声帯麻痺後の Tension Imbalance による嗄声に対し 音声治療が奏効した 2 症例

金子 真美・杉山 庸一郎・平野 滋

Efficacy of Voice Therapy for Remaining Hoarseness Due to Tension Imbalance Following Medialization Procedures

Mami Kaneko, Yoichiro Sugiyama and Shigeru Hirano

Medialization procedures, such as type I thyroplasty, arytenoid adduction, and vocal fold injection, are currently popular treatments for hoarseness due to unilateral vocal fold paralysis. However, hoarseness occasionally remains after medialization procedures due to tension imbalance. This tension imbalance causes diplophonia, asymmetry and aperiodic vibrational flutter in travelling wave motion. This is mostly due to incomplete glottic closure, imbalance in muscular tension, and increased air flow through an incompetent glottis. There is no established treatment for tension imbalance. We herein report two cases with remaining hoarseness post-medialization for chronic unilateral vocal fold paralysis. These patients underwent voice therapy using flow phonation to establish respiratory support and a resonant voice to facilitate vocal fold vibration. As a result, the functional vocal fold vibration, aerodynamic assessments, acoustic analysis findings and self-rated condition improved in both cases after therapy. These results suggest that voice therapy involving flow phonation and resonant voice may help improve the vocal function in cases of tension imbalance with dysphonia. Further studies with a larger number of participants or a prospective randomized controlled trial are warranted.

Keywords : tension imbalance, vocal fold paralysis, voice therapy, flow phonation

はじめに

陳旧化した声帯麻痺に対し喉頭枠組術や声帯注入術が行われているが¹⁾、術後に嗄声が残存する場合がある。声門閉鎖はしていても、麻痺声帯の筋緊張(トーン)の低下により麻痺声帯粘膜の張力(テンション)が低下し、左右声帯のテンション不均衡(tension imbalance)が起るため、声帯振動は非対称となり嗄声を呈する。これに対する根本的な治療法は確立されていない。一般的に、声帯を伸長しそのテンションを高めると、声帯振動数は増加し基本周波数は上昇する。また、呼气流、呼気圧による呼吸サポートを強くすると基本周波数が上昇することがイヌのin vivo実験で報告されている²⁾。つまり、呼吸サポートにより声帯のテンションを高めることが可能と考えられ、tension imbalanceの解消に役立つ可能性が考えられる。

Flow phonationは、呼気を可視化できる方法を用いて良好な声帯振動をもたらすための適切な呼気を安定的に産生しながら、それを共鳴腔にいかす手法である。腹腔から共鳴腔に向けて安定した呼気を持続的に送りながら発声するために³⁾、例えば、ストローを口にくわえその対側先端を水につけながら発声し、水の抵抗を用いて発声時呼気量

を調整する方法(water resistant therapy)や、口の前にティッシュを掲げ、ティッシュの動きを意識しながら発声する方法などがある。一般的に、安定した呼気が共鳴に活かされると、喉頭が下垂し共鳴腔が拡大するとされ、その結果喉頭の緊張が適正化され、声帯振動が増大することが報告されている⁴⁾。今回我々は、喉頭枠組み手術後のtension imbalance症例に対し、呼吸サポートの手法としてflow phonationを主体とした音声治療を行い、声帯振動の同期化と音声改善を認めた症例を2例経験したので報告する。

症 例

症例1:48歳、男性、スーパーの店員(品出し)

主訴:嗄声

既往歴:特記すべきことなし

現病歴:前医で原因不明の声帯麻痺と診断され、半年が経過、嗄声が改善しないため治療目的で当科受診。

初診時所見:ストロボスコープでは、左披裂部に動きがあるものの左声帯が外側に固定しており、発声時に声門閉鎖不全を認めた(図1)。平均呼气流率および呼気圧が増大し、最長発声持続時間(maximum phonation time:MPT)が短

縮していた。声のゆらぎ成分(周波数ゆらぎ(pitch perturbation quotient: PPQ), 振幅ゆらぎ(amplitude perturbation quotient: APQ))も増大し, voice handicap index-10 (VHI-10) も高い値であった(図2, 表1)。

画像所見: 単純CTでは, 左披裂軟骨が軽度外側後方に偏位していた(図3)。

空気力学的検査(平均呼気流率, 呼気圧)はPS-77E(永島医科器械(株))を, 音響分析(PPQ, APQ)はMulti-Dimensional Voice Program (Model 5105; KayPENTAX)を用いた。

