披裂軟骨内転術 (Arytenoid Adduction) の実験的研究

平 良 達 三

The Experimental Investigation of Arytenoid Adduction for Unilateral Vocal Cord Paralysis

Tatsuzo Taira

(Hiroshima University)

The present study examined the optimal direction and force of traction to be applied to the muscle process of the arytenoid cartilage during arytenoid adduction technique (Isshiki, 1977) for the best voice. Six fresh human cadaver larynges, ranging from 28 to 78 years in age, were used. All the laryngeal specimens were free of observable pathological and anatomical anomaly. Measurements of the changes in the position and shape of the vocal cord induced by traction were made under a microscope with a L shaped probe mounted on a micromanipulator.

Bowing and shortening of the vocal cord occurred, when the direction of anterior traction was at the level of the vocal cord. Anterior traction of the muscle process on the cricoid level resulted in caudal displacement of the vocal process. The greatest reduction of the glottal chink, without producing either bowing or shortening of the vocal cord was obtained, when the muscle process was pulled anteriorly, either toward the point of anterior-middle third or middle of the thyroid ala, at a level intermediate between the vocal cord and the cricoid. When the muscle process was pulled at an intermediate level between the vocal cord and the cricoid cartilage toward the 2 points, anterior-middle third and anterior half, that is 1.40 mm, was 40 to 70 g. Under the above conditions, the force required to correct the level difference between the two cords was 40 to 65 g, which caused the vertical displacement of 1.12 to 2.10 mm. Shortening of the vocal cord caused by traction ranged from 0.42 to 0.94 mm.

Traction of the muscle process toward the anterior middle third point of the thyroid ala displaced the vocal cord medially and downward with less force than traction toward the anterior half point.

From the present experiment, it may be concluded that the optimal displacement of the vocal cord can be obtained by traction of the muscle process at the intermediate level anteriorly toward the anterior one-third and half of the thyroid ala.

Key words : arytenoid adduction technique, unilateral vocal cord paralysis, phonosurgery, thyroplasty

緒言ならびに文献的考察

反回神経麻痺に対する治療法として、佐藤¹⁾は、静的喉頭機能再建術と動的喉頭機能再建術の2つに大きく分類している。これは、一側性反回神経麻痺に起因する音声障害に対しての治療であるが、前者は、いわば声帯内方移動術あるいは声帯内シリコン注入術^{2)~8)}であり、後者は、声帯の再運動化、すなわち喉頭の神経、筋の機能回復術¹⁾である。声帯内移動術には、披裂軟骨筋突起に牽引糸を縫合し、側筋(外側輪状披裂筋)の方向に牽引することによって披裂軟骨を回転させ、声帯を正中固定させる披裂軟骨内転術¹¹⁾、麻痺声帯を正中に移動させる経皮的声帯内方移動術(一色の甲状軟骨形成術Ⅰ型)⁹⁾などが一般的に施行されており、臨床的にも好成績をあげている²²⁾²⁹⁾³¹⁾。一側性反回神経麻痺症例で声門間隙が小さく、なおかつ喉頭マニュアルテストをおこなって音声の改善が得られる症例にたいしては、声帯内移動術の適応がある²²⁾。声帯膜様部を内方に移動させる外科的方法は Payr (1915)¹²⁾、Opheim (1955)¹³⁾、Sawashima (1968)¹⁴⁾、Kamer ら (1972)¹⁵⁾によって考案、報告されてきた。しかし、1974年、Isshiki は従来の方法と違って声帯の内方移動度合の調整にシリコンブロックを用い、なおかつ発声に応じて声帯の内方移動度を調節できる甲状軟骨形成術Ⅰ型(Thyroplasty type I)⁹⁾を考案し、現在、臨床的には同方法がひろく施行され確実な手術効果を上げている。一方、一側性反回神経麻痺症例で、大声門間隙を有する症例やあるいは、両声帯の高さにレベル差のある症例¹⁶⁾などでは、甲状軟骨形成術Ⅰ型では十分な声帯内移動効果がえられず、術後も声帯間隙をのこすことがある。こういった症例にたいしては、十分な声帯の内方移動のみならず、声帯のレベル差の是正といった披裂軟骨本来の運動を模倣した手術法を採択しなければならない²⁴⁾。従来、一側性反回神経麻痺にたいし、披裂軟骨を操作して、その位置移動を考慮した手術法は、Morrison (1948)¹⁹⁾の逆キング氏手術と、Mont-

gomery (1966)¹⁷⁾¹⁸⁾の輪状披裂関節固定術(cricothyroid arthrodesis)、Mündlich (1970)²⁰⁾の方法、Isshiki (1977)¹¹⁾の披裂軟骨内転術がある。さて、1975年平野²¹⁾は、発声機能を取り扱う外科として音声外科(phonosurgery)という新しい一分野を頭頸部外科の中に導入した。一色 (1977)²²⁾によると、音声外科とは、音声の改善を目的とした外科を意味し、これを以下の4段階に区別している。

