Computed Radiography を用いた喉頭断層撮影法による 麻痺声帯の萎縮と声帯間レベル差の定量的評価

門 田 吉 見・湯 本 英 二

Quantification of Atrophy of The Paralyzed Vocal Fold and Superior-Inferior Distance Between The Bilateral Vocal Folds with The Aid of Computed Radiographic Laryngeal Tomography

Yoshimi Kadota and Eiji Yumoto

The authors attempted to obtain quantitative indices of atrophy of the paralyzed vocal fold and level difference between the bilateral vocal folds using a computed radiography system. The former was assessed as the ratio of frontal sectional area of the paralyzed vocal fold to that of the other side and was named thickness ratio. The latter was defined as the distance between the upper surfaces of the bilateral vocal folds. X-ray digital images of the frontal sections of the larynx were obtained during utterance of the sustained vowel /u/ from 41 patients with unilateral recurrent laryngeal nerve paralysis. These images were analyzed using a medical image processor (Toshiba, GMS-500U). Because of the highly significant inter-and intra-comparative reliability of thickness ratio and level difference, these indices were reliable for quantitative assessment. In 13 cases who underwent phonosurgical treatment, mean flow rate and AC/DC ratio, effective value of AC component of expiratory air flow (AC) divided by mean flow rate (DC), were improved postoperatively accompanied by the improvements of thickness ratio and level difference. These results suggested that thickness ratio and level difference can be useful as indices for the quantitative assessment of the effectiveness of treatment of paralyzed vocal fold.

Key words : 喉頭断層撮影, 片側声帯麻痺, 声帯萎縮, 声帯間レベル差, 定量的評価

I. 緒 言

片側反回神経麻痺による嚥声に対する外科的治療としてアテロコラーゲン^{1, 2)} やシリコン³⁾ などの声帯内注入療法, 甲状軟骨形成術 I 型⁴⁾ や披裂軟骨内転術⁵⁾ が行われている。これらの治療法の選択基準として, 麻痺側声帯の固定位置, 萎縮の程度および健側声帯との高低の差すなわちレベル差があげられる^{6, 7)}。麻痺側声帯の固定位置に関しては, 間接喉頭鏡やファイバースコープなどを用いた観察で十分な情報が得られる。一方, 萎縮の程度や声帯のレベル差の評価には, 喉頭の前額断面の観察が可能な喉頭断層撮影が有用な手段である。しかしながら, 従来の喉頭断層撮影法では, その画質の面から萎縮の程度および声帯間のレベル差に関する評価はあくまで主観的なものであった^{8, 9)}。

Computed Radiography (CR) では画像情報がデジタル化されており, 軟部組織陰影の強調など種々の画像処理や計測処理が簡単に行える^{10, 11)}。そこで著者らは片側声

帯麻痺症例を対象として, 喉頭断層撮影に CR を用いて麻痺側声帯の萎縮の程度と両側声帯間のレベル差の定量的評価法を考案し, その有用性について検討した。

II. 喉頭断層像の撮影方法および測定方法

1. 喉頭断層像の撮影方法

喉頭断層の撮影は被験者を仰臥位にして頸部を伸展させ, 安静吸気時と無関位「ウー」発声時の 2 条件下で行った。撮影には日立社製直線断層撮影装置 DHF-153HR を使用した。撮影時の管電圧は 75 kV, 管電流を 50 mA, 断層角度 (振り角) は 50°, X 線管焦点から断層面間距離は 1300 mm とした。また一回の照射時間は 0.7 秒とした。得られた画像データは画像ファイル装置 (東芝製, TDF-500B) を用いてデジタル変換した。画像解析は画像処理装置 (東芝製, GMS-550U) を用いて行った。

2. 萎縮の程度とレベル差の測定方法

測定には「ウー」発声時の断層画像データを使用した。

図1 厚み比およびレベル差の定義

- (A) 厚み比：前額断面における健側に対する麻痺側声帯の断面積比。なお声帯下面の外側縁は声門下腔の形態から、上縁は喉頭室の外側縁までとした。
- (B) レベル差：両側声帯遊離縁の上縁に引いた2本の水平線間の距離（矢印間の距離）。

表1 対象症例の声帯麻痺の原因

術後性（甲状腺，大動脈瘤，肺，頸部）	19例
大動脈瘤	3
腫瘍性（甲状腺，肺，食道，頸部）	7
特発性	3
不明	3
その他（膿胸，喉頭結核，球麻痺，挿管性，外傷性）	6
計	41例

