

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592540

研究課題名(和文)超高速声帯撮影検査・発声機能検査による重症音声障害者の音声治療計画

研究課題名(英文)High speed imaging of the vocal folds and phonatory function tests to determine voice therapy regimens for patients with severe voice disorders.

研究代表者

牧山 清(MAKIYAMA, KIYOSHI)

日本大学・医学部・教授

研究者番号：00139172

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：平成23年7月より平成25年11月までの間に音声喉頭外来を受診した新患者数は695人であった。喉頭ファイバー検査、喉頭ストロボ検査、発声機能検査を施行した。超高速声帯撮影検査施行症例数は204例、のべ検査数は443例であった。音声障害疾患患者をこれらの検査結果を基にしていくつかのタイプに分類した。さらに、発声時の声門形態や振動様式、空気力学的発声機能、嚙声の特徴などから、音声治療や手術治療の選択や併用方法について検討を加えた。治療法選択の基準を考案した。腫瘍他の疾患はこの範疇から除外した。患者の通院状況や嚙声改善への意欲が治療法選択に影響を及ぼした。

研究成果の概要(英文)：This study examined tests, treatment selection, and outcomes for 695 new patients examined at our voice clinic between July 2011 and November 2013. All patients underwent fiberoptic laryngoscopy, laryngeal stroboscopy, phonatory function tests, and acoustic analysis. High speed imaging of the vocal folds was conducted 443 times in 204 patients. Patients were classified into some types based on the test results. Additional parameters, including glottis morphology, vibration patterns, aerodynamic phonatory function, and hoarseness characteristics during phonation, were used to investigate the suitability of individual or joint application of voice therapy and surgical treatment. The present findings indicate that treatment should be selected based on these inspections, except for cases involving tumors and similar disorders. Treatment selection was also affected by patients' appointment attendance status and their motivation toward improving hoarseness.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・耳鼻咽喉科学

キーワード：発声機能検査 高速デジタル撮影 位相差 音声障害

1. 研究開始当初の背景

音声はコミュニケーション手段の中で最も重要である。様々な原因により音声障害が出現する。無声を含めて重症の音声障害患者も多い。薬物療法、手術療法に加えて音声治療は重要な治療手法である。

現在の音声治療は声質向を主な目的としているが、重症音声障害患者の最も切実な症状は「声が出ない」あるいは「声が出しにくい」である。このような機能障害は声質検査のみでは評価できない。我々研究グループでは以前より発声機能の客観的評価法について研究・臨床応用してきた。その一つが(1)気流阻止法による空気力学的発声機能評価であり、もう一つが(2)高速デジタル撮影装置による声帯振動評価である。

気流阻止法による発声機能検査法では発声時の声の高さ、声の大きさ、呼気流率に加え、呼気圧を測定することができる。我々はこの検査法により空気力学的発声動態について研究し、本装置が各種音声障害例の評価に有用であることを報告してきた。たとえば、男女別・年齢別に健常者データを収集し、国内外で初めて健常者値を示した。また、評価困難であった喉頭摘出者の発声機能についても報告した。さらに、本機器の特色を利用して、発声時の喉頭調節および呼気調節についても報告した。これらの研究により、発声動態の評価法や評価基準を明らかにしたのみでなく、音声治療計画立案に重要な非侵襲的手法による発声時の呼気調節・喉頭調節機構評価方法を開発した。

過去の科研費で整備した高速デジタル撮影装置により、声帯振動の詳細な観察法が可能になった。デジタル解析による評価法も確立した。

音声治療を行っている多くの施設では、声の聴覚的評価を中心に、発声の様子や発声時の呼気量などを参考にして施行している場合が多い。我々が保有する気流阻止法空気力学的発声機能検査装置や高速デジタル撮影装置を用いることで、発声障害のより客観的な評価が可能である。音声治療の適応は疾患ではなく、発声動態により決定されるべきである。このような背景により本研究を開始した。

