信号の最大振動数と空気力学的所見との相関性の検討. 第 60 回日本音声言語医学会総会、2015.10.15-16、名古屋.

Iwahashi T, Ogawa M, Hosokawa K, Inohara H. Frequency of electroglottographic fluctuations in the expiration phase of throat clearing as a useful functional test. 13<sup>th</sup> Japan-Taiwan Conference on Otrhinolaryngology-Head and Neck Surgery. 2015.12.3-12.4, Tokyo, Japan.

Ogawa M, Iwahashi T, Hosokawa K, Kato C, Inohara H. A comparison of the velocity of adductive vocal fold motion at the onset of

different phonation under high-speed digital imaging. 30<sup>th</sup> World congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics, 2016, 8. 21-25, Dublin, Ireland.

Iwahashi T, Ogawa M, Hosokawa K, Kato C, Inohara H. The maximal frequency of electroglottographic fluctuation in the expiration phase during throat clearing as a useful functional test. 30<sup>th</sup> World congress of the Association of Logopedics and Phoniatrics, 2016, 8. 21-25, Dublin, Ireland.

岩橋利彦, 小川 真, 細川 清人, 加藤 智絵里, 猪原 秀典. 嚔声のない正常人における大声発声およびハミング発声が起声に及ぼす影響の検討. 第 61 回日本音声言語医学会総会、2016.11.3-4、横浜.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
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 小川 真 (OGAWA, Makoto)  
大阪大学・大学院医学系研究科・准教授  
研究者番号：80403179

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

岩橋 利彦 (IWAHASHI Toshihiko)

加藤 智絵里 (KATO Chieri)