- 1) 良性腫瘍などに対する摘出外科。(ラリngoマイクロサージャリー)
- 2) 声帯に直接侵襲をくわえることなく声帯の位置、運動性、形態、物性に变化を与える手術。
- 3) 声帯自身に手術侵襲をくわえ、声帯形状、物性を变化せしめる手術。
- 4) 神経移植などによる声帯の運動賦活化。

声帯に直接侵襲を加える3)の方法は、術後の声帯の癒着化を招き、音声悪化の危険性が高いため、実地臨床の場では、あまり用いられない。我々が、音声障害の治療手段として、日常頻用しているのは2)の方法である。すなわち、喉頭の枠組みを変化させることに依って、音声の改善を計る、甲状軟骨形成術(喉頭枠組み手術、一色 1975)や声帯の内方移動術である、披裂軟骨内転術である。

披裂軟骨内転術(Arytenoid Adduction、一色1977)は、声帯内転時の披裂軟骨の回転運動を、披裂軟骨筋突起に固定した糸の牽引によって模倣し、声帯を正中固定する手術方法である。本法は、反回神経麻痺に由来する、大声門間隙のある症例や、左右声帯レベル差が著明な症例が適応となるが、最近では、その確実な手術効果を目的として、中等度の声門間隙を有する症例に対しても施行し、満足する結果を得ている。ところが、実際の手術においては、披裂軟骨突起に縫合した糸の牽引方向や、その強さの調節はなかなか微妙で、音声の聴覚印象による判定やVideo-fiberscopeを用いた、喉頭モニタリングシステムを利用することで、声帯の

内転度を調節しなければならない²³⁾。しかし、実際の手術操作において、筋突起に縫合固定した牽引系の牽引方向や牽引力の変化による声帯位置の変位に関する詳細な検討はなされていない。今回私は、披裂軟骨内転術において牽引の方向の違い、さらに牽引力の増大によって、声帯の内転移動、上下レベル差是正、筋突起の変位やこれに伴う声帯膜様部の形態的变化、ならびに声門閉鎖不全の改善効果についてヒト摘出喉頭を用いた実験を行い、披裂軟骨内転術において臨床的に最適な牽引方向、牽引力についての検討を加えたので報告する。

実験方法ならびに実験材料

喉頭に病変の認められないヒト屍体摘出喉頭 6 (28歳～78歳) を実験材料としてもちいた。摘出喉頭は、輪状軟骨支持器に固定した。甲状軟骨翼側面より梨状陥凹の粘膜を翻転させ筋突起に到達した。ナイロン糸を筋突起に縫合固定し、牽引系とした。筋突起、声帯突起直上の声帯辺縁粘膜、前交連は、顕微鏡下にピオクタニンでマークした。計測は、L字型プローブをマイクロマニピレーターで微動することにより正確に行った。喉頭粘膜組織と、プローブの接着の瞬間は、顕微鏡下で確実に観察した(図1)。

実験1：筋突起牽引による声帯位置の変位 ならびに声帯形態の変化について

57歳男性, 48歳女性, 78歳男性以上3ケの

図1 実験系を示す。マイクロマニピレーターとL字プローブ(⇕), 輪状軟骨支持器に固定された摘出喉頭(◄)。

摘出喉頭を用いて、以下の順序に従って実験をおこなった。まず、輪状披裂関節腔を開放し、後輪状披裂靱帯はメスにて切断し、牽引系の縫合部位は、内転が容易となる筋突起最外側の位置とした(図2a)。

A) traction 方向の決定について。正常の側輪状披裂筋(側筋)は、披裂軟骨—輪状軟骨側面に付着している。甲状軟骨に投影した声帯レベルを中心として、牽引方向を決定した。〔a〕声帯レベル, 〔b〕, 〔a〕と〔c〕の中間レベル, 〔c〕輪状軟骨レベル——水平レベル, 〔a〕甲状軟骨翼前方1/3, 〔b〕甲状軟骨翼1/2, 〔c〕甲状軟骨翼前方2/3——垂直レベル。以上2つの水平, 垂直レベルを各々組

図2a 筋突起への牽引糸縫合部位(→), 甲状軟骨翼に投影した牽引方向(↑)。

図2b 牽引方向を示す。摩擦力による影響を少なくする為アンギオカッターの外套を甲状軟骨へ埋めこんだ(▶)。

図3a 牽引前、声帯は外転位にある。(甲状軟骨翼前方1/3、声帯レベルの牽引) 声帯正中位(↓)。

図4 甲状軟骨翼前方1/3、中間レベルの牽引では、声帯の bowing, 筋突起の変位もなく、良好な声帯突起の正中移動とともに、確実な声門閉鎖が得られている。(→)

図3b 牽引状態を示す。声帯膜様部の弓状変化 (bowing) (↑), 筋突起の前方への変位が認められる(↑)。声門閉鎖不全が残存している(◀)。

図5 甲状軟骨翼前方1/3、輪状軟骨レベルの牽引では、声帯突起の下方変位 (depression), (✓) 仮声帯の突出 (✓), 筋突起の前方変位 (↑) が認められる。