声帯の萎縮の程度の指標として、前額断面における左右の声帯の断面積比を用いた。画像処理装置の画面上で声帯の辺縁をカーソルでトレースし、その面積を求めた。なお声帯下面の外側縁は声門下腔の形態から、上縁は喉頭室の外側縁までとした。両側声帯の断面積を計測し、健側に対する患側の断面積比を求め、声帯の萎縮の程度の指標、厚み比とした。両側声帯間のレベル差は声帯遊離縁の上縁に引いた2本の水平線間の距離とし、画面上の拡大された距離のまま記載した（図－1）。測定部位は、男性例では頸部皮膚面から背側に向かって1.0～1.5cmの部位と、それより1.0cm背側よりの2カ所とし、女性例では頸部皮膚面より背側へ向かって1.0～1.5cmの部位とした。

Ⅲ. 対 象

対象は当科外科を受診し、CRによる喉頭断層撮影を施行した片側反回神経麻痺症例とした。症例の内訳を表1に示す。男性が29例、女性が12例の合計41例、年齢は21～81歳で平均53.8歳であった。

Ⅳ. 測定方法に関する基礎的検討

41例のうち、画質が不良で強調処理などの画像処理を行っても声帯辺縁部が不鮮明で測定が困難であったものが3例、

喉頭室が不鮮明で測定が困難であったものが5例あった。以下の検討は測定が可能であった33例について行った。さらに、33例のうち13例では外科的治療施行後も測定を行った。なお、測定可能であった男性症例のうち治療前の1例と治療後の2例で後方部での測定が困難であった。従って、測定箇所は治療前は男性23例45カ所、女性10例10カ所、延べ55カ所、治療後は男性7例12カ所、女性6例6カ所、延べ18カ所であった。

1. 測定方法の再現性

治療前の延べ55カ所の同一検者における測定結果の再現性について検討した。その結果、同一検者の2回の測定結果における相関係数は、厚み比では0.949、レベル差では0.963と、いずれも統計的に有意であった（ $P<0.001$ ）（図－2）。次いで、治療前の男性5例10カ所、女性4例4カ所の延べ14カ所における測定を異なる検者が行い、両者の測定値について検討した。その結果、厚み比およびレベル差の相関係数は各々0.871、0.962といずれも統計的に有意であった（ $P<0.001$ ）（図－3）。以上の結果より、本測定方法の再現性は良好であるといえる。

なお、前方部および後方部の二カ所で厚み比およびレベル差の測定が可能であった男性22例のなかで、前方のレベル差が後方よりも大きくなった（前方高位現象と呼称する）症例が10例認められた。本来、声帯は外転すれば声帯後方が前方よりも高位となる^{12, 13)}。従って、発声時に声帯前方が後方よりも高位となるのは、発声時の声門下圧の上昇による受動的な動きと考えられる。このことから、以下の検討においては男性例の声帯間レベル差は後方部での測定結果を用いた。

2. 頭位のずれが測定値に及ぼす影響

本測定方法では、X線照射軸に対する喉頭の前後方向軸のずれにより厚み比およびレベル差の測定値に誤差を生じる可能性が考えらる。そこで喉頭の前後方向の軸を頭部の前後軸で代用し、頭部の前後軸のずれが厚み比およびレベル差の測定値に及ぼす影響について検討した。対象は喉頭疾患のないことを確認した成人男性4名とした。年齢は25～34歳、平均31歳であった。喉頭断層撮影は前述と同様の方法で行った。撮影条件は頭部の前後軸がX線の照射軸と平行およびX線の照射軸より右側に5°傾いた状態の2条件とした。X線の照射軸に対する角度は測定補助器具を用いて計測した。なお頭部の前後軸がX線の照射軸に対する角度5°は、肉眼的にみて変位が明らかに判別できる角度である。代表例の喉頭断層像を図－4に示す。各条件下における厚み比およびレベル差を測定、検討した。その結果、厚み比では頭部の前後軸のずれが0°と5°の間には危険率2.5%で有意な差は認められなかったが、危険率5%では有意な差が認められた。またレベル差については0°と5°の間には危険率5%でも有意な差は認められなかった（図－5）。この結果より、頭部の前後軸のずれは厚み比の測定にある程度影響を及ぼす可能性が示唆される。しかし、実際の測定では撮影補助器具を使用するために、頭部の前

図2 厚み比およびレベル差の同一検者における再現性
(A) 厚み比：同一検者の2回の測定結果における相関係数は0.949と有意な相関が認められた ($P < 0.001$).
(B) レベル差：同一検者の2回の測定結果における相関係数は0.963と有意な相関が認められた ($P < 0.001$).

