

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11382

研究課題名(和文) 高速度撮影装置を用いた声帯結節発症に関与する不適切な大声発声の評価法の確立

研究課題名(英文) Establishment of a method evaluating inappropriateness of loud voice phonation in the development of vocal nodules

研究代表者

小川 真(Ogawa, Makoto)

大阪大学・医学系研究科・招へい教授

研究者番号：80403179

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では大声発声の適切性の評価法の確立を目指し、頸部表面の加速度計を使用することで口の大きさへの依存しない音響出力評価に成功し、声帯内転の程度は電気声門図信号由来の声帯接触率で、呼気努力は胃食道マノメトリーで評価することに成功した。また母音発声しながら声を大きくしていくクレシェンド発声課題遂行中に過剰な声帯内転による急な音圧レベルの上昇、あるいは胃内圧の増大の不足などの、音圧増強の喉頭抵抗および呼気努力への依存性に関する個人差の存在が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

声帯ボリープ・声帯結節・喉詰り発声などの音声障害の最大リスク因子は習慣的な大声発声であるが、大声発声を呼気努力依存ではなく、喉頭抵抗依存性に行う者が音声障害を発症しやすいと仮定される。本研究では、健常人に母音を発声しながら声を大きくしていくクレシェンド課題を行わせ、その間の音響出力・声帯内転・呼気努力の程度を同時かつ連続的に記録する方法を確立し、健常人の約半数が大声発声時に過剰な声帯内転により音圧レベルの急激な増大を生じることが明らかとなった。将来このような症例に正しい大声発声法を指導することで将来の音声障害発症の予防、声の衛生に関する知識の啓蒙、および医療費の減少に繋がる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：The aims of the present study were to establish methodology for estimating the appropriateness of loud voice phonation. By using a neck-surface accelerometer we succeeded in simultaneously and continuously evaluating the amount of acoustic output during a gradual increase while phoning a vowel (vowel crescendo task). In addition, the degrees of vocal fold contact and expiratory effort were estimated using electroglottography and esophagogastric manometry. The results revealed the existence of individual differences in the dependence of the increase of vocal intensity on the laryngeal resistance and expiratory effort, such as an abrupt increase in sound pressure level due to excessive vocal fold contact or an insufficient increase in the intra-gastric pressure.

研究分野：喉頭科学、音声言語医学

キーワード：大声発声 音圧レベル 喉頭抵抗 呼気努力 加速度計 電気声門図 マノメトリー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

全人口における音声障害の罹患率は、本邦では明らかではないが、USA の報告では 6.6%、過去に音声障害を理由に 1 日以上仕事を休んだことがある者の頻度は 7.2% と報告されている。研究代表者らは、過去に、本邦の公立学校教師を対象にアンケート調査を行い、嚙声症状を有する者の頻度が 27% にも及ぶことを報告し、また学校教師の音声障害の中で最多を占めるものが声帯結節であることを報告した。

しかしながら、全ての学校教師が声帯結節などの音声障害を発症しているわけではない。その理由として、大声の発声法が不適切である場合にのみ音声障害を発症することが仮定される。大声の発声は声門下圧に依存するが、声門下圧は呼気努力あるいは声門抵抗に依存する。しかしながら、現在の耳鼻咽喉科臨床において、大声発声がこれらの 2 因子のいずれに依存するのかを判定する方法がなかった。

さらに研究代表者らはこれまで、音声訓練手技であるハミングを行った場合の喉頭高速度画像を解析し、ハミングにより声帯振動の不規則性が低下すること、声門上部圧迫が緩和されること、起声時の声帯内転速度が低下すること、発声前一過性声門閉鎖が消失すること、声帯が正中やや外側で停止することを報告してきた。これらの結果は、ハミング時に喉頭抵抗が低下することを示唆している。従って、ハミングを行いながら大声を発するハミング・クレシェンドの発声課題を課すことで、喉頭抵抗の増大に依存せず、呼気努力に依存する大声発声能力を評価することが可能となり、大声発声が適切が判別可能となることが期待される。

