陳旧性一側喉頭麻痺に対する披裂軟骨内転術と 神経移行術の併用術の経時的効果

兒玉 成博 讃岐 徹治 湯本 英二

要 約: 一側喉頭麻痺の嚁声に対する外科的治療には、甲状軟骨形成術 I 型、声帯内注入術、披裂軟骨内転術、神経再建術がある。今回、陳旧性一側喉頭麻痺に対し、披裂軟骨内転術に併用して神経移行術を行った症例の術後発声機能を経時的に検討した。検討項目は、声帯振動の規則性、振幅、声門間隙、空気力学的検査 (MPT, MFR)、聴覚心理的評価の GRBAS 尺度 (G, B) である。検討は、術前および術後 1, 3, 6, 12, 24 ヶ月と経時的に評価した。結果、術前後では、MFR の術後 1 ヶ月の値を除いたすべての項目・時期で有意に改善した。また、術後経時的に比較すると、声帯振動の振幅、声門間隙、MPT, G, B が術後 1 ヶ月以降も経時的に改善した。陳旧性一側喉頭麻痺に対して、内転術と神経移行術の併用を行うと、発声機能が術前後で改善するだけでなく、術後も経時的な改善を認め、ほぼ正常声になることが明らかとなった。

索引用語: 一側喉頭麻痺, 披裂軟骨内転術, 神経移行術, 声帯振動, 経時的評価

Longitudinal Follow-Up Arytenoid Adduction and Ansa Cervicalis Transfer with Unilateral Vocal Fold Paralysis

Narihiro Kodama, Tetsuji Sanuki and Eiji Yumoto

Abstract: Vocal fold (VF) injection, thyroplasty type I and arytenoid adduction (AA) are common treatments for breathy dysphonia due to unilateral VF paralysis (UVFP). However, some patients do not recover their normal voices following these procedures. Theoretically, reinnervation of the thyroarytenoid (TA) muscle is the ideal treatment for UVFP. Normal voice production requires optimal closure of the glottis with median location of the VFs, symmetrical VF tension and mass, and supple mucosa. In the present study, we evaluated the long-term efficacy of AA combined ansa cervicalis-recurrent laryngeal nerve anastomosis (ACN-RLN) in the treatment of UVFP. Eight patients with severe paralytic dysphonia with large glottic gap were included. Vocal outcome was followed up over 24 months to evaluate the long-term efficacy of this combined procedure. Videostroboscopy, aerodynamic analysis, acoustic analysis, and perceptual voice quality were evaluated preoperatively and postoperatively at 1, 3, 6, 12 and 24 months. All parameters improved significantly after surgery and continued to improve over the 24-month period. Treatment with AA+ACN-RLN provided near-normal vocal function in the 24-month follow-up. Therefore, this method

could be a successful surgical treatment for severe paralytic dysphonia.

Key words: unilateral vocal fold paralysis, arytenoid adduction, ansa cervicalis-recurrent laryngeal nerve, videostroboscopy

はじめに

一側喉頭麻痺の嚥声に対する外科的治療は、声帯の体積を増やす方法として甲状軟骨形成術Ⅰ型¹⁾(以下、Ⅰ型)や声帯内注入術²⁾、声帯を内転させる方法として披裂軟骨内転術³⁾(以下、内転術)がある。また、麻痺した内喉頭筋に対し、神経再支配を目指す方法として神経再建術があり、反回神経の断端どうしを縫合する神経縫合術、反回神経断端を利用できるが直接縫合できないときに大耳介神経などを間置する神経移植術、反回神経中枢側を利用できないときに頸神経ワナと反回神経末梢側を縫合する神経移行術などがある⁴⁾。神経再建術を行うことで麻痺側声帯の運動性は回復しないが、筋萎縮の進行を防止し、回復させることが知られている。

これまで、陳旧性一側喉頭麻痺に対する外科的治療の効果は報告されてきた。Kimuraら⁵⁾は、内転術後に声帯内注入術を追加した40名の術後発声機能を検討し、平均値は、最長発声持続時間(Maximum Phonation Time {以下MPT} 単位:秒)15秒、平均発声時呼気流量率(Mean air Flow Rate {以下MFR} 単位:ml/秒)223 ml/秒と正常値より少し高めであり、聴覚印象では軽度の嚥声を認めたと報告した。湯本ら⁶⁾は、一側喉頭麻痺症例61名に対して嚥声の改善を目指して、Ⅰ型、内転術、内転+Ⅰ型、内転+声帯内注入術を行い、どの術式でも発声機能の改善が得られたが、MPT 10秒未満、MFR 200 ml/秒以上と正常値まで改善しなかった例が約半数を占め、従来の静的な再建術のみでは、麻痺声帯の自然な緊張と声帯の

