

令和3年 7月30日

日本音声言語医学会

理事長 香取 幸夫 殿

会員番号 5186

申請者氏名 佐藤剛史

助成研究実績報告書

令和3年7月30日付で助成金交付決定を受けた研究が完了したので、次のとおりその実績を報告します。

記

- 1 研究課題名 発話課題を用いた発声機能評価の開発
- 2 交付決定助成金額 300,000 円
- 3 添付書類
 - (1) 助成研究実績報告書(付表1)
 - (2) 助成研究収支計算書(付表2)
 - (3) その他参考資料

助成研究実績報告

申請者	佐藤剛史
研究実施期間	令和2年7月1日～令和3年6月30日
研究課題名	発話課題を用いた発声機能評価の開発
目的	<p>音声障害を主訴とした患者の発声機能評価は、母音を用いた評価が主で、発話(構音)時の喉頭調節や声道の圧関係を反映した評価はあまりなされてない。そのため母音の発声課題では見出せない声の異常とその背景にある声帯の粘弾性、声門閉鎖や声帯振動の異常を十分に捉えられてはいない。そこで今回は、声門抵抗の推定が可能である口腔内圧に着目した。本研究課題では、音声材料(無意味音節：母音+子音+母音)と発声条件を系統的に変えた発話課題と口腔内圧を含めた音響生理学的計測を用いた発声機能評価を開発することを目的とした。音声障害の評価診断に寄与することが期待される。</p> <p>課題と計測の意義、症例の選択と結果の解釈の理解を促すために、音響生理計測(音声基本周波数・音圧と口腔内圧波形・ピーク値)と声帯・声門の状態の関係についての原理原則と音声障害症例での仮説をここで示す。発話音声は、声帯振動により生じた喉頭原音(声)や声道の狭窄・閉鎖解放により生じた雑音が声道でフィルターされた結果である(Fant 1960)。音響管である声道は、発声・発話時に音を作るための空気力学的変化が起こるパイプでもある。母音の発声では、肺からの安定した呼気流が閉じた声門に向かい、声門下圧の上昇により声門を押し広げる。声門を通過する高速の気流により生じる陰圧(ベルヌーイ効果)と声帯の男性復元力で声帯は元の位置に戻る。これが準周期的にくり返されるのが声帯振動である。母音発声では口が開いていて声門上は大気圧と同等で声帯の振動を抑止しないが、ハミング発声で鼻をつまむと声門上圧が上昇し声門下圧と拮抗するために声帯振動は減衰する(von den Berg 1958)。有声子音(障害音：閉鎖音や摩擦音)の生成時には、口腔の閉鎖や狭窄のために気流に抵抗が加わり、構音点の後方で圧力(口腔内圧・咽頭内圧、声門上圧)が上昇する。声門上圧の上昇は、声門下圧との上下圧格差を小さくするため、声門の開放を抑え声帯振動を遅くらせ、発声閾値を下回れば声帯振動を停止させる(原則1)。肺からの気流は非鼻音で口腔に達するが、声門の抵抗により流量が異なる。口腔内圧は、ピーク値が声門が開放された無声子音で高く、声門閉鎖を伴う有声子音で半分程度となり、発声に伴う声門開閉に伴う波形の上下動が観察される(原則2)。もし声帯の粘弾性に異常があれば、子音生成時の声門上圧の変化により、声帯の振動の消失、振動数(音声基本周波数)の低下が、起こりうる。もし声門開閉についての喉頭調節の異常があれば、口腔内圧のピーク値や波形の上下動に違いが生じることが予想される。仮説1：声帯麻痺の症例で、声帯の弛緩があれば、子音生成に伴う声門上の圧上昇で声帯振動が消失する可能性がある。仮説2：声帯結節により粘膜の硬化があれば、音声基本周波数が低下するかもしれない。仮説3：声帯の過緊張では、子音生成に伴う声門上圧の変化の影響は少ないが、音量を上げた条件や鼻音でのタイミングにより声帯振動が消失するかもしれない。仮説4：痙攣性発声障害の内転型では、母音部と子音部で声門抵抗が高く、無声子音であっても口腔内圧があまり上昇せず、上下動があり、foは全体に低い。仮説5：痙攣性発声障害の外転型では、母音部と子音部で声門抵抗が低く、口腔内圧が上</p>

