

喉頭摘出者が食道発声法を獲得するためのプログラムの開発

I. 研究背景

喉頭全摘術及び下咽頭喉頭頸部食道切除術後の患者は、喉頭が摘出されることで声を失い、呼吸経路が分離されて永久気管孔が造設される。術後は、新たなコミュニケーション手段を獲得する必要がある、その1つが食道発声法である。食道発声法の指導は、約70年間患者会が担い、経験知は蓄積されてきたが、食道発声法そのものや指導に関するエビデンスが蓄積されてこなかった。本研究では、食道発声法について、まずはそのメカニズムを可視化する。そして、これまで先人によって伝承されてきた感覚的な指導内容を言語化し、根拠に基づく食道発声訓練を行うためのプログラム、および学習者の学習行動を継続するための指導者向けの指導技法プログラムを構築し、喉頭摘出者が食道発声法を獲得するためのプログラムを開発する。

II. 研究目的

目的 1. 食道発声の行動要素を課題分析で明らかにし、「あ」の発声を獲得するまでの訓練法の仮説を導き、その効果を明らかにする。さらに、その期間における食道内の音形成部（新声門）の構造的な変化及び空気摂取や構音のための舌の動きの獲得のプロセスについて超音波診断装置（以下、エコー）を用いて明らかにする。

目的 2. 目的 1 のプロセスを確認する際の参照基準とするため、食道発声熟達者を被験者として、食道発声時の音形成部（新声門）、舌の動き（空気摂取・構音）について、超音波診断装置を用いて動的に可視化し、食道発声メカニズムを明らかにする。

目的 3. 行動科学に基づく技法を用いた指導技法プログラム試案を作成し、効果を判定する。

III. 研究方法

目的 1. 【研究 A: 食道発声トレーニングプログラム試案の作成】 食道発声法の課題分析及び手術による形態機能の変化からプログラム試案を作成した。

【研究 B: 食道発声熟達者の食道発声時の身体の使い方の確認】 発声訓練士の身体の使い方を明らかにするため、まず食道発声熟達者5名の①気流温、②呼吸、③筋活動について Power Lab[®]を用いて測定した。所属大学および共同看護学専攻の研究倫理審査委員会（2003号）の承認を得た。

【研究 C: 食道発声トレーニングプログラムの効果の検証】 研究デザイン：被験者間多層ベースラインデザイン、対象者：学習者（Learner: L）5名とし、新声門となる臓器はL1とL5は食道、L2は胃管、L3とL4は移植空腸であり、L4では気管食道シャントが留置された。

独立変数：各 Step の身体活動について、研究 B と同様に、①～③のセンサーからのリアル

タイムの波形に基づき、学習者が正しく身体を使用していれば賞賛・承認によって分化強化し、誤りがあれば修正した。**従属変数**：「あ」の発声の明瞭性を4段階（0～3点）で評価し、1セット5トライアルの総得点（最大15点）を従属変数とした。**方法**：対象者5名に訓練方法を教示後、各センサーを装着し、ベースライン（Baseline：BL）の従属変数を測定し、データが安定していることを確認後、介入条件を導入した。視覚的分析に加えて、TAU-U検定（Parker, VanneSt, DaviS & Sauber, 2011）を実施した。所属大学および共同看護学専攻の研究倫理審査委員会の承認を得た（2002号）。

【研究D：食道発声トレーニングプログラムのPhaseⅡの効果の検証】研究デザイン：発声行動間多層ベースラインデザイン（Step1）、ABデザイン（Step2～4）、**独立変数**：各Stepの訓練時に明瞭・流暢な発声を賞賛・承認によって分化強化し、学習者が正しく発声できるよう身体の使い方を修正した。**従属変数**：「Step1：構音」50音の各発声音の明瞭性を4段階評価した得点、「Step2：発声時間の延長」①流暢性は発声時間、②明瞭性は5音を4段階評価した得点、「Step3：息継ぎ」発声時間、「Step4：長文朗読」①明瞭性は、文章の文字数における明瞭な発声文字数の割合、②流暢性は、訓練士の10文字の発声時間を100%とした場合の割合とした。**方法**：研究Cに引き続き、長文朗読まで訓練を継続することとした。対象者、調査期間、測定方法、分析、倫理的手続きは、研究Cと同じである。