2. 研究の目的

発声機能を改善するには発声時の喉頭・

呼気調節が極めて重要である。喉頭・呼気調節を変化させながら声帯振動解析を行うことでより良い声帯振動を得るための喉頭・呼気調節法を判定することが可能である。当研究では喉頭・呼気調節を気流阻止法による空気力学的発声機能検査で評価し、声帯振動を超高速声帯撮影法で評価する。これら独自の検査による個々の患者に対応した発声機能の改善計画を立案することを研究目的とする。経過観察や再検査により計画の妥当性を再評価する。

3. 研究の方法

(1) 音声障害患者に対して、気流阻止法による空気力学的発声機能検査と高速デジタル撮影検査を行った。得られた各データを健常例と比較しながら総合的に検討した。発声時にどのように喉頭調節や呼気調節を行っているかを明らかにした。音声障害患者の多くは発声時に必要以上に声帯を緊張させ、抵抗が上昇した声帯を振動させるために余分な呼気努力を強いられる。この発声動態をこの2種類の検査で評価した。評価結果を元にして、各症例に適切な喉頭調節・呼気調節法を会得させるように治療計画を立てた。言語聴覚士の協力を得て各人に適応した治療を行い、その結果、どのように発声動態が変化したかを検証した。

(2) 研究で用いた二つの検査手法について述べる。本機器はいずれも過去の科研費基盤研究により整備したものである。

気流阻止法で測定される口腔内圧は発声時の肺胞内圧と一致するために呼気圧(EP)と呼ばれる。EPは声門下圧より高く、MFRが数100ml/秒以内であれば声門下圧と一定の関係にある。EPはある条件内では声門下圧の代用パラメータとしての意味を持つ。EPは発声時の呼気努力を反映するパラメータでもある。声門抵抗が低い、または高い場合は発声時に強い呼気努力が必要になり、発声困難の原因となる。呼気圧測定はこの動態を客観的に評価することができる。

声帯振動観察用高速デジタル撮影装置を図1に示す。Photron社のFASTCAM-PCIを用いたシステムであり、撮影速度は2000フレーム/秒、384Mピクセル/秒、撮影時間は9秒間である。以下の動画解析手法を検討した。Montage: 時系列画像、声門波形解析(図1)、FFT Analysis: 声門振幅解析(図2)、Kymography: 開口部の画像を時間系列表示(図3)である。

(図 1)

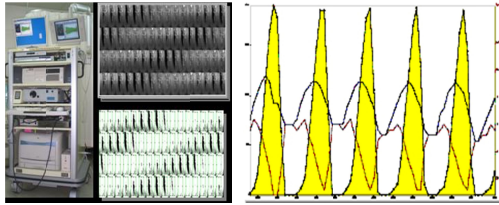
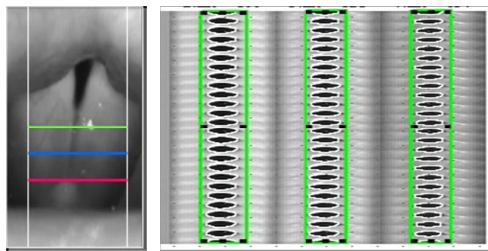


図 1 の時系列画像からは次の声門波形解析 (Glottal Area Waveform: GAW) を行う。最小面積、最大面積。声帯膜様部中点での声帯間最小および最大距離。開閉速度率 (Speed Quotient: SQ、開大期時間 / 閉小期時間) を測定する。

(図 2)



(図 3)

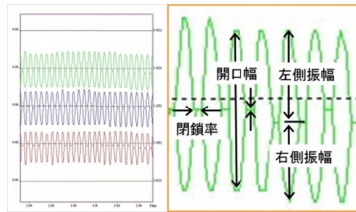


図 2、3 はキモグラフィーである。声門を横断する線での開口部画像を時系列に描出する。その画像から最大・最小開口幅、左右の振幅、声門閉鎖率を計算する。

音声障害例では声帯のある部位の振動が他と異なるような場合も多い。位相差解析法を考案した。左右声帯の対応する点での位相差、あるいは同側声帯の異なる点での位相差を測定した。

