一側声帯麻痺による高度嗄声の治療: 披裂軟骨内転術と神経筋弁移植術の併用

湯 本 英 二

Surgical Treatment of Highly Breathy Dysphonia Due to Unilateral Vocal Fold Paralysis : Arytenoid Adduction Combined with Nerve-muscle Pedicle Flap Transfer

Eiji Yumoto

Improvement of breathy dysphonia due to unilateral vocal fold paralysis (UVFP) is usually achieved by implementing various kinds of phonosurgical procedures, including intracordal injection, type I thyroplasty, arytenoid adduction (AA), and combinations thereof. However, some patients do not recover their "normal" voices after surgery. Normal voices can be attained by providing the immobile vocal fold with the median location and symmetrical bulk and tension of the unaffected vocal fold. Because phonosurgical procedures offer "static" adjustment of these features, the thyroarytenoid muscle (TA) does not work as the body of the immobile vocal fold, resulting in little contribution to voice production and tuning. The authors refined the technique of nerve-muscle pedicle (NMP) flap implantation onto the TA muscle and have applied this innovative method, together with AA, in the treatment of breathy dysphonia due to UVFP since July 2002. Ninety-six patients had undergone NMP flap transfer and AA as of July 2016. The operative procedures are described in detail. Long-term follow-up over 2 years in 47 patients revealed significant improvement in the phonatory function after surgery. Furthermore, most parameters showed significant improvement during the follow-up period.

Keywords : nerve-muscle pedicle flap transfer, arytenoid adduction, unilateral vocal fold paralysis

はじめに

一側声帯麻痺による嗄声の治療として、嗄声の程度・麻痺の病態・術者が得意とする術式に応じて甲状軟骨形成術 I 型・声帯内注入術・披裂軟骨内転術 (以下、それぞれ I 型、注入術、内転術と略) など種々の外科的治療が単独あるいは組み合わせて行われてきた^{1~6)}。高度の気息性嗄声を呈する患者では、麻痺側声帯が正中位にないことや麻痺側甲状披裂筋に脱神経による萎縮があること、さらに、発声時に外方移動する奇異性運動をきたすことがあるために⁷⁾ 内転術と I 型あるいは注入術を組み合わせて行うことが多い。しかし、術後音声は改善するものの麻痺発症前の患者自身の正常声にまで回復することは多くない⁶⁾。

著者は、正常声を獲得するには麻痺側声帯が正中位にあることに加えて甲状披裂筋の活動が欠かせないと考えて、甲状披裂筋に対する種々の神経支配再建術を行ってきた。実際、神経移植術 (反回神経欠損部に遊離神経片を間置して再建する方法) と神経移行術 (反回神経中枢端を再建に利用できない時に行う方法で頸神経ワナ中枢端と反回神経末梢端を縫合する方法) を甲状腺癌手術などの反回神経を切断せざるを得ない場合に行って良好な術後発声機能の得られることを報告した⁸⁾。これらの方法は反回神経切除時の即時再建に適応がある。また、麻痺側頸部に手術操作の

及んでいない陳旧麻痺例も適応となる⁹⁾。しかし、麻痺陳旧例、とくに頸部手術後の例では反回神経周囲が瘢痕化しているために反回神経末梢端を利用できないことが多い。そのような場合に、演者は、一側声帯麻痺による高度気息性嗄声の治療として、頸神経ワナと胸骨舌骨筋から神経筋弁を作製して甲状軟骨に設けた窓を経て甲状披裂筋に移植する方法 (神経筋弁移植術) を内転術と併施してほぼ正常声に等しい良好な術後音声の得られることを報告してきた^{10~13)}。

本報告では、内転術と神経筋弁移植術の適応と禁忌を記載し、手術の実際とコツを紹介した上で、術後発声機能の長期成績を紹介する。

1. 披裂軟骨内転術と神経筋弁移植術の適応と禁忌

発声時に声帯間レベル差があるとき、後部声門間隙が大きいとき、あるいは麻痺側声帯の共同運動がみられるときに披裂軟骨内転術と甲状披裂筋の神経支配再建術が適応となる。多くの場合、高度の気息性嗄声をきたした患者に適応がある。頸部皮膚上から甲状軟骨翼を圧排するマニュアル試験で音声改善があるときは、嗄声は軽度なことが多く I 型あるいは注入術を行うこととしている。図 1 に術式の選択に至るフローチャートを示す。