【研究E：食道発声の獲得状況と新声門成熟および舌の動きの獲得プロセスの可視化】研究デザイン：エコーを用いた観察研究、**対象者**：研究C・Dに参加するL1～5、**方法**：訓練後に原則1回/週、エコーで新声門部位をB、M、Dモードで10秒間撮影した。撮影中は、「あ」を1秒かけて発声し、1秒休憩後再度発声することを繰り返すよう促した。分析は、対象者1名につきCの初回、原音安定、新声門を押さえずに「あ」が発声可能、直近、の4つのエコー動画を分析対象とした。視覚的分析と新声門の内腔面積を確認した。所属大学および共同看護学専攻の研究倫理審査委員会（2003号）の承認を得た。

目的2. 【研究F：食道発声熟達者の食道発声時の新声門および舌の動きの可視化】研究デザイン：超音波診断装置を用いた観察研究、**対象者**：訓練士5名、**方法**：個別に日時を設定した。撮影方法、研究倫理審査委員会の承認は研究Eと同様である。

目的3. 【研究G：指導技法プログラム試案の作成プロセス】指導技法プログラムを構成する視点：予備研究1)で導き出された訓練士の12の指導技法を用いた指導を実施できる内容とした。**プログラムの内容妥当性**：行動分析学の研究者1名と行動分析学の手法を用いた研究の実績がある看護学研究者2名による専門家会議を実施した。

Ⅲ. 結果

目的 1. 【研究 A: 食道発声トレーニングプログラム試案の作成】試案は、「Phase I : 学習期」と「Phase II : セルフ・マネジメント期」で構成され、Phase I は「あ」の発声を目的とした訓練 (Step1: 空気嚥下、Step2: 空気排出、Step3: 原音の生成)、Phase II は日常会話の達成を目的とした訓練 (Step1: 構音、Step2 : 発声音の延長、Step3: 息継ぎ、Step4: 長文朗読) から構成された。

【研究 B: 食道発声熟達者の食道発声時の身体の使い方の確認】5名は、発声時に腹部と胸部を収縮させて空気を排出し、4名の口唇前気流温が上昇と同時に、頸部と腹部の筋電図が活性化した。さらに、うち3名は発声時に空気が吸引されて鼻孔下の気流温が低下した。

【研究 C: 食道発声トレーニングプログラムの効果の検証】新声門を押さえた「あ」の発声得点は、Step1 導入後、L2 は8セッション (Session: S)、L1、3 は、Step2 の導入後、各45S、15 S で15点となった。L4、5 は初回セッション (First Session: FS) から15点であり介入しなかった。新声門を押さえない「あ」の発声得点は、Step1 導入後、L5 は7S、L1、2 は各64S、32S で15点となった。L3 は、獲得できておらず訓練継続中である。L4 は、FS から15点であり介入しなかった。TAU-U 検定の結果、Step1、Step2 の訓練によって新声門を押さえる場合は、全員が Step3 の「あ」の発声を獲得できた。押さえない場合は、L3のみ獲得できなかった。

【研究 D: 食道発声トレーニングプログラムの Phase II の効果の検証】 Step1 : 構音 : 学習者5名が15点を獲得した期間は、1群4~11S、2群7~52S、3群19~136Sであった。その間介入条件2は、L1、3に対し2群で、L1、2に対し3群で導入した。各群への介入条件1は、TAU = 0.78~1.00、 $p < 0.05$ 、2群BLおよび2群介入条件1への介入条件2の効果は、TAU = 0.93~1.00、 $p < 0.001$ であった。Step2: 発声時間の延長: 明瞭性は、L1、3、5に4Sから介入し、7~115Sで15点となった。L1、5はTAU=0.93~1.0、 $p < 0.01$ 、L3は、介入条件では、効果は認められず、吸引法を導入してTAU=0.54、 $p < 0.05$ と適度な効果が認められた。L2、4はFSから15点であり介入しなかった。流暢性は、介入後L1、3、4、5の発声時間は9~30Sで3秒前後となった。TAU = -0.81~-1.00、 $p < 0.01 \sim p < 0.05$ であった。L2は、FSから2~3秒台であり介入しなかった。Step3: 息継ぎ: 4~16Sで介入し、L1は5秒台、L2~5は、30~120Sで3秒台となった。全員が介入によりTAU = -0.74~1.0、 $p < 0.01$ と発声時間が有意に減少した。Step4: 長文朗読: 明瞭性は全員が獲得していた。流暢性では1句のBLから開始し、L1は介入後も20%程度を推移し到達せず、L2~5は、介入後6~62Sで80%以上が維持され、2句を訓練句とした。L2は、109Sから90%を維持され、151Sで訓練終了とした。L4は、32S以降は80%以上が維持され、46Sから3句とし