4. 研究成果

平成 23 年 4 月から平成 25 年 12 月までの期間に検査を施行した 695 症例の中で症例数の多かった、声帯結節、声帯ポリープ、声帯萎縮の各 1 症例を提示する。尚、各種検査は全例に施行したが本誌面では一部の検査結果のみ提示する。

症例(1) 39 歳女性、歌手、声帯結節

嗁声で来院した。仕事上で音声酷使があった。VHI-10 は 24、声の満足度 2 であった。

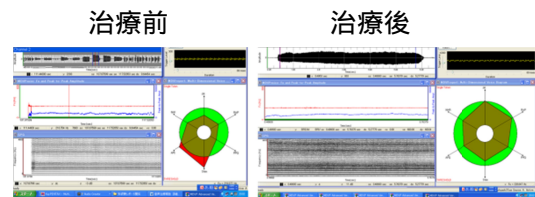
嗁声は氣息性であり、呼気流率 248ml/s、呼気圧 104.4mmH₂O、気道抵抗値 0.42mmH₂O/ml/s であった。呼気流率は正常域上限で、呼気圧と気道抵抗値は上昇していた。MPT は 12 秒、声域は C3Gis3 | F4As5 と軽度の発声機能低下があった。高速デジタル撮影検査では声門閉鎖不全を認めたが粘膜波動は正常であった。音響分析検査では Shimmer と APQ が上昇していた。

この症例は声門閉鎖不全があるにもかかわらず声門抵抗が正常あるいは高く、呼気努力も強い症例に相当し、音声治療のみを施行することにした。

声門閉鎖不全があるにもかかわらず気道抵抗値が高いということは、発声時に内外喉頭筋の緊張が強く、いわゆるのどに力が入った発声を行っている と推測される。そこで、喉頭や声帯の緊張を下げる音声治療を施行した。ハミングでの内喉頭筋ウォームアップとストレッチ運動、筋緊張緩和のための顎、頸部、肩のストレッチ運動、喉頭マッサージなどを行い、リップトリルを施行した。4 か月の間に 5 回の音声治療を施行した。

4 か月目の検査では VHI-10 は 1、声の満足度 5 と自覚的に音声障害症状が激減した。呼気流率 214ml/s、呼気圧 65.2mmH₂O、気道抵抗値 0.30mmH₂O/ml/s と正常であった。MPT は 14 秒、声域は As2H3 | E4C6 と拡大を認めた。高速デジタル撮影検査では声門閉鎖不全、粘膜波動ともに正常であった。音響分析検査でも正常であった。図 4 に治療前後の音響分析結果を示す。

(図 4) 音響分析結果



症例(2) 56 歳女性、介護福祉士、右声帯ポリープ

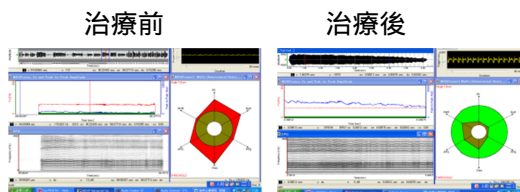
嗁声で来院した。仕事上で音声酷使があった。5 本 / 日の喫煙歴が 20 年間あった。VHI-10 は 9、声の満足度 2 であった。呼気流率 164ml/s、呼気圧 44.1mmH₂O、気道抵抗値 0.27mmH₂O/ml/s であった。呼気流率と呼気圧は正常であり、気道抵抗値は軽度低下していた。MPT は 13 秒、声域は C3Fis3 | C4F4 と

狭小化していた。高速デジタル撮影検査では左右非対称的であり、不規則であった。声門閉鎖が不完全であり、特にポリープのある右側で振幅や粘膜波動が低下していた。音響分析検査では Jitter、Shimmer 共に上昇していた。

ポリープにより右声帯粘膜波動が阻害されており声門間隙もあったが、症例(1)とは異なり声帯過緊張はなく、呼気努力も小さかった。しかし、大きな声を出す際には、声帯の緊張を強め、その声帯を振動させるために強い呼気努力を行っていた。ポリープの外科的切除術と音声治療の併用治療を行うことにした。