喉頭筋電図所見: 左甲状披裂筋のリクルートメントが30%以下に低下していた。

診断: 左声帯麻痺・後方逸脱型(Prolapsing type)

治療経過: 左甲状軟骨形成術Ⅰ型及び左披裂軟骨内転術を施行したが, 術後も嗄声が残存し, 内視鏡所見では声門閉

鎖はしているものの声帯振動は非対称で同期しなかった(図4A)。音声検査上, 術前に比し声のゆらぎ成分(PPQ, APQ)は大きく改善したものの依然平均呼気流率が増大していた(図2, 表1)。

音声治療: Flow phonationを主体とした音声治療を行った。具体的には前述のwater resistant therapyで[o:]発声を安定した呼気を発生しながら発声できるように取り組み, 次にその呼気流を維持しながら単語・短文のプロソディーを模倣していった。その後は水の抵抗を用いずに同様の呼気を維持しながら日常会話へと汎化させていった。音声治療は約2週間に1回, 1回40分を約3か月行った。その結果, 発声時声門は閉鎖し, 声帯振動は対称的かつ同期化した(図4B)。平均呼気流率は術後に比し安定化し, 呼気圧は上昇した。MPTは延長を認め, 基本周波数は上昇した。VHI-10も改善され, 声のゆらぎ成分も正常化し

図1 症例1の初診時喉頭内視鏡所見

A. 吸気時所見。左声帯は外側に偏移固定。B. 発声時に声門閉鎖不全を認めた。

図2 症例1の声のゆらぎ成分

A. 初診時, B. 術後, C. 音声治療後。初診時は声のゆらぎ成分が増大。術後は初診時に比し大きく改善し, 音声治療後は正常化。

PPQ: pitch perturbation quotient, APQ: amplitude perturbation quotient

図3 症例1の初診時単純CT所見
左披裂軟骨が軽度偏位固定.

表1 症例1の音声機能検査

	初診	術後	音声治療後
平均呼気流率 (ml/sec)	730.6	556.7	268.7
呼気圧 (daPa)	210.2	77.5	98.7
MPT (秒)	2	5	12
F0 (Hz)	—	104	119
VHI-10 (点)	33	30	21

MPT : maximum phonation time,

F0 : fundamental frequency,

VHI-10 : voice handicap index-10

図4A 症例1の術後ストロボスコーピー所見
術後も嗄声が残存し、声帯振動が同期しなかった.

図4B 症例1の音声治療後ストロボスコーピー所見
声帯振動は同期化した.

図5 症例2の初診時内視鏡所見
(A) 吸気時所見. 左声帯は外側に偏移固定. (B) 発声時に声門閉鎖不全を認めた.

図6 症例2の声のゆらぎ成分
A. 初診時, B. 術後, C. 音声治療後. 初診時は声のゆらぎ成分が増大.
術後は初診時に比し大きく改善し, 音声治療後は正常化した.

図7 症例2の初診時単純CT所見
左披裂軟骨が軽度偏位固定.

表2 症例2の音声機能検査

	初診	術後	音声治療後
平均呼気流率 (ml/sec)	421	240.7	227.9
呼気圧 (daPa)	82.6	54	86.7
MPT (秒)	6	14	15
F0 (Hz)	—	208	248
VHI-10 (点)	22	17	9

た(図2, 表1)。

症例2: 61歳女性, 主婦

主訴: 嗄声

既往歴: 特記すべきことなし

現病歴: 前医で声帯麻痺の診断がなされ, 1年が経過し, 嗄声の改善がないために治療目的で当科紹介受診。

初診時所見: ストロボスコピーでは, 左披裂部に動きがあるものの声帯は外側に固定し(図5), 平均呼気流量は増大, MPTは短縮し, 声のゆらぎ成分は増大していた(図6, 表2)。

画像所見: 単純CTでは, 左披裂軟骨が軽度外側後方に偏位していた(図7)。

喉頭筋電図所見: 左甲状披裂筋及び外側輪状披裂筋において呼気・発声時の活動が認められなかった。

診断: 左声帯麻痺・後方逸脱型(Prolapsing type)