2. 研究の目的

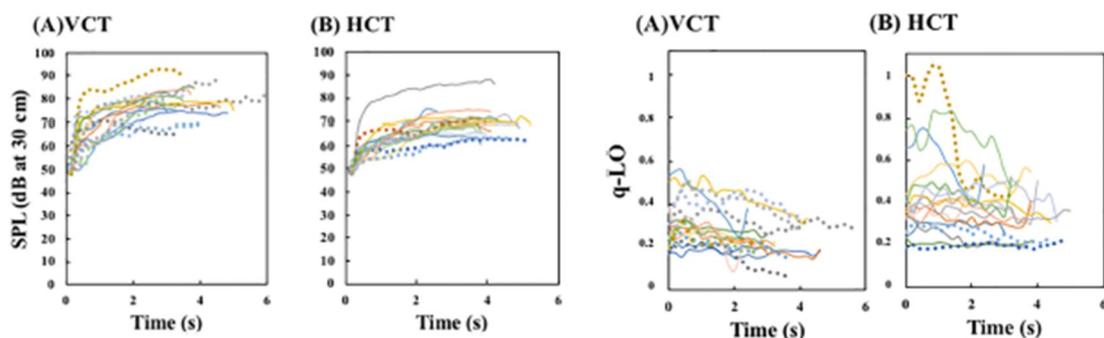
- (1) 大声発声時の喉頭抵抗および呼気努力の変化をを同時かつ連続的に記録できる系を確立する。
- (2) ハミング・クレシェンド課題の施行により、喉頭抵抗への依存が少なく、呼気努力に依存する適切な大声発声を誘導できるか否かを検討する
- (3) ハミング・クレシェンド課題の成功例・失敗例間の呼吸・喉頭調節の相違について分析する。

3. 研究の方法

- (1) 嚙声のない健常人を対象に、ハミング・クレシェンド課題 (HCT) と母音・クレシェンド課題 (VCT) の 2 つの課題を行っている間の音圧レベル、電気声門図信号、喉頭高速度画像を記録し、声帯接触時間率・声門上部圧迫の程度・発声前一過性声門閉鎖時間の相違について検討する。
- (2) 口の大きさに依存せずに音響出力の量を定量化するために、加速度計を用いた評価法を確立する。
- (3) 同じアジア人である中国国民の食道長を参考にして下咽頭、頸部食道、胸部食道、胃に圧センサーを設置できる 4 チャンネルプローベを特注し、発声時の声門上・下圧、胸腔内圧、腹腔内圧を同時かつ連続的に測定できる系を確立する。
- (4) 嚙声のない健常人を対象に、HCT と VCT を施行時の音圧レベル (SPL)、皮膚加速度レベル (SAL)、声帯接触時間率、声門上/下圧・胸腔内圧・腹腔内圧を記録し、タスク間、成功・失敗間で比較を行う。
- (5) 声帯結節患者を対象に、(4) と同様の検討を行う。

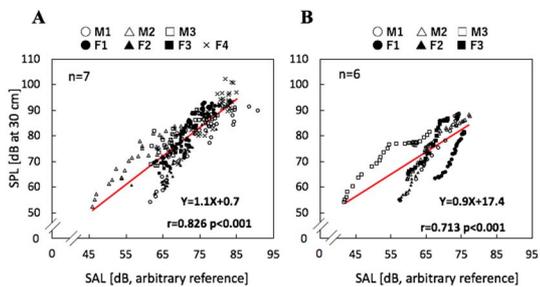
4. 研究成果

(1) VCT と比較して、HCT 施行時の最大 SPL は約 10dB (30cm) 低かった (下図左 (A)/(B))。両課題ともに音圧レベルの増強に伴って声門上部圧迫と逆相関する可視声帯面積 (q-L0) が減少したが、HCT では現象が小さかった (下図右 (A)/(B))。