合せた牽引方向とした。摘出喉頭の輪状軟骨を輪状軟骨支持器にて固定し、上記の方向へ牽引することにより、声帯ならびに声門部にどのような変化が生じるかを観察した(図2b)。

B) 牽引力について。牽引力は、10gより開始し10g単位で漸次増加させた。

『結果1』甲状軟骨翼前方1/3、声帯レベルでの牽引においては、声帯は、外側上方より内側下方へむかって直線状の運動を示した。声帯膜様部の bowing が著明で、筋突起の前方への変位、声帯膜様部の短縮も認められたが、声帯突起の正中移動とともに、左右声帯レベル差の是正も得られた(図3a, b)。甲状軟骨翼前方1/3、中間レベルでの牽引では、声帯は、ゆるやかな弧状運動により、外側から内方へむかっ

て移動した。声帯膜様部の短縮、声帯突起の正中移動による、左右声帯レベル差の是正は勿論得られたが、声帯膜様部の bowing, 筋突起の前方への変位は生じなかった(図4)。甲状軟骨翼前方1/3、輪状軟骨レベルの牽引では、声帯は、弧状運動により、外方より、正中位へと、移動した。声帯突起の正中移動による、左右声帯レベル差の是正、声帯膜様部の短縮、声帯膜様部の bowing, 筋突起の前方への変位も認められた(図5)。甲状軟骨翼前方1/2、声帯レベルでの牽引では、甲状軟骨翼前方1/3、声帯レベルの牽引と同様な結果であった。甲状軟骨翼前方1/2、声帯レベルの牽引は甲状軟骨翼前方1/3、声帯レベルの牽引に比較して、

表1 筋突起の牽引方向の違いによる声帯位置、声帯形態の変化について。
甲狀軟骨翼前方 1 / 3, 1 / 2, とも中間レベルの牽引が声帯膜様部、筋突起の変位に与える影響は少ない。

作 用		声帯膜様部	声帯膜様部	声帯突起	左右声帯・	筋突起
牽引位置		短 縮	bowing	正中移動	レベル差の	変 位
翼甲 前狀 方軟 骨	声帯レベル	+	++	+	+	+
	中 間	+	(-)	+	+	(-)
	輪 狀 軟 骨	+	+	+	+	+
翼甲 前狀 方軟 骨	声帯レベル	+	++	+	+	+
	中 間	+	(±)	+	+	(±)
	輪 狀 軟 骨	+	+	+	+	+

わずかな、声帯の **bowing** と筋突起の変位がみとめられた。甲狀軟骨翼前方 1 / 2, 輪狀軟骨レベルの牽引では、甲狀軟骨翼前方 1 / 3, 輪狀軟骨レベルの牽引とはほぼ同様であった。声帯膜様部の短縮、声帯膜様部 **bowing**, 声帯突起正中移動、左右声帯レベル差は正効果、筋突起の変位について、それぞれ、－（移動、変位なし）、＋（移動、変位有り）、±（その中間）として検討してみると、牽引方向として、甲狀軟骨翼 1 / 3, 1 / 2, の位置とも声帯レベルと輪狀軟骨の中間の部位が適していることが判明した（表1）。

『小括1』

1〕甲狀軟骨翼前方 1 / 3, 1 / 2, 声帯レベルでの牽引では、声帯膜様部の **bowing** が著しく、声門閉鎖不全が改善されない。

2〕甲狀軟骨翼 1 / 3, 1 / 2, 輪狀軟骨方向への牽引では、声帯突起の下方変位（**downward displacement**）が著しい。

3〕甲狀軟骨翼 1 / 3, 1 / 2, 中間レベルの牽引では、筋突起の変位、声帯膜様部の **bowing** もすくなく、声門閉鎖不全の改善度は良好であった。

本実験により、披裂軟骨内転術における牽引方向は、甲狀軟骨翼前方 1 / 3, 1 / 2, 中間レベルが最も適していると考えられたので、ついでヒト摘出喉頭 3 ヶを使用して、同方向における牽引力を変化させ、声帯突起の正中移動距

離、および、垂直移動距離を検索した。

実験2：牽引力変化による声帯移動距離の測定について

33歳女性、28歳男性、38歳女性の摘出喉頭を使用した。いずれの声帯にも、なんら器質的病変は認められなかった。摘出喉頭は、輪狀軟骨支持器に固定した。牽引糸は、披裂軟骨筋突起を関節包を充分に開放して露出、後輪狀披裂靱帯を切除し、実験1と同様の筋突起の位置にナイロン4－0糸を使用して縫合固定した。牽引方向は、実験1の結果を踏まえて、甲狀軟骨翼 1 / 3, 中間レベル（以後これを、Aの牽引と称する）、甲狀軟骨翼 1 / 2, 中間レベル（これを、Bの牽引と称する）とした。牽引力は、10g より開始し、10g 単位で牽引力を増加させた。計測は、実験1と同様に顕微鏡下にて、マイクロマニピレーターを微動させ、正確を期した。計測点は、ピオクタニンであらかじめマークした。計測は各々3回ずつ行い、平均値を求めた。