治療経過: 左披裂軟骨固定術を施行し良好な声門閉鎖が得られたが, 術後若干嗄声が残し, 内視鏡所見では発声時の声帯振動は同期せず非対称であった。

音声治療: 症例1と同様のプログラムでflow phonationを約2週間に1回, 1回40分を約3か月間行ったところ, 発声時声門は閉鎖し, 声帯振動は同期化かつ対称的であった。平均呼気流量は安定化, 呼気圧の上昇を認めた。MPTは延長し, 基本周波数は上昇, VHI-10は改善し, 声のゆらぎ成分も正常化した(図6, 表2)。

考 察

Tension imbalanceは, 声帯麻痺後に見受けられる所見で, 麻痺側声帯のテンション不足により左右差が生じることによって起こる。Tension imbalanceは二重音声を引き起こし⁵⁾, ストロボの所見では, 声門閉鎖はしているものの粘膜波動は左右非対称となり声帯振動が同期しなくなる⁶⁾。また声帯の不規則な動きもみられる⁷⁾。特に高音発声時に声帯振動中の声門間隙が残る。これらは主に麻痺声帯筋のトヌスの低下によるもので, 声門閉鎖不全による呼気流増加及び氣息性嗄声を引き起こし^{8~10)}, 声帯粘膜のテンションと声門下圧とに適切なバランスがとれていないことが原因で起こる現象である¹¹⁾。Tension imbalanceに対する根本的な治療法はなく, 声帯麻痺後のtension imbalanceに対する音声治療効果については, 我々が渉猟したかぎり報告はなかった。

Flow phonationのコンセプトは, 1989年にGauffin and Sundbergによって考案され, Stone and Casteelによって提唱された音声機能の改善を目的とした手技で¹²⁾, 現在世界的に臨床で広く用いられている。Flow phonationでは, 発声時にまず安定した呼気流出を意図的にを行い, かつその呼気を共鳴に誘導するよう患者に指導する^{3, 13)}。Titzeら¹⁴⁾のコンピュータシミュレーションによれば, 安定した呼気が共鳴に活かされると, 咽頭腔が拡大することによ

り相対的に喉頭入口部の形状が狭くなる¹⁵⁾。これらによって声帯自励振動を増強する力(いわゆるinertive reactance)が増加し, 発声効率を最も高められる状態となる⁴⁾。実際ヒト数例を対象とした研究でも, flow phonationにより声帯振動の増大が確認された¹⁵⁾。喉頭で発生した声は単一の周波数(基本周波数)であり, これが共鳴腔(咽頭腔, 口腔, 鼻腔)で修飾され, 声質, 音色が形成される。適切な呼気圧と気流の調整ができてこそ初めて至適発声が可能となり, これに呼応するように声帯の粘膜波動が伝播する。よってまず適切な呼気流の生成を促すことが音声治療では重要であり, flow phonationは音声治療の根幹をなすものである。臨床では, 過緊張性発声障害や加齢性声帯萎縮患者に対する治療として, 一定の効果が示されている^{16, 17)}。Sundbergらは, 男性歌手10名に対し検証した結果, flow phonationは声門下圧と音圧レベルを最適に保つ方法であることを報告した¹⁸⁾。

呼吸の支持と基本周波数の関連を検証した基礎研究として, Bielamowiczらは, イヌのin vivo実験で発声時における圧力-流量関係を評価した結果, 呼気流量が増加すると声門下圧が増加し, 基本周波数が増加した²⁾。Smithら¹⁹⁾も, 呼気流量上昇にともなう基本周波数上昇は, 呼気流量上昇に伴う声門下圧の上昇の影響によるものであることをイヌの実験から見出し, Titzeはイヌの摘出喉頭を用いて, 基本周波数が声門下圧の増加に伴って上昇することを報告した²⁰⁾。実際, 声楽家を対象とした臨床研究で, 声門下圧の上昇に伴う基本周波数の上昇が報告されている¹⁸⁾。

本研究でもflow phonationにより2例とも平均呼気流量は安定化し, 呼気圧が上昇, 基本周波数が増加し, 声帯振動が同期化した。両症例での基本周波数上昇により, 声帯のテンションが高まり, 声帯振動が同期化したことが示唆される。今回, 喉頭枠組術後のtension imbalanceによる嗄声に対し, flow phonationで声帯のテンションをサポートできることを示したが, 本研究は2症例での結果であり, 今後は症例数を増やして前向きに治療効果を検証する必要がある。