禁煙を含めた声の衛生指導を行った。ウォームアップ・クールダウンハミングを指導した後にリングマイクロサージェリー(LMS)でポリープを切除した。術後に軟起声発声を基本として徐々に発声量を増加させていった。手術1か月後には終了にした。この時のVHI-10は3、声の満足度5と音声障害症状が改善した。呼気流率 121.8ml/s、呼気圧 33.5mmH₂O、気道抵抗値 0.28mmH₂O/ml/s と正常であった。MPT は 22 秒と著明に延長した。声域は E3As3 | E4A6 と拡大した。高速デジタル撮影検査では正常であった。音響分析結果も正常であった。図5に治療前後の音響分析結果を示す。

(図5)音響分析結果



症例(3) 72歳女性、主婦、声帯萎縮

嚁声で来院した。日常生活での会話量は少なかった。VHI-10は14、声の満足度2であった。嚁声は氣息性であり、呼気流率 161.3ml/s、呼気圧 37.0mmH₂O、気道抵抗値 0.23mmH₂O/ml/s であった。声門抵抗、呼気圧共に低かった。MPT は 9 秒、声域は F3As3 | D4Es5 と狭かった。高速デジタル撮影検査では声門閉鎖不全を認め、振幅や粘膜波動は低下していた。音響分析検査では Jitter と PPQ が高値を示した。

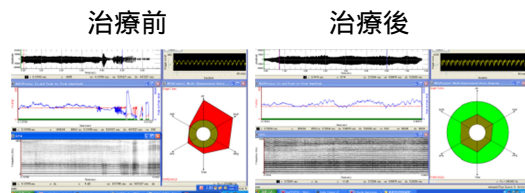
この症例は声門抵抗が軽度低く、かつ呼

気努力が小さい症例に相当し、音声治療のみを施行することにした。

胸式呼吸による呼吸パターンであり、発声時の声門調節と呼気調節のタイミングがずれていた。腹式呼吸を指導し、呼気努力を促す目的で腹式発声を教えた。5 か月間の間に 7 回の音声治療を行ったところ、音声症状は消失した。

5 か月目の検査ではVHI-10は0、声の満足度 5 と自覚的に音声障害症状は消失した。呼気流率 155.1ml/s、呼気圧 52.0mmH₂O、気道抵抗値 0.36mmH₂O/ml/s と呼気圧や気道抵抗値が上昇した。MPT は 11 秒、声域は D3A3/E4F5 と拡大を認めた。高速デジタル撮影検査では声門閉鎖不全は消失し、声帯振動巾や粘膜波動は正常であった。音響分析検査でも正常であった。図6に治療前後の音響分析結果を示す。

(図6)音響分析結果



成果をまとめると、音声障害患者を喉頭ファイバー検査、声帯振動検査、発声機能検査、音響分析検査などを基にして5つのタイプに分類した。発声時の声門形態や振動様式、空気力学的発声機能、嚁声の特徴などから、音声治療や手術治療の選択や併用方法について検討を加えた。その結果、声門抵抗が軽度低く、かつ呼気努力が小さい症例には音声治療が第一選択と考えられた。声門閉鎖不全があるにもかかわらず声門抵抗が正常あるいは高く、呼気努力も強い症例にも音声治療が第一選択と考えられた。声門抵抗が中等度低下している症例には、声帯内アテロコラーゲン注入術や組織再生を惹起する薬剤注入療法と、音声治療の併用が必要と考えられた。声門抵抗が極端に低く、発声持続時間が10秒以下の症例では、披裂軟骨内転術や甲状軟骨形成術などの声帯内方移動術(片側声帯麻痺の場合)、あるいは声帯内コラーゲンシート移植(重症声帯溝症の場合)が適応と考えられた。これらの症例では音声治療は補助的に施行するべきである。声帯ポリープや声帯嚢胞例のように片側に隆起性病変が存在する症例では、声門抵抗が高い症例や低い症例が