『結果2』

A) 33歳女性摘出喉頭――声帯長は、9.415mm, 外転位より正中まで1.70mm, の測定値であった。Aの牽引では、70g で声帯長は9.00mmとなり、0.415mm の声帯の短縮をみた。70g の牽引では、声帯の短縮とともに披裂軟骨の前内方への転移がみとめられた。Bの牽引では、70g で声帯長は8.85mmとなり0.56mmの声帯の短縮が

声帯の短縮効果
33 y. o

図 6 a 声帯の短縮効果. 甲状軟骨翼前方 1/3, 中間レベル牽引(A)は甲状軟骨翼前方 1/2, 中間レベルの牽引(B)に較べて声帯の短縮度は小さい.

認められた. いずれも後筋力 0 (Pca 0g) g の条件で実験をおこなった. 声帯の正中移動は直線的でなく回旋をとまう弧状運動であった. 同時に, 声帯突起を指標として, 声帯の正中移動効果と声帯の上下レベル差は正効果を測定した. 声帯の外転位置より正中位置までの水平距離は, 1.15mm で A の牽引では, 正中位置に達するのに 40 g, B の牽引ではおよそ 55 g の牽引力を必要とした. 70 g の牽引では A において 0.55 mm, B において 0.35 mm の正中位置よりの過内転となった. 声帯の外転位置より正中位置までの垂直距離は 1.05 mm で A の牽引では, 40 g, B の牽引では 50 g で左右声帯レベルの差が解消できた. いずれも Pca 0 g の条件で実験をおこなった (図 6 a, b).

B) 28 歳男性摘出喉頭——声帯長は 11.60 mm, 外転位より正中まで 1.45 mm であった. A の牽引では 70 g で声帯長は 10.76 mm となり 0.84 mm の声帯の短縮が認められた. B での牽引も A とほぼ同様に 0.86 mm の短縮がみられた. 声帯の短縮は牽引力を増すごとにほぼ直線状に短縮し

声帯の正中移動効果と声帯の上下レベル差は正効果.
33 y. o

図 6 b X 軸に正中移動距離を, Z 軸に左右声帯レベルの是正距離を, Y 軸に牽引力を示す. 甲状軟骨翼前方 1/3, 中間レベルの牽引(A)では, 声帯の正中までの移動に 35g, 左右声帯レベル差の是正におよそ 40g を要している.

ていった. 外転位置より正中までの水平移動距離は, A の牽引力 50 g で 1.50 mm となり声帯の正中固定をみた. B の牽引では正中までの移動におよそ 70 g の力を要した. 外転位置より正中までの水平距離は 1.15 mm であり, A の牽引では, 45 g で B の牽引では 65 g の力で左右声帯レベル差の違いはなくなった (図 7 a, b).

C) 38 歳女性摘出喉頭——声帯長は 8.750 mm, 外転位置より正中までの水平距離は 1.15 mm であった. A の牽引では 70 g で声帯長は 7.97 mm となり 0.78 mm の短縮をみた. B の牽引では 0.91 mm の短縮であった. 声帯の短縮は 50 g の牽引までは直線的であったが 50 g をこえるとかなだかな曲線状となった. 声帯の正中移動には A の牽引では 55 g, B の牽引では 57 g を要した. 声帯の外転位置より正中までの垂直距離は 0.90 mm で A の牽引では 45 g で B の牽引では 55 g で左右声帯レベル差の是正が得られた (図 8 a, b).

『小括 2』

1) 声帯の正中移動距離は 1.40 ~ 2.40 mm, 上下レベル差の是正距離は 1.12 ~ 2.10 mm であ

図 7a 声帯の短縮効果を示す。本症例では甲状軟骨翼前方 1/3, 1/2, 中間レベル両者の間に差は認められない。

図 8a 声帯の短縮効果。甲状軟骨翼前方 1/3, 中間レベルの牽引(A)では甲状軟骨翼前方 1/2 の牽引より声帯の短縮度は少ない。

図 7b 甲状軟骨翼前方 1/3, 中間レベルの牽引(A)では, 声帯の正中固定に 45g, 左右声帯のレベル差は正に 45g 要した。

図 8b 甲状軟骨翼前方 1/3, 中間レベルの牽引(A)では, 声帯の正中固定に 55g, 左右声帯レベル差の是正に 45g を要している。

た。2) 正中移動に要する traction weight (牽引力) は, 40~70 g (Pca 0g), 上下レベル差は正に要する traction weight は, 40~65 g (Pca 0g) であった。3) 声帯の短縮は

0.42~0.91mm 認められた。4) 甲状軟骨翼 1/3 前方牽引は, 甲状軟骨翼 1/2 前方牽引に較べて少ない traction weight で声帯の正中移動, 上下レベル差の是正がおこなえた。