	昇し、声帯振動は消失、foが検出できない。
方 法	<p>1 音響生理計測システムの構築</p> <p>口腔内圧の計測にあたり、市販の計測システムがないため、システムの構築を行った。口腔内圧の計測用に次の機器を調達した：微差圧変換器（PDS-25GA、共和電業）、シグナルコンディショナ（CDV-900A、共和電業）、歯科用チューブ、コバルトニクロム線。病院に保有する音響解析ワークステーション（CSL4500、Hoya-Pentax 社）と付属のマイクロホン（Shure）を用いて、音声信号と口腔内圧の同時計測と解析を行うシステムを構築した。</p> <p>2 発話音声と口腔内圧の同時計測の実施</p> <p>1) 対象</p> <p>音声障害を認めない正常例、機能性発声障害症例(過緊張性発声障害)、声帯麻痺症例、を対象とした。いずれも、成人で、呼吸機能の低下はなく、難聴や音声言語障害など、発話課題の遂行を妨げる問題を有しない者であった。</p> <p>2) 発話課題</p> <p>無意味音節（母音+子音+母音：VCV）を息継ぎを入れて5回発声させた。声の大きさ（普通と大きな声）、高さ（いつもの声）、速度（普通と速く）の条件で実施した。</p> <p>先行研究や予備的な測定から、母音/a//i/ と有声・無声両唇音（口唇閉鎖音、鼻音）、母音/a/、歯茎摩擦音/s//z/を採用した：/apa/ /aba/ /ama/ /ipi//ibi//imi/、/asa//aza/。</p> <p>3) 計測</p> <p>口唇からマイクロホンまでの距離を 10 cmに保つように、設定をした。口腔内にチューブを挿入し、マイクスタンドに固定した。チューブに慣れたところで、計測を開始した。試行間に休息を取り、唾液嚥下を促した。</p> <p>3 分析</p> <p>1) 音響分析：子音部と先行・後続する母音部の波形より周期性の有無を確認し、周期毎の Pitch 解析を行い、音声基本周波数 fo を求める。母音部の fo の平均と傾斜から子音部の fo の差を算出する。</p> <p>2) 口腔内圧：圧波形の観察により、圧上昇時の波形上下動の有無を記録する。圧力のピーク値を求め、実効値 (cmH₂O) に換算する。</p>
結 果	<p>1 口腔内圧計測システムの構築</p> <p>口腔内圧を導出するために、シリコンチューブに成形した歯科用コバルトニクロム線を入れて、構音を阻害せずに口腔内にチューブの先端を口腔内に留置できるようにした。チューブ内の空気圧は微差圧力変換器とシグナルコンディショナにより、大気圧との差圧信号が電圧として出力された。</p> <p>マイクロホンからの入力と同時に、差圧出力を A/D 変換装置（CSL4500）で取り込み（生理信号のサンプリング率 200Hz）、表示された音声信号と圧信号を確認の上、デジタルデータとして保存した。</p>



図1 口腔内圧測定と音響分析を含む音響生理計測システム
 A/D変換装置 (CSL4500)、PCと信号解析ソフト (Multi-speech3700)
 ①微差圧力変換器 ②CSLとの微差圧力変換機の接続
 ③シグナルコンディショナ ④口腔内圧導出チューブ

2 音響生理計測の結果

1) 音声障害をみとめない正常例(30代男性(図1))

機能性発声障害(過緊張性、30代男性)の口腔内圧測定結果をしめす。
 過緊張性発声障害症例は、喉頭内視鏡所見では、器質的異常を認めず、発声時に反声帯の過内転と披裂部と喉頭蓋喉頭面の接近を認めG2R1BOAOS2であった。