体積を回復することができないと報告している。一方、われわれは内転術と神経移行術を併用した9例の空気力学的検査(MPT)、音響分析(HNR)、声域、聴覚心理的評価のGRBAS尺度(G, B)について検討し、術前後で発声機能が改善するだけでなく術後も経時的に音声改善し、正常声へ近づくことを報告した⁷⁾。しかし、声帯振動の術後変化について評価を行っていないため、今回、陳旧性一側喉頭麻痺に対して内転術と神経移行術を併用した症例の声帯振動の評価を含めた術後発声機能について経時的に検討したので報告する。

対象と方法

対象は、2001年10月から2008年11月までの間に熊本大学耳鼻咽喉科・頭頸部外科で一側喉頭麻痺と診断され、内転術と神経移行術を併用した11例のうち、術後に食道癌の再発を認めた1例と術後出血を生じ止血術を追加した2例を除いた計8例とした。男性4例、女性4例で、平均年齢は46.5歳(標準偏差12.8歳)であった。対象の詳細を表1に示す。

手術適応は、麻痺側声帯の固定位置が中間位あるいは外転位にある症例や発声時の両側声帯のレベル差がある症例かつ反回神経の末梢側が確認でき、麻痺側もしくは健側の頸神経ワナが麻痺側反回神経末梢断端と十分縫合が可能な場合に内転術と神経移行術を併用した。

原因疾患は、後頭蓋窩髄膜腫術後、椎骨動脈瘤術後、頸部腫瘍術後、球麻痺による一側喉頭麻痺症例がそれぞれ1例と大動脈瘤術後、縦隔腫瘍術後がそれぞれ2

表1 対象症例

症例	性	年齢	麻痺側	麻痺発症から手術までの期間(月)	原因疾患
①	女	60	左	28	後頭蓋窩髄膜腫術後
②	男	31	右	6	椎骨動脈瘤術後
③	女	49	右	54	頸部腫瘍術後
④	女	49	右	12	縦隔腫瘍術後
⑤	男	59	左	8	大動脈瘤術後
⑥	男	33	左	45	大動脈瘤術後
⑦	男	59	左	8	縦隔腫瘍術後
⑧	女	32	左	27	球麻痺

図1 声帯振動の経時的評価
Mann Whitney U-test, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

例であった。手術は、すべて全身麻酔下で施行し、症例①⑧は下位脳神経麻痺を合併し嚥下障害を認め、同時に輪状咽頭筋切断術、梨状陥凹縫合術を行った。症例⑥は、喉頭杵組み手術（内転術とI型を併用）の2年後に気息性嚥声が再度出現したため再手術として内転術と神経移行術を行った。麻痺発症から手術までの期間は6ヵ月から54ヵ月で、平均23.4ヵ月（標準偏差18.4ヵ月、中央値20ヵ月）であった。

発声機能評価として、声帯振動の評価、空気力学的検査、聴覚心理的評価を行った。

1. 声帯振動の評価

声帯振動の観察には、喉頭ストロボスコープを用いた。ストロボスコープは、LS-3A（永島社製）あるいはPulsar 20140020（カールストルツ社製）を用い、喉頭の観察は、CCDカメラMV-596（ストライカー社製）に接続した斜視型硬性内視鏡SFT-1（永島社製）あるいは電子内視鏡EPK-1000（ペンタックス社製）とビデオ鼻咽喉スコープVNL1171K（ペンタックス社製）を用いた。母音/e/あるいは/i/の無関位および高音発声時のストロボ像をデジタルビデオDVCPRO AJ-D230H（パナソニック社製）に音声とともに記録した。