考 按

披裂軟骨は、三角錐状の軟骨でその底部で輪状軟骨と関節を形成している。その底部は橢円形の窪みでこれは橢円窩とよばれている。輪状軟骨の関節面はほぼ円柱状で、その関節面の面積は披裂軟骨の関節面より大きく、この上に、橢円状の関節面をもつ披裂軟骨が位置している。輪状披裂関節は声帯運動に関して最も重要な関節である。この関節の運動は、関節面長軸（内後上より外前下へ向かう）のまわりの回転運動（rocking motion）と、長軸に沿う滑り運動（sliding）に区別されることが諸家の研究により明らかにされてきた^{25)~28)}。更に、輪状軟骨後部と披裂軟骨内側後縁と後上部との間には輪状披裂靱帯があり、この靱帯によって声帯の過度の外転が防止され、この靱帯が輪状披裂関節運動の支点になると考えられている。披裂軟骨が内転する時には、声帯突起は内方へ下降するように回転して声門閉鎖がおこる。外転時には、声帯突起が外側上方にむかって回転するようにして声門が開く。このように、声帯の開閉運動は2次元的でなく、垂直成分を有する3次元的で、非常に繊細かつ微妙である。従来、片側反回神経麻痺で声帯が固定している症例に対して、このように複雑な運動性を有する披裂軟骨の位置移動を考慮にいたした手術方法は、Morrison¹⁹⁾の「逆キング氏手術」とMontgomery¹⁷⁾¹⁸⁾の輪状披裂関節固定術（cricothyroid arthrodesis）が報告されている。Montgomeryの関節固定術は、気管切開術後、挿管全麻とし、頸部横切開、さらに喉頭截開術に準じて喉頭内腔に到達し、声帯直下で声帯粘膜を切開し、輪状披裂関節をはずし披裂軟骨を正中方向に回転させ、筋突起の直上より輪状軟骨にわたって釘をうちこみ固定する方法である。本法では、全身麻酔という患者への負担、喉頭截開術による声帯前交連、声帯粘膜への直接的侵襲による音声障害の懸念がある。また、釘という異物を使用する危険性、その効果の持続性に疑問がある。Morrisonの手術法でも、全身麻

酔下で手術をおこなう。輪状披裂関節に達し、披裂軟骨を輪状軟骨より外し、輪状軟骨の後方中央後縁を一部切除して、その上に披裂軟骨を正中移動させ、固定する方法であるが、手術手技も繁雑で手術侵襲も大きく、披裂軟骨の固定も容易ではないと想像されるし、全身麻酔下で手術が行なわれるため、術中の音声による手術手技の微妙な調節が不可能で、音声改善効果にも疑問がある。一方、一色の披裂軟骨内転術²¹⁾²²⁾は、局所麻酔下に頸部横切開（5 cm）にて甲状軟骨翼に到達し、甲状軟骨翼外側縁より輪状甲状関節を外した後、後筋、反回神経内転枝、側筋を明視下においた状態で披裂軟骨筋突起に達する方法である。しかも、喉頭内腔、声帯粘膜にはなんら手術的操作を加えることなく、披裂軟骨筋突起に縫合した糸を牽引することによって披裂軟骨の生理的内転運動をシュミレーションし、声帯を正中位に固定する方法である。実際の手術に際しては、主として側筋、一部外側甲状披裂筋の筋収縮を模倣して、披裂軟骨筋突起を牽引しつつ、音声の改善度を聴覚心理的に判定、最近では、さらにファイバースコープを利用し、声帯の内転度を術中観察しつつ手術を行なっている²³⁾。本法は、局所麻酔下での手術が原則でありそのため患者への負担もすくなく、安全で比較的簡単なアプローチで手術を行うことができる。また、MontgomeryやMorrisonの方法と比較しても、喉頭内腔や声帯粘膜などへの直接的な手術侵襲はなく、従って術後の音声悪化の危険性は皆無である。しかも、手術中に音声を聞きながらの牽引力の調節、喉頭ファイバースコープをもちいて披裂軟骨の内転度、すなわち声帯の位置を調節できる利点がある。特に、片側反回神経麻痺で甲状軟骨形成術や声帯シリコン注入術で対処できない大声門間隙を有する症例や左右声帯にレベル差のある症例にたいする音声外科的治療法として、信頼に価するといっても過言ではなく、事実、我が国では臨床的にひろく用いられその追試もなされている^{29)~31)}。頭頸部領域の臨床解

