

令和 6 年 5 月 7 日現在

機関番号：30110

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11328

研究課題名（和文）発声障害に対するバイオフィードバック療法の有用性の検討

研究課題名（英文）Examination of the utility of biofeedback therapy for voice disorders

研究代表者

柳田 早織（Yanagida, Saori）

北海道医療大学・リハビリテーション科学部・講師

研究者番号：20548581

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：2020年からのCOVID-19の感染拡大により発声障害患者を対象とした喉頭表面筋電図を用いた実験は実施できなかったため、健常者を対象とした予備実験を計画・一部実施した。その結果、女性を被検者とした場合、舌骨下筋群の最大随意収縮は、Shaker法では適切に誘導できない場合があることが明らかになった。

また、実験中の肢位について、課題文を音読する際に視線の移動に伴う頭部の前後・上下方向への運動を抑制するための実験環境を十分に整える必要があった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

過緊張タイプの発声障害に対する主な音声治療手技として、チューブ発声法が知られておりその効果については臨床家の間でも一定のコンセンサスが得られている。しかし、過緊張タイプの発声障害患者や健常者における発声時の筋活動量を生理学的に計測した報告は、国内外の文献を渉猟する限り非常に少なく、バイオフィードバック訓練実施時に目安となる筋活動量は明らかになっていない。本研究は、発声時の筋活動量を喉頭表面筋電図を用いて定量的に計測し、筋活動と音響特徴の関連を明らかにすることで発声障害患者の評価・治療に応用できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：Due to the spread of COVID-19 since 2020, it was not possible to conduct experiments using laryngeal surface electromyograms on patients with dysphonia, so we planned and partially conducted preliminary experiments on healthy subjects. The results revealed that in female subjects, the maximum voluntary contraction of the infrahyoid muscle group may not be properly induced using the Shaker method.

Additionally, unnecessary head movements should have been controlled regarding the position during the experiment.

研究分野：発声発語障害

キーワード：過緊張性発声障害 痙攣性発声障害 バイオフィードバック療法 表面筋電図

## 1. 研究開始当初の背景

過緊張性発声障害は、喉頭およびその周辺の筋が過度に緊張するために起こる声の障害とされ、呼吸コントロールの未熟さや誤った発声法、音声酷使、胃食道逆流症やストレス場面での性格傾向など様々な要因が複雑に絡み合うことで発症するとされている。一方、痙攣性発声障害の原因はいまだ不明であるが、内喉頭筋に局限した局所性ジストニアとする見解が近年支持されている。この2つの発声障害は、音声症状や喉頭内視鏡所見が類似しているため鑑別が困難なことも少なくない。これまで音響分析や経頭蓋磁気刺激法などによる両者の鑑別が試みられてきたが、評価者の経験に依存する点や症例数が少ないなど問題が残されており治療的介入により鑑別を行ったという報告は見当たらない。過緊張性発声障害に対する治療は、完治を目的として音声治療が第一選択となる。一方で痙攣性発声障害に対する治療は、ボトックス治療や外科的治療が一般的で、音声治療は類似疾患（過緊張性発声障害）との鑑別や、ボトックスの効果持続期間を延長させる目的で導入され、痙攣性発声障害の場合は音声治療による完治が見込めないとされている。これらの発声障害に対する音声治療では、運動学習理論に基づいて、聴覚や振動感覚を用いた筋緊張緩和の促通手技（筋弛緩訓練）が用いられるが、従来の治療手技では喉頭の筋緊張状態を自覚しにくい患者も存在するため、より効果的なフィードバック様式を用いた音声治療が求められる。筋電図バイオフィードバック療法は、筋収縮の程度を知覚信号に変換して患者に提示し、これを制御させることで目的とするパフォーマンスの改善を図る治療法であり、運動学習のための一手法としてリハビリテーション医療に広く応用されている。本研究では、表面筋電図を用いた評価およびバイオフィードバック療法により、これまで鑑別が困難とされてきた過緊張性発声障害と痙攣性発声障害にみられる運動調節の障害を明らかにするとともに、両者の鑑別および治療効果の判定を行う。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、過緊張性発声障害と痙攣性発声障害にみられる①異常音声の発現に至る運動調節の障害を明らかにすること、②バイオフィードバック療法による治療効果の判定により、2つの発声障害の鑑別が可能か検討することである。

## 3. 研究の方法

【2019年度計画】目的：表面筋電図測定システムの確立

対照群（18歳以上、発声障害・変性疾患・脳血管障害の既往がなく、本人の自由意思による文書同意が得られた者）で測定を行い、表面筋電図の測定システムを確立する。表面筋電図の測定の安定性を確認する目的で、対照群はベースライン（開始時）と再評価（初回評価より1か月後）の2回参加する（表1）。

表1. スケジュール表

疾患群：○，対照群：■

	観察開始前	観察期間（3か月間）								
		開始時	1wk	2wks	3wks	4wks	6wks	8wks	10wks	12wks
Day	—	0	7	14	21	28	42	56	70	84
同意	○■									
音声録音		○■	○	○	○	○■	○	○	○	○
喉頭表面筋電図		○■	○	○	○	○■	○	○	○	○
空気力学的検査		○■				○■		○		○
質問紙		○■				○■		○		○
喉頭内視鏡検査		○				○		○		○