た。L2、3、5は1句、L4は2句への介入によって $TAU = 0.52 \sim 1.0$ 、 $p < 0.01$ と効果が認められ、L1は効果が認められなかった。

【研究E: 食道発声の獲得状況と新声門成熟および舌の動きの獲得プロセスの可視化】

喉頭全摘後に食道が新声門へと成熟する様相： L1、5の画像から、新声門成熟プロセスは5段階が確認され、各々の「あ」の発声の状況と照合すると【第1段階: 新声門未振動】原音生成できない、【第2段階: 新声横楕円形、内腔非密着】原音生成が可能、【第3段階: 新声門横楕円形、内腔密着振動】「あ」の発声可能、【第4段階: 新声門円形、内腔密着振動】文章の朗読可能、【第5段階: 新声門収縮円形、内腔振動】日常会話可能、が確認された。舌の動きは、原音が生産される頃には、空気摂取時に舌の後方が咽頭後方へ、そして舌背は上顎に強く押し合てるように上方へ動くことが確認された。

喉頭摘出後に胃管または空腸が新声門へと成熟する様相： 胃管 (L2) は、横断面では楕円形で空気嚙下時や発声時にほぼ動きがなかったが、徐々に横方向に潰れるように動くようになり、円形となって空気嚙下時・発声時に内腔のみが振動し、縦断面では、一直線に描出された胃管が後方へ屈曲するように変化した。空腸 (L3) は、横断面では円形で空気嚙下時や発声時にほぼ動きがなかったが、徐々に横方向に潰れるように動くようになり、内腔全体が振動し、縦断面は、空腸はほぼ直線で、発声時は後壁が振動するよう変化した。気管-空腸シャント (L4) は、横断面では空腸は円形で発声時に内腔が振動していたが、横方向に楕円形となり、縦断面は、発声時にヒダが足方向から頭方向へ動いていたが、空腸ヒダが全体的振動するよう変化した。

目的2. 【研究F: 食道発声熟達者の食道発声時の新声門および舌の動きの可視化】 5名の新声門部位は、横断面は第6~7頸椎の高さで振動し、総頸動脈と比較すると新声門が細いことが確認された。縦断面は、画面横方向2cm以上の範囲で振動が確認され、発声時に食道が後方に湾曲し振動することが確認された。舌は、安静時に比べて空気摂取時に舌の後方が咽頭後方へ、舌背は上顎に強く押し合てるように上後方へ動くことが確認された。

目的3. 【研究G: 指導技法プログラム試案の作成および効果の検証】 プログラム試案の原案まで作成した。

IV. 総合考察

本研究は、食道発声トレーニングプログラム試案の「あ」の発声の獲得までを目指して訓練を開始した。しかし、対象者全員の希望により、最終段階の長文朗読まで訓練を継続した。その結果、2年以上に渡って食道発声の獲得状況やエコーによる新声門および舌の動きの獲得プロセスについて縦断的なデータを蓄積することができた。

食道発声の課題分析や術式の影響も加味して作成した食道発声トレーニングプログラム試案の訓練は、行動科学の視点に基づき、対象者の発声獲得状況に応じて介入条件を導入し、強化の原理に則った指導技法を用いて指導を行った。本試案や指導技法によって確実に食道発声の1つ1つの発声行動が獲得された。さらに、これまで発声訓練士がコツとして伝授してきた身体の使い方を生体信号測定装置によって明らかにし、学習者へ発声訓練士のような身体の使い方ができるようリアルタイムにフィードバックすることで、腹筋に力をいれるタイミング等が獲得された。今回は、生体信号測定装置を使用したのが、腹筋や頸部の筋肉の動きは外観から観察することが可能であり、今後は目視による観察でもフィードバックが可能と考えられた。

そして、原音が生成できるようになると、エコーでは空気嚙下時の舌の動きが獲得されることや、新声門形成プロセスは5段階があり、「あ」の発声状況によってどの段階まで成熟が進んでいるかを推測することも可能であることが示された。

以上のプログラムによって、食道発声の獲得が最も困難とされる胃管形成の方が食道発声を獲得され、他4名も現在は最終段階に入っている。高藤（1993）の食道発声の獲得率の調査では、食道発声の成功率は70%（p. 187）、藤井ら（1993）の調査では78%であった（pp. 89-96）。本プログラムでは、食道発声の獲得率は100%であり、食道発声を確実に獲得できるプログラムを構築できた。