図3 厚み比およびレベル差の異なる二検者における再現性
(A) 厚み比：異なる二検者の測定結果における厚み比の相関係数は0.871と有意な相関が認められた ($P < 0.001$).
(B) レベル差：異なる二検者の測定結果におけるレベル差の相関係数は0.962と有意な相関が認められた ($P < 0.001$).

図4 頭部の前後軸の変位時のCRによる代表的喉頭断層像
(A) 軸のずれが0°の場合
(B) 軸のずれが右側へ5°の場合

図5 頭部の前後軸の変位時の厚み比およびレベル差の変化
(A) 厚み比：頭部の前後軸のずれが0°と5°の間には危険率2.5%では有意な差は認められなかったが、危険率5%では有意な差が認められた。
(B) レベル差：頭部の前後軸のずれが0°と5°の間には危険率5%でも有意な差は認められなかった。

表2 外科的治療の内容

コラーゲン声帯内注入 (2回施行例1例を含む)	2例
コラーゲン声帯内注入 → 甲状軟骨形成術Ⅰ型	1
甲状軟骨形成術Ⅰ型	3
甲状軟骨形成術Ⅰ型 + 披裂軟骨内転術	7
計	13例

後軸とX線の照射軸の間に5°以上のずれを生じることはないと考えられた。従って、頭部の前後軸のX線の照射軸に対するずれは無視できるものと考えられた。

V. 治療効果との関連

厚み比およびレベル差が測定可能であった33例のうち声帯麻痺に対する外科的治療を行ったのは、男性7例、女性6例の計13例であった。外科的治療の内容を表-2に示す。これらの13例の治療前後における厚み比およびレベル差の変化と発声機能の推移を図-6に示す。

厚み比は全例で改善し、レベル差は1例を除いた12例で改善した。また大部分の症例において、外科的治療による厚み比およびレベル差の改善に伴い、AC/DC比で表す声の能率指数が増加し平均呼気流率が減少しており、発声機能が改善していることがよくわかる。

VI. 考察

麻痺声帯の固定位置は水平および垂直方向の立体的な偏位からなるものである^{6, 7)}。従って、声帯麻痺による嗄声の治療方針の決定に際しては声帯の水平方向だけでなく前額断面における声帯の位置に関する情報も必要である。そのような情報を得るには、喉頭断層撮影^{8, 9)}あるいは喉頭造影法¹⁴⁾が有用である。前者は後者に比べて患者に与え

図6 外科的治療前後における厚み比およびレベル差と発声機能の推移

術前後における厚み比および平均呼気流量 (A), 厚み比および声のエネルギー指数 (B), レベル差および平均呼気流量 (C), レベル差および声のエネルギー指数 (D) の推移

大部分の症例において外科的治療による厚み比およびレベル差の改善に伴い、AC/DC 比で表す声のエネルギー指数が増加し平均呼気流量が減少しており、発声機能の改善がよくわかる。

る苦痛が少なく、容易に行える検査である。しかし、従来の透過X線をフィルムに焼き付ける方法では声帯辺縁を含む軟部陰影の描出が必ずしも明瞭でなく、その判定はあくまで主観的なものであった。近年、X線検査法のデジタル化が進み、1980年代にはComputed radiography (CR)が登場した¹⁰⁾。なおCRには現在使用している撮影装置の使用が可能であり、CRの導入にあたって有利な点である。CRの導入により、声帯辺縁を含む軟部陰影が明瞭に描出されるようになった。今回、著者らは声帯の萎縮の程度の指標として麻痺側声帯の健側声帯に対する断面積比(厚み比)を、両側声帯間の高低の差の指標として両側声帯遊離縁上縁に引いた二本の直線間の距離(レベル差)を考案した。