神経支配再建術として神経筋弁移植術あるいは神経移行

術があり、発声時に麻痺側甲状披裂筋がわずかしき、あるいはまったく筋放電を示さない時で頸神経ワナと前頸筋（おもに胸骨舌骨筋）を甲状披裂筋の神経再支配に利用できるときが適応となる。両術式とも、麻痺側を利用できない時は対側から採取して用いることができる。著者はおもに神経筋弁移植術を行ってきた。

対側声帯の外転が十分でない時、内転術は禁忌である。両側とも術後で頸神経ワナを同定できない時は神経筋弁移植術を実施できない。Sanudo et al¹⁴⁾ はヒト摘出喉頭を用いた詳細な検討から、上喉頭神経内枝と反回神経の吻合（①Galen 吻合、②Arytenoid plexus：内枝の背側枝と反

回神経腹側枝の吻合で粘膜内にも筋層内にもみられ対側との吻合も存在、③Cricoid anastomosis：輪状軟骨板の前方に在ってArytenoid plexusからの枝と喉頭に入る直前の反回神経の分枝の吻合、④Thyroarytenoid anastomosis：甲状披裂筋の表面で内枝腹側枝と反回神経の吻合）、甲状軟骨孔を経た上喉頭神経内外枝の吻合、上喉頭神経外枝と反回神経の吻合（Cricothyroid anastomosis：前筋を経て反回神経腹側枝と吻合）がみられることを報告した。一般に運動神経線維が断裂すると隣接する神経線維から発芽が生じて残存したシュワン鞘に沿って伸長しといった脱神経された筋線維は変性に陥る前に再支配される。このように麻痺発症後に程度の差はあれ内喉頭筋に部分的神経再支配が起こるので甲状披裂筋が完全に変性して消失することは稀とされている。しかし、Kirchnerは^{15, 16)} 一側声帯麻痺例で甲状披裂筋が結合組織に置換された例外的な2症例を報告しており注意が要る。著者も12年前からの特発性麻痺の1名（62歳、男性）で手術顕微鏡下に甲状披裂筋の筋束をまったく認めない例を経験した。

図1 一側声帯麻痺による嚔声に対する音声外科手術の術式選択に至るフローチャート。

2. 手術の実際

神経筋弁移植術はTuckerによって1977年に初めて一側声帯麻痺の治療に応用された¹⁷⁾。1986年にはMayら¹⁸⁾によって神経筋弁の有用性が報告されたが、その後この方

図2 披裂軟骨内転術と神経筋弁移植術。

法に関する報告がみられなくなり、いわば捨てられた術式であった。著者らは動物実験を行って神経筋弁が脱神経された筋肉の神経再支配に有効であることを証明し¹⁹⁾、さらに、手術法を改良することで臨牀的にも有効な方法であることを示した¹⁰⁾。以下に手術手技の詳細を紹介する。

1) 麻酔と皮膚切開：手術は全身麻酔で行う。気管挿管チューブは通常よりも細いもの（男性ID7mm, 女性ID6mm）を用いる。披裂軟骨筋突起を牽引するときにチューブが声帯の内転を妨げないようにするためである。皮膚切開は甲状軟骨下端から甲状軟骨の1/4頭側で正中から胸鎖乳突筋前縁まで行う。男性5.5～6cm, 女性5cm程度である。

2) 神経筋弁作製（図2A, B）：内頸静脈前面で頸神経ワナを同定し、神経刺激して前頸筋が収縮することを確認する。顎二腹筋は切断する。頸神経ワナを尾側に追跡して胸骨舌骨筋に進入する部位で約5mm大の筋とともに頸神経ワナ筋枝を採取し神経筋弁とする。この際、神経筋弁が甲状軟骨翼まで緊張なく到達するようにしておく。なお、頸神経ワナ下根が神経筋弁の移動を妨げる場合は切断する。

3) 傍声門間隙の開放と披裂軟骨筋突起の同定（図2C）：甲状舌骨筋、胸骨舌骨筋を切断結紮して甲状軟骨翼を露出し、甲状軟骨上角の上端で甲状舌骨靱帯を切離する。術後の浮腫を予防・軽減するために、傍声門腔を開く前にコハ

ク酸ヒドロコルチゾンナトリウム 500mgを投与する。上角から尾側に向かって甲状咽頭筋付着部を切離して甲状軟骨内軟骨膜を剥離する。梨状陥凹粘膜を傷害しないように注意しながら、この操作を頭側から尾側方向に行って傍声門腔の開放を進めると筋突起を確認できる。輪状甲状関節を離断しないで確認できることが多い。鑷子で後輪状披裂筋ごと筋突起を把持して披裂軟骨を動かしてみるとよい。筋突起に大きく3-0 ナイロン糸を2本かける。