混在していた。手術で病変を切除することで発声機能改善を得られたが、手術後の音声治療が嘔声改善に有効と考えられた。発声時に声門を強く閉じる疾患では声門抵抗が極めて高く、緊張した声帯を振動させるために大きな呼吸努力を必要としていた。このような症例には音声治療が第一選択である。喉頭の緊張を低下させる音声治療を施行し良好な結果を得た。今後はガイドライン作成を行う予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者、連帯研究者には下線)

(雑誌論文)(計 13 件)

- (1) Makiyama K, Hirai R, Matsuzaki H, Ikeda M. Assessment of Human Papilloma Virus Infection in Adult Laryngeal Papilloma Using a Screening Test. J Voice 27(2):230-235, 2013. 査読有 doi: 10.1016/j.jvoice.2012.10.014.
- (2) Hirai R, Makiyama K: Pharyngeal squamous cell papilloma in adult Japanese. Eur Arch Otorhinolaryngol 269:2271-2276. 2012. 査読有 doi: 10.1007/s00405-011-1908-0.
- (3) Niimi S(9/9 人) et al. Surgical improvement of speech disorder caused by amyotrophic lateral sclerosis. Tohoku J Exp Med. 2012;228(4):371-6. 査読有
- (4) 牧山 清: 嘔声の聴覚心理的評価, 日耳鼻会報, 115, 930-931, 2012.10. 査読無
- (5) 牧山 清, 平井良治: 音声機能検査, JOHNS, 28(6), 915-921, 2012.6. 査読無
- (6) Tsunoda K, Sekimoto S, Baer T. Brain Activity in aphonia after a coughing episode: Different brain activity in healthy whispering and pathological condition. J Voice. 2012;26(5): 668.e11-3. 査読有 doi: 10.1016/j.jvoice.2011.11.004.
- (7) 牧山 清, 高根智之, 平井良治, 岸 博行, 児玉ひとみ: 声帯高速撮影検査-アテロコラーゲン注入術への臨床応用-, 喉頭, 23:49-58, 2011.12.1. 査読有
- (8) Tanaka Y, Nishio M, Niimi S. Vocal acoustic characteristics of patients with Parkinson's disease. Folia Phoniatr Logop. 2011; 63(5): 223-30. 査読有 doi: 10.1159/000322059.
- (9) 新美成二(7/8 人) et al. 声帯ポリープの臨床統計.日気食会報 63(4):291-298. 2012. 査読有
- (10) 新美成二(6/7 人) et al. 職業歌手にみられる音声障害への対処. 音声言語 53(2): 153-157. 2012. 査読有
- (11) 角田晃一. 高齢化社会と耳鼻咽喉科, 老人性疾患の予防と対策-声帯萎縮. JOHNS, 2012; 28(9):1371-1375. 査読無
- (12) 角田晃一. 声帯内注入術 何をどこに-適応と限界-. 音声言語医学, 2012; 53(4):276-280. 査読有
- (13) 新美成二. 音声のリハビリテーション-音声リハビリテーションについて. 気食会報 62(5): 433-439. 2011. 査読無

(著書)(計 2 件)

- (1) Koichi Tsunoda. Current Issues in Voice Assessment and Intervention. International Perspectives On Voice Disorders. Edwin Yiu E, (Bristol UK) 2013.1. Hbk, 68-82.
- (2) 牧山 清, 平井良治: 声帯麻痺の診断に際しての留意点、のどの異常とプライマリケア, pp182-187, 2013.5.
[学会発表](研究代表者発表のみを記載、計 41 件)招待講演 12 件
- (1) 牧山 清: 声がれの検査と治療(特別講演), 駿河台日本大学病院公開講座, 駿河台日本大学病院, 2014.1.25.
- (2) 牧山 清: 発声機能と加齢, (シンポジウム: 高齢化社会と気管食道科), 第 65 回日本気管食道科学会, 品川プリンスホテル, 2013.10.31.
- (3) 牧山 清, 高根智之: 喉頭ストロボ検査と高速デジタル撮影検査, (セミナー: 声帯振動検査), 第 65 回日本気管食道科学会, 品川プリンスホテル, 2013.10.31.
- (4) 牧山 清: 音声機能検査の基礎・評価, (セミナー: 音声障害の診断から治療), 第 58 回日本音声言語医学会, 高知県立県民文化ホール, 2013.10.19.
- (5) 牧山 清: 嘔声疾患の診断治療 - 先端的検査法と独創的治療 - (特別講演), 日耳鼻広島県研修会, 広島グランピアホテル, 2013, 7.18.
- (6) 牧山 清: 喉頭疾患における先端的診断治療,