今後は、医療者でも本プログラムによって食道発声の指導が可能なことを周知すること、食道発声をより早く獲得するためのプログラムを検討することが課題である。

IX. 結論

1. 食道発声トレーニングプログラム試案はPhase I（Step1, 2）、Phase II（Step1~4）における分化強化に基づく各訓練方法の効果が実証され、プログラムとして確定された。
2. 「あ」の発声の変化時に新声門の形態が変化し、新声門は、【第1段階：新声門未振動】
【第2段階：新声横楕円形、内腔非密着】【第3段階：新声門横楕円形、内腔密着振動】
【第4段階：新声門円形、内腔密着振動】【第5段階：新声門収縮円形、内腔振動】のプロセスを経て形成された。
3. 発声訓練士に対する「指導技法プログラム試案」を作成した。

Development of a Program for Laryngectomees to Acquire Esophageal Voice

Objectives

Objective 1. To analyze challenges of esophageal voice projection, formulate a hypothesis on training to help learners become able to produce the sound “a ([ʌ])”, evaluate the effectiveness of such training, and clarify the process of developing the sound-producing part of the esophagus (neoglottis) and tongue movement during the training period using an ultrasonic diagnostic system.

Objective 2. To clarify the status of the sound-producing part of the esophagus (neoglottis) and tongue movement in esophageal voice masters when producing sounds.

Objective 3. To develop a proposed training program using behavioral science-based methods and determine its effectiveness.

Methods

Objective 1. [Study A: Creation of a draft esophageal voice training program] I developed a trial program based on the analysis of the esophageal vocalization method and the morpho-functional changes caused by the surgery. **[Study B: Confirmation of the physical activity of esophageal voice masters when using esophageal voice]**

To clarify the physical activity of esophageal voice masters when using esophageal voice. I measured the following items in 5 voice trainers (trainers) using Power Lab®: 1) airflow temperature; 2) breath; and 3) muscle activity. **[Study C: Verification of the effects of the draft esophageal voice training program]**

Study design: Multiple baseline design. Subjects: There were 5 learners (L). Independent variable: I reinforced the physical activity of the learners with praise/approval when it was correct, and corrected when it was not. Dependent variable: I evaluated the production clarity of the sound “a ([ʌ])” on a 4-point scale (0-3), and used the total score (highest score: 15) for a set of 5 trials as a dependent variable. Methods: I measured the sound “a ([ʌ])” in the 5 learners, with Power Lab® attached. I confirmed the waveforms representing the previously specified 1)-3) in real time, and reinforced the learners’ productions. In addition to visual analysis, I performed TAU-U analysis.

[Study D. Verification of the effect of the draft Phase II esophageal vocalization training program] Research design: Multi-layered baseline design between vocal behaviors (Step 1), AB design (Steps 2-4). Independent variable: Differentiate and strengthen clear and fluent vocalizations through praise and approval during training for each step, and correct the use of the body so that the learner can vocalize correctly. Dependent variables: According to the training content of each step, the score of 4-level evaluation of the clarity of vocalization, the ratio of vocalizations that could be vocalized clearly to the number of vocalizations, and fluency was the vocalization time. Methods: Subjects, Continuing with Study C, the training was to be continued until the long reading. survey period, measurement methods, analysis, ethical procedures: Same as Phase I. **[Study E.**

Visualization of esophageal speech acquisition and neoglottic maturation process, and Acquisition process of tongue movement] Study design: Observational study using echo.

Methods: Subjects were L1 and 5 participating in study C and D. After the training in studies C and

D, the learner was photographed for 10 seconds in B, M, and D modes at the neoglottis site by echo once a week in principle. Four echo videos were analyzed for each subject: the first study C and D, the original sound stability, the ability to utter "a" without holding the new glottis, and the latest. Visual analysis and neoglottis lumen area were confirmed.

Objective 2. [Study F. Visualization of neoglottis and tongue movements during esophageal vocalization in skilled esophageal vocalists] Study design: Observational study using echo. Methods: Subjects were 5 trainees. Methods: Individual dates and times were set. Methods of filming and research were the same as in study E.

Objective 3. [Study G. Creation of a draft teaching technique program for instructors of esophageal vocalization and assessment of its effectiveness] Based on the results of the preliminary research, I constructed a teaching techniques program and confirmed the validity of the content by experts.