母音/e/あるいは/i/の無関位発声時の動画を用いて声帯振動の規則性、振幅、声門間隙を評価した。評価は、3名の耳鼻咽喉科医と1名の言語聴覚士で評価し、平均値を採用した。また、4名の判定結果が2段階以上異なるときは、1段階以内の相違になるまで再度評価を行った。規則性（0：規則的であり、対称である。1：規則的であるが、非対称である。2：不規則

である）と振幅（0：粘膜波動があり、健側声帯と振幅が同じ。1：粘膜波動があり、健側声帯に比べて振幅が小さい。2：粘膜波動がない）は、3段階で評価した。声門間隙は、Yumotoら⁸⁾の報告に準じて、5段階（0：間隙なし。1：声帯膜様部にわずかに間隙がある。2：声帯膜様部約1/3に間隙がある。3：声帯膜様部約2/3に間隙がある。4：声帯が接触しない）で評価した。

2. 空気力学的検査

空気力学的検査は、声の検査法⁹⁾に準じてMPT、MFRを評価した。MPTの測定は、ストップウォッチを用い、MFRの測定は、発声機能検査装置PS-77E（永島社製）を用いた。

3. 聴覚心理的評価

GRBAS尺度を用い、声の検査法⁹⁾に準じて検査を行った。耳鼻咽喉科専門医2名と言語聴覚士1名で評価し、平均値を採用した。一側喉頭麻痺の嚥声の特徴である気息性嚥声に関与するGとBを今回検討した。

検討時期は、術前および術後1, 3, 6, 12, 24ヵ月と経時的に検討した。比較の方法は、術前後の比較、術後の経時的な比較を行い、統計学的検討として空気力学的検査にはunpaired t-test、声帯振動評価と聴覚心理的評価にはMann Whitney U-testを用いた。

結 果

1. 声帯振動

結果を図1に示す。術前後の比較では、規則性、振幅、声門間隙ともに術前と術後1ヵ月以降のすべての時期で有意に改善した。術後経時的な比較では、振幅

図2 空気力学的検査の経時的評価

Unpaired t-test, * p<0.05, ** p<0.01

図3 聴覚心理検査の経時的評価

Mann Whitney U-test, * p<0.05, ** p<0.01

の術後1ヵ月の値に比べ、術後24ヵ月の値が有意に改善した。また、声門間隙の術後1ヵ月の値に比べ、術後3, 6, 12, 24ヵ月の値が有意に改善した。規則性では、術後有意な改善は認めなかった。術後24ヵ月の規則性、振幅、声門間隙の値は、いずれも1.0以下となった。

2. 空気力学的検査

結果を図2に示す。術前後の比較では、MPTは、術前と術後1ヵ月以降のすべての時期で有意に改善した。MFRは、術前と術後3ヵ月以降のすべての時期で有意に改善した。術後経時的な比較では、MPTの術後1ヵ月の値に比べ、術後12, 24ヵ月の値が有意に延長していた。MFRでは、術後有意な改善は認めなかった。術後24ヵ月のMPT, MFRの値は、10秒以上、200 ml/秒以下となり、正常範囲まで改善した。

3. 聴覚心理的評価

結果を図3に示す。術前後の比較では、G, Bともに術前と術後1ヵ月以降のすべての時期で有意に改善した。術後経時的な比較では、G, Bの術後24ヵ月の値が術後1, 3, 6ヵ月の値に比べて有意に改善した。術後24ヵ月のG, Bの値は、0.1であり、ほぼ正常値となった。

考 察

一側喉頭麻痺では、麻痺側声帯の運動が障害され、甲状披裂筋が発声時に収縮しないため声帯縁が弓状になり、発声時声門閉鎖不全をきたす。また、反回神経の傷害後に部分的な神経再支配が起こった場合でも、再生神経線維の過誤支配により声帯運動は回復しないことが多い。さらに、健側声帯と麻痺側声帯の質量差