1)/apa/発声時の口腔内圧

/apa/を話速度と話声の大ききで発声してもらった時の正常例と過緊張性発声障害例を口腔内圧の測定結果を示す。

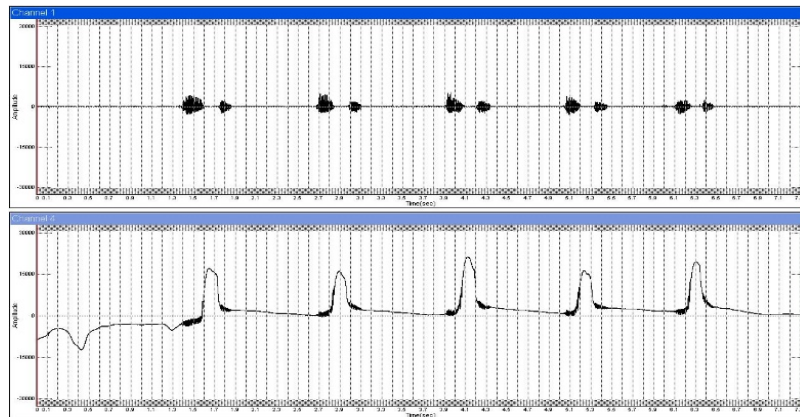


図1 正常例

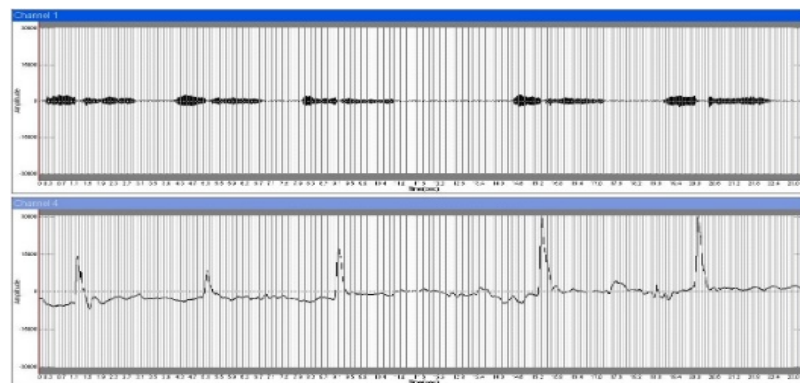


図2 過緊張性発声障害

上段に音声波形、下段に口腔内圧の結果を示す

正常例、過緊張性発声障害症例ともに、/p/の無声口唇破裂音部分で音声波形が消失し、その部分で口腔内圧の上昇を認める。

正常例では、ほぼ一定の口腔内圧が測定されるが、過緊張性発声障害症例では、口腔内圧が一定でなく、正常例を高い圧を認める部分もあった。

2) /aba/発声時の口腔内圧

/aba/を話速度と話声の大ききで発声してもらった時の正常例と過緊張性発声障害例を口腔内圧の測定結果を示す。

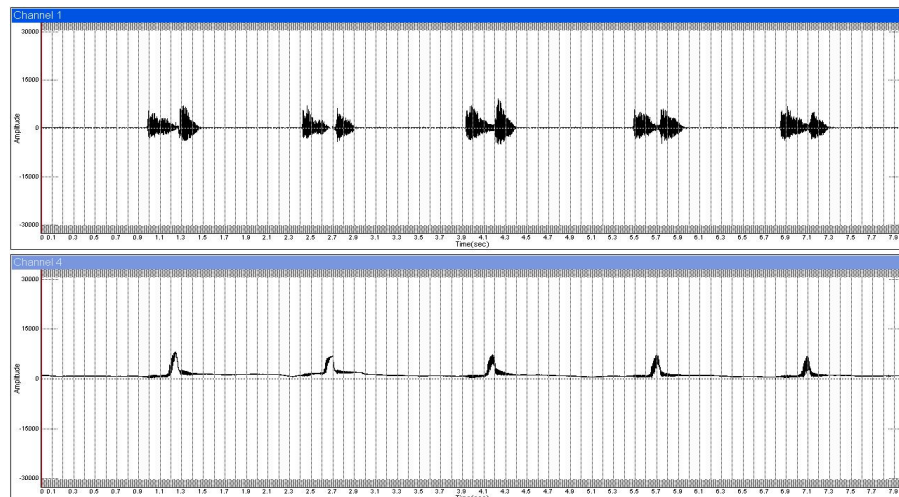


図 1 正常例

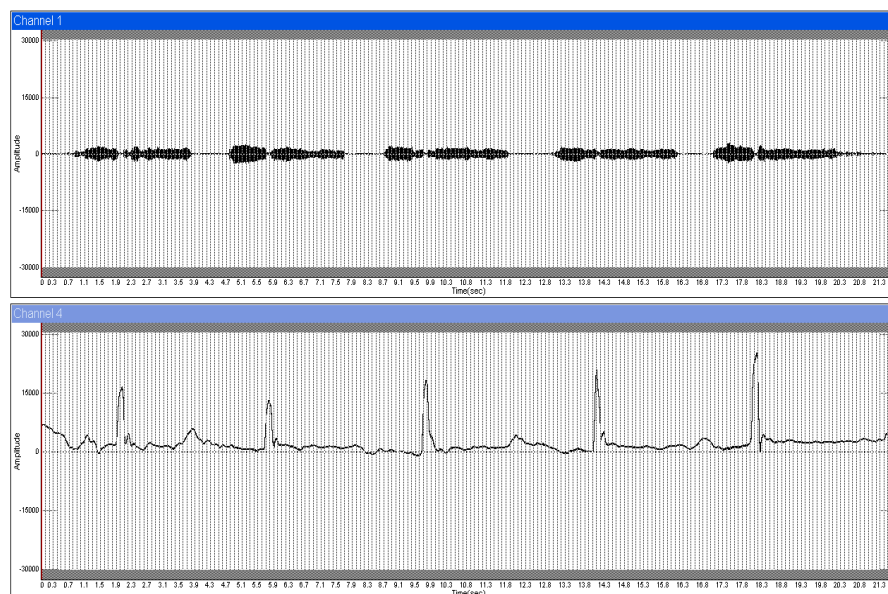


図 2 過緊張性発声障害の症例

上段に音声波形、下段に口腔内圧

正常例、過緊張性発声障害症例ともに、/b/の有声口唇破裂音部分で音声波形が消失し、その部分で口腔内圧の上昇を認める。

正常例では、ほぼ一定の口腔内圧が測定されるが、過緊張性発声障害症例では、正常例よりも高い口腔内圧を認めた。

倫理的配慮

東北大学医学系研究科倫理委員会の承認をもとにおこなった。
(承認番号 2020-1-956)