Results

Objective 1. [Study A: Creation of a draft esophageal voice training program] I created a draft program, consisting of <Phase I: learning (Step 1: swallowing air; Step 2: discharging air; and Step 3: generating raw sound)> and <Phase II: self-management (Step 1: articulating; Step 2: extending vocal sounds; Step 3: controlling breathing; and Step 4: reading long passages aloud)>. **[Study B: Confirmation of the physical activity of esophageal voice masters when using esophageal voice]** When using esophageal voice, all trainers contracted their abdomen and chest to discharge air, and the preoral airflow temperature increased in 4. The airflow temperature under the nostrils decreased due to air suction during utterance in 3. **[Study C: Verification of the effects of the draft esophageal voice training program]** After Step 1, a score of 15 was achieved for production with/without neoglottal compression in 8-45/7-64 sessions. The TAU value ranged from 0.6 to 1, with $p < 0.05$. **[Study D. Verification of the effect of the draft Phase II esophageal vocalization training program]** In Step 1, 15 points were obtained in each group from 4 to 136S after the introduction of the two intervention conditions. $TAU = 0.78$ to 1.00 , $p < 0.05$. In Step 2, After the introduction of the two intervention conditions, the articulation score was 15 points from 7 to 115 s, and the articulation time was shortened to around 3 seconds from 9 to 30 s. $TAU = -0.81$ to -1.00 , $p < 0.01$ to $p < 0.05$. In Step 3, After introducing the intervention condition, the vocalization time was shortened to 3 seconds from 30 to 120 seconds. $TAU = -0.74$ to 1.0 , $p < 0.01$. In Step 4, All the students scored high on clarity, so no intervention was done. Fluency was maintained at 80% or more from 6 to 62S after introduction of the intervention condition. One of the subjects maintained 90% from 109S and completed training at 151S. **[Study E. Visualization of esophageal speech acquisition and neoglottic maturation process, and Acquisition process of tongue movement]** Five stages were identified as the process of neoglottis maturation in 5 subjects. [Step 1: New glottal non-vibration] Original sound cannot be generated, [Step 2: New voice laterally elliptical, non-coherent lumen] Original sound can be generated, [Step 3] : Neoglottis transverse elliptical shape, lumen contact vibration] Possible to pronounce "A", [Step 4:

Neoglottis circular, lumen contact vibration] Sentence reading possible, [Step 5: Neoglottis contraction circle, lumen Vibration] It was confirmed that everyday conversation is possible. The tongue was found to move posteriorly to the posterior pharynx and the dorsum of the tongue toward the maxilla during air intake by the time the original sound was produced.

Objective 2. [Study F. Visualization of neoglottis and tongue movements during esophageal vocalization in skilled esophageal vocalists] The neoglottis site of 5 experts oscillated at the level of the 6th to 7th cervical vertebrae in the transverse plane, and the neoglottis was narrower than the common carotid artery. It was confirmed that the longitudinal section vibrates in a range of 2 cm or more in the horizontal direction, and that the esophagus bends backward and vibrates during vocalization. It was confirmed that the back of the tongue moves toward the back of the pharynx and the dorsum of the tongue moves upwards and backwards as if it is strongly pressed against the upper jaw when air is ingested, compared to when the patient is at rest.

Objective 3. [Study G. Creation of a draft teaching technique program for instructors of esophageal vocalization and assessment of its effectiveness] I created a draft of the program proposal.

Discussion

In this study, we were able to accumulate longitudinal data on the acquisition of esophageal vocalization and processes such as neoglottis formation by echo for more than two years.

Through the training of the draft esophageal vocalization training program created in this study, each vocalization behavior of esophageal vocalization was acquired reliably. Furthermore, by observing and clarifying how the voice trainee uses his/her body with a bio-signal measuring device and giving feedback to the learner in real time, the use of the body was acquired.

If the original sound can be generated, the movement of the tongue during air swallowing can be acquired. There are five stages in the neoglottis formation process, and it is possible to infer to what stage maturation has progressed according to the vocalization of "a". was shown to be.

Through the above program, gastrotomy, which is the most difficult to acquire esophageal vocalization, has acquired esophageal vocalization, and the other four are currently in the final stage. According to Takafuji (1993), the success rate of esophageal vocalization was 70% (p.187), and Fujii et al. (1993) was 78% (pp.89-96). In this program, the acquisition rate of esophageal vocalization was 100%, and we were able to construct a program that can reliably acquire esophageal vocalization.

My future challenges are to promote medical professionals' recognition of the effectiveness of the esophageal vocalization training program I have developed and develop programs for earlier esophageal voice acquisition.

Keywords: Laryngectomees, Esophageal Voice, neoglottis, behavioral analysis, ultrasonic