から声帯振動が不規則になり、位相差を生じることがあることから、一側喉頭麻痺による嚥声の評価で声帯振動の評価は重要である。

これまで、陳旧性一側喉頭麻痺に対する神経再建術後の喉頭ストロボスコピー評価を用いた声帯振動の検討は、わずかながら報告されてきた。Wangら¹⁰⁾は、一側喉頭麻痺に神経移行術を行った56例を対象に、喉頭ストロボスコピー評価（声門間隙、麻痺側声帯の固定位置、声帯振動の規則性、対称性）、空気力学的検査（MPT）、音響分析（Jitter, Shimmer, NHR）、聴覚心理的評価（GRBAS尺度）を行い、術前と術後2年以上経過時で有意に改善を認めたと報告している。また、Leeら¹¹⁾も陳旧性一側喉頭麻痺に対して神経移行術を行った15例を対象に、喉頭ストロボスコピー評価（声門間隙、仮声帯の過内転、麻痺側声帯の固定位置）を行い、術前後で有意に改善したと報告している。Crumleyら¹²⁾は、一側喉頭麻痺に対して神経移行術を行った2症例の術後声帯振動を評価し、左右対称になったと報告している。このように、喉頭ストロボスコピーを用いた声帯振動の評価で、術前後の比較は行われてきたが、術後経時的に検討した報告はなかった。われわれの検討では、声帯振動の規則性、振幅、声門間隙が術前と術後1ヵ月以降のすべての時期で有意に改善し、振幅と声門間隙は、術後1ヵ月以降も経時的に改善することが明らかとなり、術後24ヵ月の規則性、振幅、声門間隙の値は、いずれも1.0以下まで改善した。

声帯振動に加えて、空気力学的検査では、MPTで術前と術後1ヵ月以降のすべての時期で有意に改善し、術後1ヵ月以降も経時的に延長した。MFRで術前と術後3ヵ月以降のすべての時期で有意に改善した。また、聴覚心理的評価では、G、Bともに術前と術後1ヵ月以降のすべての時期で有意に改善し、術後1ヵ月以降も経時的に改善した。さらに、術後24ヵ月の発声機能を正常値と比較すると、術後24ヵ月のMPT、MFRは10秒以上、200 ml/秒以下、GとBは0.1となり、ほぼ正常音声まで改善した。

今回の検討で、術前に比べ、術直後（術後1ヵ月もしくは術後3ヵ月）から発声機能が改善した理由は、内転術を施行したことで発声時の声門間隙と声帯のレベル差を軽減できたためと考える。しかし、内転術単独施行例の術後経過を追うと術後の声帯浮腫が軽快することや声帯萎縮の進行により、音声が悪化する例を認めることがある。山形ら¹³⁾は、内転術、内転+I型、外側輪状披裂筋牽引固定術について比較し、術後経過

を追うと、術後1年を過ぎた頃より声帯萎縮の進行を認め、術後16ヵ月に追加手術を行ったと報告している。

今回、発声機能が術前後で改善するのみならず、声帯振動の振幅、声門間隙、MPT、G、Bでは、術後1ヵ月以降も経時的に改善しており、これは、神経移行術を併用したことにより、甲状披裂筋の神経再支配が起こり、術後時間が経過するにつれ発声時の甲状披裂筋の筋緊張を再獲得してきたことと、甲状披裂筋の萎縮が回復してきたためと考える。Zhengら¹⁴⁾は、イヌの脱神経した内喉頭筋を用いて神経移行術、神経挿入術（頸神経ワナの分枝を内転と側筋に挿入）、神経筋弁移植術（頸神経ワナを用いて内筋と側筋に移植）を行い、脱神経後8~10ヵ月以内に神経再建術を施すと筋の萎縮や線維化がないことを組織学的に明らかにしている。

神経移行術の効果が現れてくる時期に関して、Lorenzら¹⁵⁾は、麻痺発症平均12ヵ月を経た患者に神経移行術を行い、経過観察した38名中37名で、平均して術後4ヵ月で音声改善が出たと報告している。また、Maronianら¹⁶⁾は、神経移行術あるいは神経筋弁移植術を行い、術後6週から7ヵ月で音声の改善が見られるようになり、術後1年で最大効果が得られたと報告している。今回の検討では、神経移行術と内転術を併用しており、内転術の効果により術直後（術後1ヵ月もしくは術後3ヵ月）から発声機能が改善、さらに神経移行術の効果により術後1ヵ月以降も経時的に発声機能が改善し、どの検討項目でも術後12ヵ月から24ヵ月で最も良好な値となった。

今回の検討は症例数が8例と少なく、今後症例数を増やして検討する必要がある。また、甲状披裂筋の筋緊張と筋萎縮を評価するためには、喉頭ストロボスコピー評価のみでは不十分である。甲状披裂筋の発声時の筋緊張は、筋電図を用いて評価する必要がある。また、甲状披裂筋萎縮の改善を評価するために3次元CT内視法¹⁷⁾により麻痺側声帯の厚みを評価する必要がある。