ま と め

声帯麻痺・喉頭枠組術後のtension imbalanceによる嗄声例について報告した。Flow phonationで声帯のテンションをサポートできる可能性を示した。

本論文の要旨は第31回日本喉頭科学会総会・学術講演会(2019年)において報告した。

本論文に関して利益相反に該当する事項はない。

文 献

- 1) Smith E, Taylor M, Mendoza M et al : Spasmodic dysphonia and vocal fold paralysis : outcomes of voice problems on work-related functioning. J Voice 12 :

- 223-232, 1998.
- 2) Bielamowicz S, Berke GS, Kreiman J et al : Effect of tension, stiffness, and airflow on laryngeal resistance in the in vivo canine model. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 102 : 761-768, 1993.
- 3) Gartner-Schmidt J : Flow phonation. *Voice therapy : clinical case studies* (3rd ed), (Stemple JC ed), 33-44, Plural Publishing, Abingdon, 2010.
- 4) Titze IR : Voice training and therapy with a semi-occluded vocal tract : rationale and scientific underpinnings. *J Speech Lang Hear Res* 49 : 448-459, 2006.
- 5) Hong KH, Kim HK : Diplophonia in unilateral vocal fold paralysis and intracordal cyst. *Otolaryngol Head Neck Surg* 121 : 815-819, 1999.
- 6) Sercarz JA, Berke GS, Ming Y et al : Videostroboscopy of human vocal fold paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 101 : 567-577, 1992.
- 7) Zeitels SM, Hochman I, Hillman RE : Adduction arytenopexy : a new procedure for paralytic dysphonia with implications for implant medialization. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 173 : 2-24, 1998.
- 8) Rihkanen H, Reijonen P, Lehtikainen-Soderlund S et al : Videostroboscopic assessment of unilateral vocal fold paralysis after augmentation with autologous fascia. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 261 : 177-183, 2004.
- 9) Yumoto E : The quantitative evaluation of hoarseness. *Arch Otolaryngol* 109 : 48-52, 1983.
- 10) Heuer RJ, Sataloff RT, Emerich K et al : Unilateral recurrent laryngeal nerve paralysis : the importance of "preoperative" voice therapy. *J Voice* 11 : 88-94, 1997.
- 11) Kokesh J, Flint PW, Robinson LR et al : Correlation between stroboscopy and electromyography in laryngeal paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 102 : 852-857, 1993.
- 12) Stone R, Casteel R : Restoration of voice in nonorganically based dysphonia, 166-180, Springfield, Thomas, 1982.
- 13) Gartner-Schmidt J : Exercises for voice therapy (2nd ed), (Alison Behrman et al ed), 33-44, Plural Publishing, Abingdon, 2013.
- 14) Titze IR, Laukkanen AM : Can vocal economy in phonation be increased with an artificially lengthened vocal tract? A computer modeling study. *Logopedics Phoniatrics Vocology* 32 : 147-156, 2007.
- 15) Guzman M, Laukkanen AM, Krupa P et al : Vocal tract and glottal function during and after vocal exercising with resonance tube and straw. *J Voice* 27 : 523 e19-e34, 2013.
- 16) Watts CR, Diviney SS, Hamilton A et al : The effect of stretch-and-flow voice therapy on measures of vocal function and handicap. *J Voice* 29 : 191-199, 2015.
- 17) Gartner-Schmidt J, Rosen C : Treatment success for age-related vocal fold atrophy. *Laryngoscope* 121 : 585-589, 2011.
- 18) Sundberg J, Titze I, Scherer R : Phonatory control in male singing : a study of the effects of subglottal pressure, fundamental frequency, and mode of phonation on the voice source. *J Voice* 7 : 15-29, 1993.
- 19) Smith ME, Green DC, Berke GS : Pressure-flow relationships during phonation in the canine larynx. *J Voice* 55 : 10-17, 1991.
- 20) Titze IR : On the relation between subglottal pressure and fundamental frequency in phonation. *J Acoust Soc Am* 85 : 901-906, 1989.

別刷請求先 〒602-8566 京都市上京区河原町通広小路上
ル梶井町 465 京都府立医科大学耳鼻咽喉科・
頭頸部外科 金子真美