4) 甲状軟骨の開窓と甲状披裂筋の露出（図2D）：正中から窓の前縁まで5～7mm、窓の上縁と下縁はそれぞれ声带上縁の2mm頭側、3～5mm尾側に、窓の前後長は10mmにデザインする。甲状軟骨下端と窓枠下縁は2～3mm残しておく。操作は手術顕微鏡下に行う。開窓の後、内軟骨膜を切開して傍声門腔を経て甲状披裂筋の筋束を露出する。マイクロ用の鑷子で筋束を分けて神経筋弁との接触面を広くする。

5) 筋突起の牽引と固定：筋突起にかけた糸1本を下結節のすぐ前方で甲状軟骨の下端と窓枠の後半に、もう1本をその前方に導出する。鑷子で筋突起を把持して披裂軟骨を回転させたときと同じように糸を引く強さと距離を調節しながら牽引して結紮する。固定にはシリコンブロックを枕に用いる。この段階までに傍声門腔をはじめとする術野の止血を徹底しておく。

図3 術後発声機能の推移：空気力学的検査（最長発声持続時間と発声時平均呼気流量率）。検定にはMann-Whitney U testを用いた。正常範囲を薄いグレーで示す。

n=47

図4 術後発声機能の推移：音響分析(Jitter, ShimmerとHNR)。検定にはMann-Whitney U testを用いた。正常範囲を薄いグレーで示す。

n=47

図5 術後発声機能の推移：聴覚印象(GRBAS尺度のうち、囁声度と気息性)。検定にはMann-Whitney U testを用いた。

6) 神経筋弁を甲状披裂筋に移植 (図 2E): 神経筋弁の筋肉部をできるだけ広く甲状披裂筋と接するようにして 8-0 ナイロン糸を用いて 1-2 か所で固定する。この操作も手術顕微鏡下に行う。神経筋弁移植を行った後、神経筋弁を軟骨膜で被覆する。出血のないことを確認して、切断した胸骨舌骨筋、甲状舌骨筋を縫合する。最後に、ペンローズドレーン 2 本を 1 本は神経筋弁採取部へ、1 本を傍声門腔に向けて留置して閉創する。

3. 症例と術後発声機能

2002 年 7 月から 2016 年 7 月までに内転術と神経筋弁移植術を 96 名 (男性 53 名, 女性 43 名) に行った。年齢は 14 歳から 82 歳にわたり, 平均 59.0 歳 (標準偏差 14.4, 中央値 63 歳) であった。患側は左 77 名, 右 19 名であった。96 名の麻痺原因疾患を表 1 に示す。医原性麻痺が全体の 82.3% を占めることから, 原疾患が治癒した後に, 声帯麻痺による高度嗄声が患者の QOL を低下させていることがうかがえる。

甲状腺癌手術時に即時再建を行った 2 名, 他疾患のために気管切開口を設けていた 3 名, 創感染 (2 名), 出血 (1 名) あるいは胃食道逆流による声門閉鎖反射 (1 名)²⁰⁾ のために気管切開を行った 2 名の計 7 名を除いた 89 名中, 術後 2 年以上にわたって経過観察できた 47 名の発声機能 (空気力学的検査: 最長発声持続時間・発声時平均呼気流率, 音響分析: Jitter・Shimmer・HNR, GRBAS 尺度による聴覚印象: 嗄声度・気息性の推移をそれぞれ図 3-5 に示す。すべてのパラメータで術前に比して術後のどの時期も有意に改善した。また, 平均呼気流率以外のすべてのパラメータは術後経過観察期間中に有意な改善を示した。Jitter と Shimmer 以外のパラメータは術後 2 年経過時に正

常範囲まで改善した。なお, 検定は Mann-Whitney U test で行った。

おわりに

前節で述べたように, 医原性麻痺が手術例全体の 82.3% を占めることから, 原疾患が治癒した後に, 声帯麻痺による高度嗄声が患者の QOL を低下させていることがうかがえる。披裂軟骨内転術と神経筋弁移植術の併用は声を良くするという機能改善手術であり, 腫瘍摘出のように術後に患者に示すことのできる「目に見える提示物」はない。術者にとっては心理的負担の大きい, 緊張する手術である。それだけに, 経過観察中に術後音声がどんどん改善して患者が喜ぶ姿を見るときの術者の喜びは大きい。挿管下であっても, 本文に記載したように行えば内転術を適切に行うことができる。正確な手術操作, 確実な止血が重要であり, 電気刺激装置と顕微鏡を使用することが肝要である。本手術は, 一側声帯麻痺発症前の患者自身の音声を再獲得できる優れた術式であり, 広く普及することを願っている。