剖を熟知している耳鼻科医や音声外科医ならだれでも安全に行なえる手術である。ところが、臨床応用されている手術法でありながら、披裂軟骨筋突起の牽引方向によって声帯がどのような移動するのか、あるいは、どの方向に向かって筋突起を牽引したほうが、よりよい声帯の正中方向への移動とともに、左右声帯の高さのレベル差の是正がおこなわれるのか、また、牽引力の増大、あるいは牽引の方向によって披裂軟骨の変位や声帯の短縮などは、生じる恐れはないのかなど、臨床的に詳細な検討はいまだなされていない。今回の実験は、以上の疑問点の解明とともに、実際の手術操作において筋突起の牽引方向は甲状軟骨のどの位置に相当するのかという手術の**key point**を明らかにすることである。まず、最初の実験にて、ヒト摘出喉頭3ケを用いて披裂軟骨筋突起の側筋付着部位に縫合固定したナイロン糸の牽引方向を様々に変化させ、声帯の正中移動効果、両側声帯のレベル差の是正効果、声帯膜様部の変化、また、披裂軟骨筋突起の前方への変位について検討を行った。牽引糸の筋突起への縫合部位は一色の原法で内転を強調する位置とした。これは、正常生体でも側筋が筋突起に付着する部位であること、最大の披裂軟骨の内転効果を得るために理にかなった部位であることがその理由である。声帯の正中移動程度の判定は、声帯突起の正中線への移動距離を実測し行った。甲状軟骨翼後方 1/3 は、一部輪状軟骨と重なるため同方向への牽引が困難である。従って、臨床的に牽引、固定ができる範囲は、上下は声帯レベルと甲状軟骨下縁、左右は、甲状軟骨正中より甲状軟骨翼前方 2/3 までとなる。側輪状披裂筋は、輪状軟骨外側より、外側甲状披裂筋は甲状軟骨内面より生ずる。側筋方向への牽引（輪状軟骨レベル、甲状軟骨翼前方 1/2, 1/3）では、声帯の正中移動、左右声帯レベル差の是正効果には問題はないが、声帯膜様部の短縮による声帯の **bowing**, 筋突起の前方への変位が大であり、声帯レベルへの牽引でも同様の結果で

あった。すなわち、牽引方向によっては、声帯突起の正中固定は充分でも本手術の目的とする声門閉鎖不全の改善がおこなえない場合が生じる危険性がある。とくに、実際の手術において、不用意な手術操作による筋突起周辺組織の損傷や、長時間の手術により、声帯粘膜の発赤、腫脹により声帯の容積が増加しているときは、声帯突起の正中固定が得られても、術後炎症が消退した時点で声帯膜様部の **bowing** などが顕著となり、音声の改善が得られない可能性がある。従って、声帯の短縮効果が少なく、筋突起の変位が最小限におさえられ、確実な手術効果の得られる牽引方向の設定は、実際の手術においても利用価値が高いものとする。この意味で、喉頭枠組手術における VTR-ファイバースコープを利用した術中声帯位置を把握するためのモニタリングシステムは必要不可欠である。実験 1 では、披裂軟骨突起の牽引方向としては甲状軟骨翼前方 1/2, 1/3, いずれも声帯レベルと輪状軟骨レベルの中間で、良好な声帯の正中移動とともに声帯膜様部の形態保持がえられた。さて、外側輪状披裂筋は、声帯内転筋であり声帯全体を内転させると同時に下降させる働きがある。声帯の厚さをやや薄くし、長さに関しては、やや伸長することがわかっている。しかし、声帯の物性に対する働きは、声帯筋、前筋ほど強くはない²¹⁾。摘出喉頭を用いて披裂軟骨筋突起に牽引糸を縫合し、披裂軟骨の運動を筋突起に縫合した糸の牽引によりシュミレーションすることは、物理的に声門閉鎖不全の改善を得るためであり、声帯自身の物性に対する影響は殆ど考慮されていないということである。すなわち、実際の手術においては、物理的に確実に声門のギャップを改善しなければいけないということである。披裂軟骨筋突起運動のシュミレーション実験として、1977年、**Baken, Isshiki**³²⁾は筋突起に糸をかけ、前筋、後筋の筋力を変化させ、各々条件下で筋突起を側筋方向に牽引することで披裂軟骨筋突起の変位、声帯突起の変位を検討し、声帯が内転する

ときは、必ず下方変位をとまなうこと、声帯突起の正中移動は直線的であること、また後筋が完全に麻痺した状態（後筋力 0g, Pca 0g）では、声帯の正中線への内転に必要な側筋力は30～40gであることを示した。実験2では、牽引力を変化させることにより定量的にその正中移動距離（水平方向）、尾側への移動距離（垂直方向）、更に、どの程度の牽引力により確実な手術効果を得ることが出来るのか検討した。実験は摘出喉頭3ヶを使用した。後筋力0g、前筋力0gの実験条件下でおこなった。甲状軟骨翼前方1/2、1/3、声帯と輪状軟骨の中間レベルにおける牽引では、40～70gの牽引力で声帯の正中線への移動が認められた。この値は、**Baken** の側筋方向への牽引力とはほぼ一致する。左右声帯のレベル差を是正するには、40～65gの牽引力を要した。声帯の正中移動距離は、平均1.90mm、声帯突起の外転位より正中線までの下降距離、すなわち声帯レベル差の是正距離は平均1.66mmでありこれも、**Baken, Isshiki**³²⁾²²⁾の実験結果とはほぼ一致しており大きな違いはみられなかった。甲状軟骨前方1/3の牽引がより少ない牽引力で声帯の正中移動、上下レベル差の是正が得られた。しかし、これ以上牽引力を増すと声帯の過内転とともに、声帯突起の下方変位が著しくなり、手術の目的は達成できない。また、後輪状披裂靱帯を切断し、輪状披裂関節を開くので牽引力を増すに従って筋突起の変位とともに、声帯膜様部の短縮が生じてくる。すなわち、牽引方向が正しくても、過度の牽引力で披裂軟骨筋突起の牽引をおこなえば、声帯が過内転となりそのための嗄声が生じる可能性が高い。実験2より、声帯の正中線までの内転、および左右声帯のレベル差の是正は、わずか40～70gの牽引力で行えることが分かった。これは、摘出喉頭を使用した実験であり、生体の筋トヌスが考慮されていない欠点があるが、わずかな牽引力のため、実際の披裂軟骨内転術においても、術後の後戻り現象はおこりえず、従って、持続的な手術効果が得られるもの