<観察および評価項目>

1. 基本情報（年齢，性別，既往歴など）
2. 録音音声（音響分析：周期のゆらぎ Jitter，振幅のゆらぎ Shimmer，聴覚心理的評価：GRBAS 尺度）
3. 喉頭表面筋電波形（平均振幅 Root Mean Square; RMS）
4. 空気力学的検査結果（声の高さ，大きさ，呼気流率 Mean Flow Rate; MFR，呼気圧）
5. 自覚的評価・質問紙（Voice Handicap Index; VHI，Voice Related Quality of Life; V-RQOL，Vocal Fatigue Index; VFI）
6. 喉頭内視鏡検査における発声時の喉頭所見 ※疾患群のみ

<評価項目>

1) 主要評価項目

母音発声（無関位）とチューブ発声での舌骨上・下筋群の筋活動量（%）

<舌骨上筋群および舌骨下筋群活動の測定方法>

マルチセンサー生理計測システム NeXus-10-MARK II（オランダ Mind Media 社製）を用いて，双極誘導法で筋活動を導出する．記録電極は，電極中心間距離を 20 mm としてディスプレイサブ心電図電極 LecTrode（アドメデック社製）を使用し，電極を貼付する前に皮膚処理として，アルコール綿にて皮膚の皮脂を落としてから皮膚前処理剤（Nuprep, WEAVER and company）を用いて軽度の研磨を行う．

被験筋は舌骨上筋群のひとつである顎二腹筋前腹（Anterior belly of digastric; AD），舌骨下筋群として胸骨舌骨筋（Sternohyoid; SH）を選択する．電極貼付部位は先行研究を参考に，舌骨上筋群 AD が左右オトガイー下顎角距離の前方 1/3（図 1-1），舌骨下筋群 SH が甲状軟骨部正中より 1cm 左に正中線と並行（図 1-2），アースとして右下顎部（図 1-3）の 3 部位とする．電極はキネシオロジーテープで固定し，電極ケーブルは洗濯ばさみで衣服に固定する．

\*SH は甲状舌骨筋（Thyrohyoid; TH）および胸骨甲状筋（Sternothyroid; ST）と走路を共有しているため，クロストークの可能性を完全否定できないが，甲状軟骨板上では TH および ST が靭帯上になって甲状軟骨に接しているため，甲状軟骨に電極を貼付する．

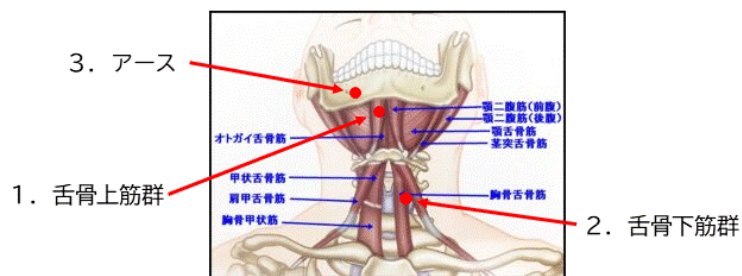


図 1. 電極貼付部位

<試験機器概要>（図 2）

試験機器名：NeXus-10-MARK II

製造元：MindMedia 社（オランダ）

機器の分類：筋電図・誘発電位検査装置

適応症：神経筋疾患，脳血管障害など

禁忌：なし

副作用（不具合）：特になし

使用上の注意事項：特になし



図 2. 試験機器

## <データ処理および解析方法>

記録周波数帯域は 10-500 Hz とし、得られた筋電信号は、サンプリング周波数 1000 Hz で A/D 変換後、パーソナルコンピュータに取り込み、ソフトウェア Bio Trace+ (NeXus-10 用, オランダ MindMedia 社製) で解析する。各発声課題 (主要評価項目, 副次的評価項目参照) による各筋群の原波形を整流後、各筋の筋電図波形より 100 ms 毎の二乗平均平方根 (Root Mean Square; RMS) を算出する。低域通過フィルタ処理 (カットオフ周波数 5 Hz) を行った, 基線の平均振幅 +2SD 以上となった波形の最初の点を RMS 計測開始のタイミング, 最後の点を終了のタイミングとし, 発声時の各筋の筋活動持続時間 (以下, 持続時間 ms) を求める。この RMS 値は, 各筋の最大随意性収縮 (Maximum Voluntary Contraction; MVC) 時の筋活動量によって正規化し, %MVC 値を算出する。各発声課題について 3 回測定した %MVC の平均値を各測定課題の代表値とし, 筋群ごとの値を算出する。最大随意収縮を得るための手技として, 舌骨上筋群 AD は, 被検者に開口 (下顎を下制) を指示し, 検査者は被検者の下顎角に中指を添えて下顎骨全体を両手で包み込むようにし, 「私が口を閉じる方向に力を入れますから, この力に負けないようにしっかりと口を開けてください」と教示して閉口方向 (下顎を挙上) へ徒手的抵抗を加えたまま 3 秒間保持する。10 秒間の休憩を挟んで連続 3 回実施する。同様に舌骨下筋群 SH は, 先行研究の方法に準じ, 床の上で仰臥位をとり, 両肩をつけた状態で足の爪先を見るように頭部のみを挙上させ, 3 秒間保持する。10 秒間の休憩を挟んで連続 3 回実施する。なお, タスク間には筋疲労を考慮して 5 分程度の休憩を入れる。