本論文の要旨は第 31 回日本喉頭科学会 (2019 年 3 月 7 ~ 8 日) パネルディスカッション 2 で講演した。

利益相反に該当する事項はない。

参考文献

- 1) Kraus DH, Orlikoff RF, Rizk SS et al : Arytenoid adduction as an adjunct to type I thyroplasty for unilateral vocal cord paralysis. Head Neck 21 : 52-59, 1999.
- 2) McCulloch TM, Hoffman HT, Andrews BT et al : Arytenoid adduction combined with Dore-Tex medialization thyroplasty. Laryngoscope 110 : 1306-1311, 2000.
- 3) Chester MW, Stewart MG : Arytenoid adduction combined with medialization thyroplasty : An evidence-based review. Otolaryngol Head neck Surg 129 : 305-310, 2003.
- 4) Tokashiki R, Hiramatsu H, Tsukahara K et al : A "Fenestration approach" for arytenoid adduction through thyroid ala combined with type I thyroplasty. Laryngoscope 117 : 1882-1887, 2007.
- 5) Kimura M, Nito T, Imagawa H et al : Collagen injection as a supplement to arytenoid adduction for vocal fold paralysis. Ann Otol Rhinol Laryngol 117 : 430-436, 2008.
- 6) Mortensen M, Carroll L, Woo P : Arytenoid adduction with medialization laryngoplasty versus injection or medialization laryngoplasty : The role of arytenoidopexy. Laryngoscope 119 : 827-831, 2009.
- 7) Yumoto E, Sanuki T, Minoda R et al : Glottal configura-

表 1 内転術と神経筋弁移植術を行った 96 名の麻痺原因疾患

医原性		
	くも膜下出血術後	6
	髄膜腫	2
	甲状腺癌	21
	甲状腺良性疾患	2
	頸部術後	5
	縦隔腫瘍	6
	大動脈瘤	19
	心疾患	2
	肺癌	10
	食道癌	5
非医原性		
	特発性	15
	肺結核	1
	頭蓋底血管内皮腫	1
	挿管性	1

- tion in unilaterally paralyzed larynx and vocal function. *Acta Otolaryngol* 133 : 187-193, 2013.
- 8) Yumoto E, Sanuki T, Kumai Y : Immediate recurrent laryngeal nerve reconstruction and vocal outcome. *Laryngoscope* 116 : 1657-1661, 2006.
- 9) Hassan MM, Yumoto E, Kumai Y et al : Vocal outcome after arytenoid adduction and ansa cervicalis transfer. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 138 : 60-65, 2012.
- 10) Yumoto E, Sanuki T, Toya Y et al : Nerve-muscle pedicle flap implantation combined with arytenoid adduction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 136 : 965-969, 2010.
- 11) Hassan MM, Yumoto E, Baraka A et al : Arytenoid rotation and nerve-muscle pedicle transfer in paralytic dysphonia. *Laryngoscope* 121 : 1018-1022, 2011.
- 12) Kodama N, Sanuki T, Kumai Y et al : Long-term vocal outcomes of refined nerve-muscle pedicle flap implantation combined with arytenoid adduction. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 272 : 681-688, 2015.
- 13) Yumoto E : Pathophysiology and surgical treatment of unilateral vocal fold paralysis. 1-161, Springer, Tokyo, 2015.
- 14) Sanudo JR, Maranillo E, Leon X et al : An anatomical study of anastomoses between the laryngeal nerves. *Laryngoscope* 109 : 983-987, 1999.
- 15) Kirchner JA : Atrophy of laryngeal muscles in vagal paralysis. *Laryngoscope* 76 : 1753-1765, 1966.
- 16) Kirchner JA : Intrathoracic injury to the motor nerve supply of the larynx. *Acta Otolaryngol* 83 : 163-169, 1977.
- 17) Tucker HM : Reinnervation of the unilaterally paralyzed larynx. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 86 : 789-794, 1977.
- 18) May M, Beery Q : Muscle-nerve pedicle laryngeal reinnervation. *Laryngoscope* 96 : 1196-1200, 1986.
- 19) Kumai Y, Ito T, Udaka N et al : Effects of a nerve-muscle pedicle flap on the denervated rat thyroarytenoid muscle. *Laryngoscope* 116 : 1027-1032, 2006.
- 20) Yumoto E, Samejima Y, Kumai Y et al : Esophageal regurgitation as a cause of inspiratory distress after thyroplasty. *Am J Otolaryngol* 27 : 425-429, 2006.
-

別刷請求先 〒 861-8072 熊本市北区室園町 12-10
朝日野総合病院耳鼻咽喉科 湯本英二