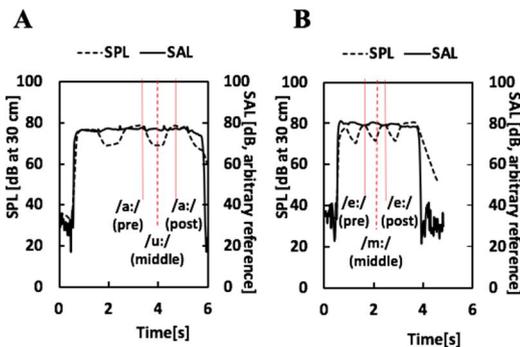


HCT では、発声時声門閉鎖時間が短縮した。47% の対象者で VCT 施行時に急激な音圧レベルの増強が生じ、これらの症例では声門閉鎖時間率が高かった。以上より、ハミングは大声発声時の喉頭抵抗の増大を緩和していることが示唆され、また音圧レベルの課題間相違は口の大きさの違いによるものと考えられた。

(2) 頸部表面に付着させた加速度計の信号から皮膚加速度レベル(SAL)を算出し、SALとSPLとの間の相関性を高める発声課題として、反復母音発声とクレシェンド課題を比較し、個人差について検討したところ、母音の反復発声(下図A)よりも、VCを行う方(右図B)がSALとSPLの高い相関性が得られた。しかしながら、VC時の分布には個人差が明確に反映されていた(右図B)。一方、同一個人にクレシェンド課題を5回施行させた場合、分布は回帰直線付近に集中していた。

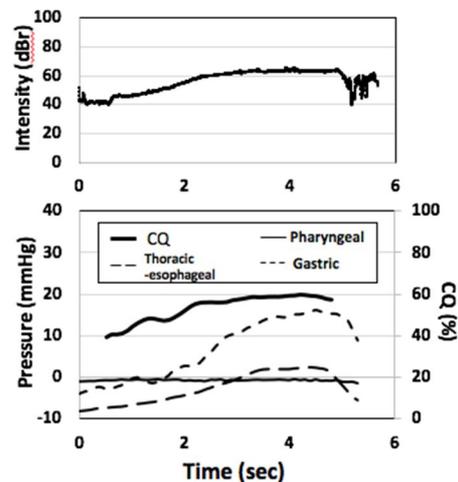


また母音/a/と/u/の間、また母音/e/とハミング/m/間での反復円滑移行において、SPLは10dB(30cm)の差を示したが、SALは有意差を示さなかった(右図)。



以上の結果より、加速度計の使用により、口の大きさに依存しない音響出力の量の評価が可能であるが、SALとの相関性に無視できないレベルの個人差があり、個人内比較には使用できるが個人間比較には使用できないという限界があることが明らかとなった。

(3) 4チャンネルプローベを鼻腔より挿入し、電気声門図電極・加速度計を頸部皮膚に接着固定した状態で、VCTを行わせ、音圧レベル、下咽頭圧、頸部食道内圧、胸部食道内圧、胃内圧を同時記録した。以下にVST施行時のSAL・声帯接触時間率・各圧の経時的变化を示す(右図)。



その結果、下咽頭圧はほぼ一定であったが、SALの増大に伴って胸部食道内圧は陰圧から陽圧へ、胃内圧は0近くから陽圧へ進行性に増大した。最大胃内圧は20mmHgに及ぶこともあり、過去に報告されている発声時の声門下圧よりも高い値を示した。

しかしながら、圧の経時的变化のグラフには様々な特徴的な揺れが認められた。特に頸部食道内圧の経時的变化には、全サンプルにおいて大きな揺れが認められ、これらはセンサーの食道内壁への接触のためと考えられた。また発声時の圧の計測値についても30mmHg以上の値が示され、従来報告されている生理的な数値の範囲を逸脱していた。これも同様にセンサーの食道内壁への接触のためと考えられた。以上のことから、マンOMETRYによる頸部食道内圧測定による声門下圧評価は困難と考えられ、検討項目から除外した。胃内圧もまた時に揺れを示し、蠕動によるものと考えられた。これに対しては、胃内圧の変化に揺れが認められた場合は再度記録を行い、揺れを認めないサンプルのみデータとして採用した。また全ての圧のデータは40Hzで記録されているが、全ての圧の変化に細かい揺れが認められたため、0.2秒間の移動平均線を用いた経時的变化のグラフを提示した。以上のことから、マンOMETRYを用いた胃内圧の測定は、呼吸努力の程度の評価に有用と考えられた。