ま と め

陳旧性一側喉頭麻痺に対して、内転術と神経移行術の併用術を施行した8例の術後発声機能を経時的に評価した。発声機能評価として、喉頭ストロボスコピーによる声帯振動の評価、空気力学的検査、聴覚心理的評価を行った。術前後、すべての項目で有意に改善し、声帯振動の振幅と声門間隙、MPT、G、Bは、術後1ヵ

月以降も経時的に改善を認めた。内転術と神経移行術を併用することで、発声機能が術直後より改善し、術後も経時的に改善することでほぼ正常声になることが明らかとなった。

文 献

- 1) Isshiki N, Morita H, Okamura H, et al: Thyroplasty as a new phonosurgical technique. *Acta Otolaryngol*, 78: 451-457, 1974.
- 2) Tamura E, Fukuda H, Tabata Y, et al: Use of the buccal fat pad for vocal cord augmentation. *Acta Otolaryngol*, 128: 219-224, 2008.
- 3) Isshiki N, Tanabe M and Sawada M: Arytenoid adduction for unilateral vocal cord paralysis. *Arch Otolaryngol*, 104: 555-558, 1978.
- 4) Miyauchi A, Matsusaka K, Kihara M, et al: The role of ansa-to-recurrent laryngeal nerve anastomosis in operations for thyroid cancer. *Eur J Surg*, 164: 927-933, 1998.
- 5) Kimura M, Nito T, Imagawa H, et al: Collagen injection as a supplement to arytenoids adduction for vocal fold paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 117: 430-436, 2008.
- 6) 湯本英二, 中野幸治, 小山田幸夫, 他: 声帯麻痺に対する喉頭枠組み手術—現状および問題点とその対策. *頭頸部外科*, 11: 83-89, 2001.
- 7) Hassan MM, Yumoto E, Bakara MA, et al: Vocal outcome after arytenoid adduction and ansa cervicalis transfer. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 138: 60-65, 2012.
- 8) Yumoto E, Sanuki T and Kumai Y: Immediate recurrent laryngeal nerve reconstruction and vocal outcome. *Laryngoscope*, 116: 1657-1661, 2006.
- 9) 日本音声言語医学会編: 新編 声の検査法, 医歯薬出版, 東京, 136-149 頁, 2009.
- 10) Wang W, Chen S, Chen D, et al: Contralateral ansa cervicalis-to-recurrent laryngeal nerve anastomosis for unilateral vocal fold paralysis: a long-term outcome analysis of 56 cases. *Laryngoscope*, 121: 1027-1034, 2011.
- 11) Lee WT, Milstein C, Hicks D, et al: Results of ansa to recurrent laryngeal nerve reinnervation. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 136: 450-454, 2007.
- 12) Crumley R and Izdebski K: Voice quality following laryngeal reinnervation by ansa hypoglossi transfer. *Laryngoscope*, 96: 611-616, 1986.
- 13) 山形和彦, 兵頭政光, 本吉和美, 他: 一側声帯麻痺に対する音声外科手術施行後の追加および再手術例の検討. *耳鼻*, 50: 395-399, 2004.
- 14) Zheng H, Zhou S, Chen S, et al: An experimental comparison of different kinds of laryngeal muscle reinnervation. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 119: 540-547, 1998.
- 15) Lorenz RR, Esclamado RM, Tekker AM, et al: Ansa cervicalis-to-recurrent laryngeal nerve anastomosis for unilateral vocal fold paralysis: Experience of a single institution. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 117: 40-45, 2008.
- 16) Maronian N, Waugh P, Robinson L, et al: Electromyographic findings in recurrent laryngeal nerve reinnervation. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 112: 314-323, 2003.
- 17) Yumoto E, Nakano K and Oyamada Y: Relationship between 3D behavior of the unilaterally paralyzed larynx and aerodynamic vocal function. *Acta Otolaryngol*, 123: 274-278, 2003.

別刷請求先: 〒860-8556 熊本市中央区本荘 1-1-1
熊本大学耳鼻咽喉科・頭頸部外科
兒玉成博