厚み比およびレベル差の同一検者および異なる二検者における再現性は、いずれも統計的に有意な相関を示した。従って、本検査法の再現性は良好であるといえる。また本検査法ではX線照射軸に対する喉頭の前後軸のずれが測定値に影響を与える可能性が考えられた。そこで喉頭の前後軸を頭部の前後軸で代用し、頭部の前後軸のずれが測定値に及ぼす影響について検討した。その結果、頭部の前後軸のX線照射軸に対する変位が5°の場合でレベル差は殆ど影響を受けないが、厚み比はある程度影響を受ける可能性が示された。しかし実際には、撮影補助器具の使用により頭部の前後軸のX線照射軸に対するずれは5°以内となり、その影響は無視しうると考えられた。以上のことより、厚み比およびレベル差は麻痺側声帯の客観的評価法として安定したものであると考えられる。ただし、CRを用いても画質不良や仮声帯の過内転により喉頭室が描出されないために測定が困難な症例がある。今回の検討でも、対象41例のうち8例で測定が困難であった。

なお、声帯の前方および後方部の両方で測定可能であった男性22例において、前方部のレベル差が後方部より大きくなる現象(前方高位現象と呼称する)が10例で認められた。熊川ら¹¹⁾は、一側反回神経麻痺症例において吸気時から発声時に移った際に麻痺側声帯が頭側へ変位する現象を、発声時の呼気流によって生じた挙上現象であると報告している。声帯は外転すれば後方が前方よりも高位とな

る^{12, 13)}。従って、今回の前方高位現象は声門下圧の上昇による声帯の受動的な動きと考えられる。このことから、声帯のレベル差の判定は声帯の後方部で行うのがよいと考えられた。

また図-6に示すように、治療前後において厚み比およびレベル差の改善に伴い、平均呼気流量およびAC/DC比で表す声のエネルギー指数が改善しているのがよくわかる。

以上のことより、厚み比およびレベル差は麻痺声帯および治療効果の客観的評価法として有用であると考えられた。

VII. ま と め

1. 麻痺声帯の萎縮の程度および両側声帯の高低の差の客観的指標として厚み比(両側声帯の断面積の比)とレベル差(両側の声帯遊離縁上縁に引いた二本の直線間距離)を考案した。
2. 厚み比およびレベル差は、麻痺声帯の萎縮と両側声帯間の高低差を客観的に評価できる指標であると考えられた。
3. 厚み比およびレベル差は片側声帯麻痺による嚥声に対する治療効果の評価法としても有用であると考えられた。

参 考 文 献

- 1) 湯本英二ほか：片側反回神経麻痺に対するアテロコラーゲン声帯内注入療法。日気食会報 39(3)：271～274, 1988。
- 2) 湯本英二ほか：片側声帯麻痺に対するアテロコラーゲン注入術の長期成績。喉頭 7(2)：111～116, 1995。
- 3) 鈴木安恒ほか：声帯麻痺および声帯萎縮に対するSilasticの応用。日気食会報 19：151～158, 1968。
- 4) Isshiki N et al：Thyroplasty type I (lateral compression) for dysphonia due to vocal cord paralysis or atrophy. Acta Otolaryngol 80：465～473, 1975。
- 5) Isshiki N et al：Arytenoid adduction for unilateral vocal cord paralysis. Arch Otolaryngol 104：555～558, 1978。
- 6) 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, (平野実編) 161~185, 医学教育出版社, 東京, 1984.
- 7) 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.
- 8) Isshiki N et al: Diagnostic value of tomography in unilateral vocal cord paralysis. Laryngoscope 86: 1573~1578, 1976.
- 9) 岩村 忍, 谷島貴志子: 片側反回神経麻痺における喉頭断層所見とその意義. 日気食会報 29(5): 279~283, 1978.
- 10) 熊川孝三ほか: Digital Radiographyの喉頭疾患診断への応用. 日気食会報 37(3): 241~247, 1986.
- 11) 熊川孝三ほか: 発声にともなう麻痺声帯の形状変化に関する画像解析—空気力学的な関与について—. 日耳鼻 93: 61~70, 1980.
- 12) 高瀬晴朗: 哺乳動物内喉頭筋及び喉頭関節の比較解剖生理学的研究. 耳鼻 10(補1): 18~49, 1964.
- 13) 北島清治: 喉頭軟骨の微細構造と喉頭筋—特に輪状軟骨及び披裂軟骨の力学的考察—. 日耳鼻 75: 1263~1273, 1972.
- 14) 大田黒延寿: 喉頭造影法による病的喉頭の形態学的ならびに音声生理学的研究. 耳鼻 11, 補冊2: 27~47, 1965.
-
- 別刷請求先 〒791-02 愛媛県温泉郡重信町大字志津川
愛媛大学医学部耳鼻咽喉科学教室
門田吉見