と考える。更に、最近では輪状披裂関節の早期の固着を促すため手術時にフィブリン糊を用いることも報告されており¹⁾、より確実に輪状披裂関節の固着が行えるようになってきた。以上の結果を踏まえると、実際の披裂軟骨内転術においては、筋突起に縫合固定する牽引糸は内転を強調する一色のBの位置、すなわち、側筋の筋突起への付着部がより効果的で、その牽引の方向は甲状軟骨翼前方1/3、声帯レベルと輪状軟骨レベルの中間がわずかな牽引力（40～60g）で良好な声帯の正中線への固定とともに左右声帯レベル差の是正を行うことができ、筋突起の変位および声帯の短縮も少ないことがわかった。しかし、一色は、2本の牽引糸を実際の手術では使用しており¹¹⁾²²⁾、安全で確実な手術効果を得るためには、甲状軟骨翼前方1/2、声帯レベルと輪状軟骨レベルの中間の牽引を併用したほうが良いと考える。今後、一側性反回神経麻痺で声帯萎縮が高度な場合にも、本実験の結果が当てはまるのか、もしくは甲状軟骨I型や甲状輪状間接近術（甲状軟骨形成術IV型）の併用が必要なのかについて検討が応要であろう。

結 語

ヒト摘出喉頭を用いて披裂軟骨内転術において披裂軟骨突起に縫合固定した牽引糸の牽引方向、牽引力、更に、牽引によって生じる声帯位置の変位について実験的研究を行い以下の結果を得た。

1) 甲状軟骨翼前方1/3、1/2、声帯レベルでの牽引は、声帯膜様部の弓状変化（**bowing**）が著しく、声門閉鎖不全が改善されない。

2) 甲状軟骨翼前方1/3、1/2、輪状軟骨レベルの牽引は、声帯突起の下方変位（**downward displacement**）が著しい。

3) 甲状軟骨翼前方1/3、1/2、声帯—輪状軟骨の中間レベルの牽引は、筋突起の変位、声帯膜様部の **bowing** も少なく、良好な声門閉鎖を得ることができた。

4) 甲状軟骨翼前方1/3、1/2、声帯—輪状

軟骨の中間レベルの牽引において、声帯の正中線までの移動に要する牽引力は40~70 g (Pca 0g), 正中線までの移動距離は1.40~2.40mmであった。

5) 甲状軟骨前方1/3, 1/2, 声帯一輪状軟骨中間レベルの牽引において、左右声帯レベル差は正に要する牽引力は40~65 g (Pca 0g)であり、上下レベル差は正距離は1.12~2.10mmであった。

6) 牽引による声帯の短縮は0.42~0.91mm認められた。

7) 甲状軟骨翼前方1/3, 声帯一輪状軟骨の中間レベルの牽引は、前方1/2同レベルの牽引に較べてより少ない牽引力で声帯の正中線への移動、上下レベル差の是正が行えた。

8) 臨床的に披裂軟骨内転術を施行する際、筋突起に縫合固定した牽引糸の牽引方向は声帯一輪状軟骨の中間レベルで、甲状軟骨前方1/3, ならびに1/2の2方向へ行行ったほうが安全、確実な手術効果を得ることができると考えられた。

稿を終えるにあたり、終始懇切なる御助言、さらに御校閲を賜りました恩師、広島大学医学部耳鼻咽喉科、原田康夫教授に深甚な謝意を表します。また本研究に際して直接御指導、御校閲、更に臨床的な手術手技についても御教授戴きました京都大学医学部形成外科学教室、一色信彦教授に心より感謝の意を捧げます。