(4) 嘔声のない健常人17例を対象に、VCTとHCTを施行時の頸部加速度計信号、電気声門図信号を記録し、マンOMETRYで胸腔内圧・腹腔内圧を記録した。その後、皮膚加速度レベル、および声帯接触時間率の経時的变化を記録した。

両タスク間で最大SALは有意差を示さなかったが、最大胃内圧はVCTと比較してHCTにおいて有意に高値を示した。以上のことから、ハミングは、呼吸努力に依存する音声の強さの増強を促進させる効果を有することが示唆された。

タスク施行の成否に関して、VCTにおいて17例中10例で、またHCTにおいて17例中7例でSALの増大分が10dBr未満となし、失敗と判断された。これらの中で5例においては胃内圧の増加分が10mmHg以下となり、SALの増大分の不十分性が呼吸努力の不足によるものであることが判明した。以上のことから、本研究で確立されたSAL・CQ・胃内圧の評価系が、大声発声の適切性の評価に有用であることを示唆する。現在、タスク間におけるSAL増大の胃内圧・CQへの依存の程度の差について解析中である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 de Hoop T, Ogawa M, Iwahashi T, Umatani M, Hosokawa K, Kato C, Inohara H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Humming facilitates a gradual increase in vocal intensity by alleviating the enhancement of vocal fold contact and supraglottic compression.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Voice	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.05.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小川 真, 岩橋利彦, 馬谷昌範, 細川清人, 加藤智絵里, 猪原秀典.
2. 発表標題 ハミングによる喉頭抵抗低依存の衛生的な大声発声の誘導
3. 学会等名 第63回日本音声言語医学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 馬谷昌範, 小川 真, 加藤智絵里, 岩橋利彦, 細川清人, 猪原秀典.
2. 発表標題 コンタクトマイクを用いた喉頭レベルにおける音声エネルギー量の定量化の試み
3. 学会等名 第63回日本音声言語医学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小川 真
2. 発表標題 健常人におけるハミングクレシェンドタスク中の喉頭動態の変化の解析.
3. 学会等名 第30回日本喉頭科学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ogawa M, Tom de Hoop, Umatani M, Iwahashi T, Hosokawa K, Inohara H.
2. 発表標題 Characterization of the laryngeal condition during the humming-crescendo task as hypothetical hygienic loud voice phonation.
3. 学会等名 48th Annual Symposium: Care of the Professional Voice.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ogawa M, Tom de Hoop, Umatani M, Iwahashi T, Hosokawa K, Inohara H.
2. 発表標題 Humming facilitates a gradual increase in vocal intensity by alleviating the enhancement of vocal fold contact and supraglottic compression.
3. 学会等名 13th Pan European Voice Conference.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ogawa M, Umatani M, Hosokawa K, Inohara H.
2. 発表標題 Continuous and simultaneous evaluation of glottal contact and expiratory effort during phonation using electroglottography and manometry.
3. 学会等名 15th Japan-Taiwan Conference on Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬谷昌範, 小川 真, 加藤智絵里, 岩橋利彦, 細川清人, 猪原秀典.
2. 発表標題 大声発声における腹腔・胸腔内圧および声帯接触時間率の連続的評価法の開発.
3. 学会等名 第64回日本音声言語医学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 真.
2. 発表標題 大声発声における腹腔・胸腔内圧および声帯接触時間率の連続的評価法の開発.
3. 学会等名 第71回日本気管食道科学会総会（招待講演）
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----