<p>考 察</p>	<p>声門下圧の測定は、気流阻止法による測定が一般的であり、これは、母音による測定が中心であり、発声時の声門の状態をとらえるには有用であるが、発話(構音)時の喉頭調節の状態が反映された評価ではない。</p> <p>今回着目した口腔内測定は、間接的に声門下圧を推定する方法である。北嶋ら(1992)らが/ipi/発声させ、その際の口腔内圧の変化を測定した。その際に声門下圧と口腔内圧に相関を認めたこと、声門下圧が 20cm H₂O を越える声門下圧では、口腔内圧と声門下圧の差が大きくなり推定しにくいこと、発話頻度が測定値に影響することを報告している^{1) 2)}。</p> <p>今回は、母音/a/と/pa/と/ba/の発声時の口腔内圧を検討したが、正常例では、/p/の口腔内圧>/b/の口腔内圧の傾向を認め、無声子音と有声子音で口腔内圧が異なる可能性が示唆された。</p> <p>Bakkenらが報告した健常例の口腔内圧の結果でも/p/の口腔内圧>/b/の口腔内圧であり³⁾、今回も同様の傾向がみられた。これは、/p/発声時は、声門抵抗が小さくなり、口腔内に流入する呼気量が多くなりその結果、口腔内圧が高くなるが、/b/発声時は、/p/発声時よりも声門抵抗が大きくなり、口腔に流れ込む呼気量が少なくなる。口唇閉鎖により口腔内の圧は上昇するが、/p/ほど上昇しないためと考える。/p/は無声音であり、子音生成時に声帯振動が伴わない音であり、/b/は有声音であり声帯振動がともなうことから、/p/と/b/の両方の測定により、口腔内圧の状態が声門の過閉鎖や閉鎖不全の状態を反映する可能性があることが示唆される。</p> <p>正常例と過緊張性発声症例で比較検討した場合は、/b/よりも/p/生成時の口腔内圧が低い傾向にあることは同様であったが、/p//b/それぞれの鉤区内圧は正常例を高い傾向にあり、以上のことから口腔内圧の計測が間接的に、声門閉鎖に状態とらえる指標となることが示唆された。</p> <p>最後に Kariyasu (2000) は、無声子音/p/以外にも両唇閉鎖を伴う有声子音/b/、鼻音/m/を用いて口腔内圧を測定することで、口腔内圧のピーク値や圧波形の傾斜から、声門閉鎖、口蓋咽頭閉鎖、口腔閉鎖の異常を理解できることを示している³⁾。口腔内圧の計測は、無声子音生成時の声門下圧の推定だけでなく、発話の異常を総合的に評価できる可能性がある。</p> <p>今後の展望</p> <p>COVID-19 の流行により、検査実施等に一時期制限がかり、音声障害症例での検討が十分に行われていない。</p> <p>現在声門閉鎖不全症例や声門過閉鎖症例を中心にデータ収集をおこなっており、正常例とのデータと比較することで、口腔内圧の状態と声門閉鎖の関連について検討すること、発声条件(大きさや速度)などを変化させた条件での解析を行い、疾患による口腔内圧の検討をすすめていく。</p> <p>参考文献</p> <p>1) 北嶋和智, & 藤田文香. 破裂子音/p/の口腔内圧を利用した発声時声門下圧の推定法. <i>喉頭</i> 2(2), 120-123.1990</p> <p>2) 北嶋和智, 藤田文香, 田中和成. 口腔内圧による発声時声門下圧の推定法. <i>音声言語医学</i>, 33(2), 186-191.1992</p> <p>3) Bakken,R.J.,Orlikoff,R. F.,Clinical Measurements of speech and Voice 2ed ed.Singular Publishing Group 2000</p> <p>4) Kariyasu, M: A study of the vocal fundamental frequency (FO) change in relation to intraoral air pressure (IOP) during controlled productions of voiced consonants in VCV context for speakers of Japanese and English. Doctoral dissertation submitted to the University</p>
------------	--

	of Kansas .2000.
添付資料	購入物品(微差圧変換器 PDS-25GA、シングルコンディショナ CDV-900A)見積もり書、請求書、購入報告書、納品書