本論文の要旨の一部は第36回気管食道科学会(昭和59年)にて発表した。

文 献

- 1) 佐藤文彦: 反回神経麻痺に対する音声外科的治療. 音声外科における最近の進歩. 159~181頁, 医学教育出版社, 1984.
- 2) Rubin HJ: Intracordal injection of silicone in selected dysphonia. Arch Otolaryng 81: 604~607, 1965.
- 3) 福田宏之: 注入用 Silicone による Vocal Rehabilitation. 日耳鼻 73: 1506~1526, 1970.
- 4) 岩村 忍, 他: 片側反回神経麻痺に対するシリコン注入療法—基礎と臨床—. 日気食会報 35(1): 17~27, 1984.
- 5) Lewy RB: Teflon injection of the vocal cord: complications, errors, and precautions. Ann Otol Rhinol Laryngol 92: 473~474, 1983.
- 6) 牛島達次郎, 他: 声帯内シリコン注入症例に対する再手術の検討. 音声言語医学 24(1): 92~93, 1983.
- 7) Hurst WB: Percutaneous injection of a vocal cord with Teflon. J Laryngol Otol 86: 633~635, 1972.
- 8) 進 武幹, 他: 反回神経麻痺に対する経皮的声帯内注入療法. 日気食会報 36(5): 450~454, 1985.
- 9) Isshiki N, et al: Thyroplasty as a new phonosurgical technique. Acta Otolaryngol 78: 451~457, 1974.
- 10) Isshiki N, et al: Thyroplasty Type I (lateral compression for dysphonia due to vocal cord paralysis or atrophy). Acta Otolaryngol 80: 465~473, 1975.
- 11) Isshiki N, et al: Arytenoid adduction for unilateral vocal cord paralysis. Arch Otolaryngol 104: 555~558, 1978.
- 12) Payr: Plastic am Schildknorpel zum Behebung der Folgen einseitiger Stimmbandlahmung. Deutch Med Wsch 43: 1265~1270, 1915.
- 13) Opheim O: Unilateral paralysis of the vocal cord. Operative treatment. Acta Otolaryngol 45: 226~230, 1955.
- 14) Sawashima M, et al: Surgery for hoarseness due to unilateral vocal cord paralysis. Arch Otolaryng 87: 289~294, 1968.
- 15) Kamer FM and Som ML: Correction of the traumatically abducted vocal cord. Arch Otolaryng 95: 6~9, 1972.
- 16) Isshiki N and Ishikawa T: Diagnostic value of tomography in unilateral vocal cord paralysis. Laryngoscope 86: 1573~1578, 1976.
- 17) Montgomery WW: Cricothyroid arthrodesis. Ann Otol Rhinol Laryngol 75: 380~

- 391, 1966.
- 18) Montgomery WW : Surgery of the Upper Respiratory System. Vol. 2 Lea & Febiger pp 452~466, Philadelphia, 1973.
 - 19) Morrison LF : The "reversed King Operation". Ann Otol Rhinol Laryngol 57 : 945~956, 1948.
 - 20) Mündlich K : Eine einfache und verlässliche Methode zur Spannung und Verlagerung des Stimmbandes medianwärts bei Dys- und Aphonie mit phonatorische Dyspnoe. Arch Klin exp Ohr-, Nas- u, Kehlk, Heilk 196~324, 1970.
 - 21) 平野 実 : 音声外科の基礎と臨床. 耳鼻 21 : 239~440, 1975.
 - 22) 一色信彦 : 喉頭機能外科. とくに経皮的アプローチ. 京都大学医学部耳鼻科同窓会, 1977.
 - 23) 平良達三, 一色信彦, 大川正直 : 喉頭枠組手術の最近の動向—内視鏡によるモニターシステムについて—. 耳鼻 30 : 700~702, 1984.
 - 24) Isshiki N : Recent advance in phonosurgery. Folia phoniatic 32 : 119~154, 1980.
 - 25) Sonneson B : Die funktionelle Anatomie des Cricoarythenoidal gelenkes. Z Anat Entwicklungsgesch 121 : 292~303, 1959.
 - 26) von Leden H and Moore P : The mechanism of the cricoarythenoid joint. Arch Otolaryng 73 : 541~550, 1961.
 - 27) Frable MA : Computation of motion at the cricoarythenoid joint. Arch Otolaryng 73 : 551~556, 1961.
 - 28) 平本道昭 : 喉頭機能外科の解剖学的基礎に関する研究. 耳鼻臨床 70 : 177~197, 1977.
 - 29) 田中信三, 他 : 披裂軟骨内転術の成績. 耳鼻臨床 74 : 2241~2248, 1981.
 - 30) 丘村 熙 : 片側反回神経麻痺の音声外科. 音声言語医学 21 : 179~183, 1980.
 - 31) 四倉淑枝, 他 : 一側反回神経麻痺に対する音声外科の検討. 日気食会報 36(3) : 299~307, 1985.
 - 32) Baken RJ and Isshiki N : Arytenoid displacement by simulated intrinsic muscle contraction. Folia phoniatic 29 : 206~216, 1977.

(原稿到着 : 昭和61年1月6日 急載
別刷請求先 : 平良達三
〒734 広島市南区霞1-2-3
広島大学医学部耳鼻咽喉科学教室)