- (特別講演), Dr to Dr Meeting in 文京, 東京
ドームホテル, 2013, 1. 17.
- (7) 牧山 清: 嚙声の診断と治療, (特別講演),
第 27 回城北・埼玉南部耳鼻咽喉科学術集会,
ホテルメトロポリタン, 2012, 10. 25.
- (8) 牧山 清: 音声障害疾患の診断と治療, (特別
講演), 蕨戸田医師会講演会, 蕨戸田医師
会館, 2012, 3. 14.
- (9) 牧山 清: 声帯内アテロコラーゲン注入術の
適応と限界, (シンポジウム: 声帯内注入術-適
応と限界), 第 56 回日本音声言語医学会, ホ
テルグランドヒル市ヶ谷, 2011.10.6.
- (10) 牧山 清: 音声障害疾患の検査と治療(特別講
演), 静岡県耳鼻咽喉科医会講演会, ホテル
アソシア静岡, 2011, 6.14.
- (11) 牧山 清: 声帯高速撮影検査-アテロコラーゲ
ン注入術への臨床応用-, (シンポジウム: 新し
い喉頭麻痺治療への translational research),
第 23 回日本喉頭科学会, 旭川グランドホテル,
2011.4.21.
- (12) 牧山 清: 嚙声の診断と治療(特別講演), 小
石川医師会講演会, 小石川医師会館, 2011,
2, 25.
国際学会 7 件
- (13) K Makiyama, H Matsuzaki, R Hirai: Ho:YAG
Laser-Application to Laryngeal Microsurgery.
AAO-HNS, Vancouver, Canada. 2013.9.30.
- (14) H Matsuzaki, K Makiyama, T Takane: Is there
any correlation between aerodynamic and vocal
cord vibration parameters? AAO-HNS,
Vancouver, Canada. 2013.9.30.
- (15) K Makiyama, R Hirai, T Takane: Ho:Yag
laser-application to laryngeal tumor, 14th
APALMS, Taipei, Taiwan, 2012.11.24.
- (16) K Makiyama, R Hirai, T Takane: Ho:Yag
Laser-Application to laryngomicrosurgery,
17th WCB&WCBE, Cleveland, USA,
2012.6.16.

- (17) T Takane, K Makiyama, R Hirai: Phase
defference by high-speed imaging of vocal folds
in cases without phonetic disorder, 17th
WCB&WCBE, Cleveland, USA, 2012.6.16.
- (18) R Hirai, K Makiyama, T Takane: A study of
preoperative prediction of a difficult case for the
direct laryngoscope to expose the larynx, 17th
WCB&WCBE, Cleveland, USA, 2012.6.16.
- (19) R Hirai, K Makiyama, T Takane: HPV in
pharyngeal papilloma, 11th Japan-Taiwan
Conference on Otolaryngology-Head and Neck
Surgery, Kobe, Japan, 2011.12.8.
国内学会 22 件(研究代表者発表, 詳細略)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

牧山 清(MAKIYAMA Kiyoshi)

日本大学・医学部・教授

研究者番号:00139172

(2)研究分担者

新美 成二(NIIMI Seiji)

国際医療福祉大学・保健学部・教授

研究者番号:00010273

角田 晃一(TSUNODA Koichi)

独立行政法人国立病院機構東京医療センター

臨床研究センター・人工臓器機器開発部・部長

研究者番号:30197751

平井 良治(HIRAI Ryoji)

日本大学・医学部・助教

研究者番号:70409027

(3)連携研究者

松崎 洋海(MATSUZAKI Hiroumi)

日本大学・医学部・助教

研究者番号:00451328

高根 智之(TAKANE Tomoyuki)

日本大学・医学部・助手

研究者番号:00451328