### 2) 副次的評価項目

1. 母音発声における無関位発声と大きな声での舌骨上・下筋群の筋活動量 (%)
2. 母音発声 (無関位) と短文音読 (無関位) での舌骨上・下筋群の筋活動量 (%)
3. 母音発声 (大きな声) と短文音読 (大きな声) での舌骨上・下筋群の筋活動量 (%)
4. 母音発声 (無関位) での舌骨上・下筋群の筋活動量 (%) と音響分析による PPQ・APQ (%)
5. 母音発声 (無関位) での舌骨上・下筋群の筋活動量 (%) と空気力学的検査による MFR (ml/s)

### 【2020 年度～2022 年度計画】 目的：類似疾患の鑑別 (評価)・治療効果の判定

対照群のデータを集積し (2020 年度まで), 疾患群 (18 歳以上, 精神疾患や変性疾患・脳血管障害の既往がなく, 本人の自由意思による文書同意が得られた過緊張性発声障害または内転型痙攣性発声障害患者※疑い例も含む) での評価・治療を行う。疾患群は, 1～3 か月 (訓練開始から終了まで) を観察期間として参加する (表 1)。

評価・治療効果判定の流れは図 3 のとおりである。

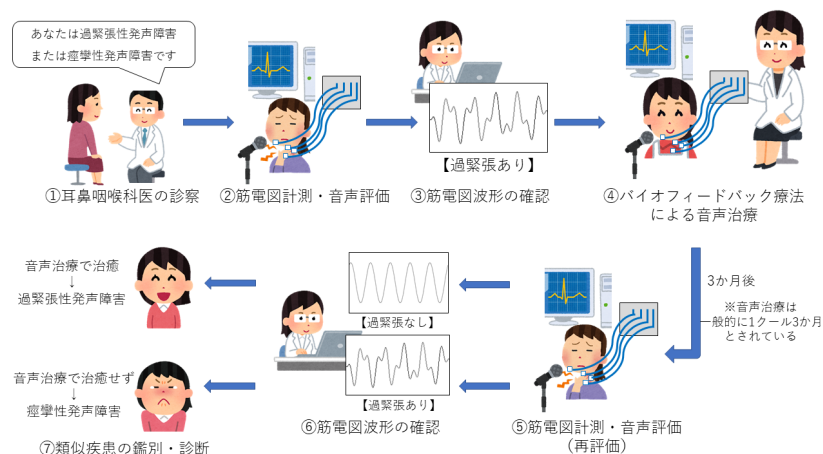


図 3. 疾患群における評価と治療効果判定の流れ

【2023 年度計画】 目的：類似疾患の鑑別・治療効果の判定（継続），論文投稿

治療効果の判定は，主要評価項目として母音発声（無関位）とチューブ発声での舌骨上・下筋群の筋活動量（%），副次的評価項目として①各種発声課題時の筋活動量（%），②音響分析（Jitter, Shimmer）③平均呼気流率（MFR），④質問紙（VHI, V-RQOL, VFI），⑤喉頭内視鏡所見をもとに行う．また研究成果を公開するため学術雑誌 *Journal of voice* への投稿論文を作成する．

#### 4. 研究成果

当初の計画では，医療機関を受診した過緊張性発声障害患者または痙攣性発声障害患者（疑いも含む）を対象に，喉頭表面筋電図による筋活動と音声サンプルの収集を予定していた．しかし，2020 年から日本でも COVID-19 が長期にわたって蔓延し，飛沫感染のリスクを考慮して発声を伴う本実験は，2023 年 5 月に 5 類感染症へ移行となるまで延期することとなった．また，研究代表者の主たる所属施設の診療体制の変更に伴い，発声障害患者の新規受け入れが中止となったことも重なり，最終的に発声障害患者でのデータ収集は研究期間内に実現できなかった．

これに代わる実験として，研究代表者の主たる所属先で健常者を対象とした予備実験を計画・一部実施し，データ収集を行った．その結果，女性を被検者とした場合，舌骨下筋群（標的筋は SH）の最大随意収縮は，Shaker 法では適切に誘発できない場合があることが明らかになった．また，実験中の肢位について，課題文音読時に，視線の移動に伴う頭頸部の前後・上下方向への運動に起因する発声課題とは無関係な筋活動を抑制し，実験環境を十分に整えることが課題としてあげられた．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 柳田早織	4. 巻 43(4)
2. 論文標題 発声障害とバイオフィードバック	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 精神科	6. 最初と最後の頁 488-494
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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0件

〔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
研究分担者	溝口 兼司 (Mizoguchi Kenji) (00580953)	北海道大学・大学病院・助教  (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関