声帯スティフネスの測定

—ファイバースコープ下吸引法—

田中 信三・平野 実

Evaluation of Vocal Fold Stiffness with Fiberscopy

Shinzo Tanaka and Minoru Hirano

(Kurume University)

For the purpose of evaluating the stiffness of the pathological vocal folds in vivo, a fiberscopic device was developed. It consisted of a laryngeal fiberscope and a suction tube connected to the forceps channel of the fiberscope. The tube had a small hole in the side wall and the tip of the tube was closed. The forceps channel was connected to an aspirator, and the vocal fold was sucked vertically under fiberscopic observation using a video recording system. From a pair of video images before and after the vocal fold was sucked in, the suction distance was measured, and the stiffness was calculated.

A normal subject and patients with various laryngeal disorders were examined. The stiffness of the normal vocal fold was 3 to 4 g/cm. In the cases of laryngeal carcinoma, scarring after laryngeal injury and sulcus vocalis, the stiffness of the lesion was significantly greater than normal. The data suggest that the evaluation of the vocal fold stiffness with a fiberscope is useful in diagnosing the degree and extent of high stiff lesions in the vocal fold.

Key words: stiffness, glottal carcinoma, scar of vocal folds, fiberscopy and sucking method

はじめに

喉頭癌や喉頭外傷後の瘢痕では、病変部のスティフネス（硬度）が正常の粘膜より増大する。従って、声帯病変のスティフネスを測定することは、喉頭癌や瘢痕の程度と広がり診断する上で有用と考えられる。声帯スティフネスは、従来、声帯粘膜の荷重に対する粘膜の移動距離^{1)~3)}やダンピング率⁴⁾⁵⁾により実験的に測定されてきたが、声帯病変を in vivo に測定する事は技術的に困難であった。一色は摘出喉頭

の声帯粘膜を一定の圧で吸引し、粘膜移動性が大きいほど吸引距離が長いことを示した⁶⁾。この実験結果から、声帯病変を吸引することでスティフネスが評価できると考え、ファイバースコープと吸引チップを用いて外来診察時に施行できる声帯スティフネスの測定法を開発した。本論文では吸引によるスティフネスの測定方法を具体的に論述し、ファイバースコープ下吸引法による声帯スティフネスの測定結果を種々の喉頭病変について報告する。

測定方法

図1に測定に用いた装置を示す。鉗子チャンネル付きファイバースコープ（ペンタックスFNL-K1）の先端に径1.6 mmの吸引チップを装着し、400 mmHgの陰圧で持続吸引した。吸

図1 ファイバースコープの先端に装着した吸引チップ（プラスチック製）の模式図

図2 正常声帯粘膜の吸引直前(A)と吸引直後(B)のビデオ画像。両画像間の時間差は約30 msである。

引チップの先は盲端で先端近くに径1 mmの側口が開いている。声帯組織を垂直に吸引するために、側口をファイバースコープの可動方向に向けて固定した。ファイバースコープはビデオカメラ（ヒタチ DK-5050）と録画装置（ソニー VO-5800）に接続した。

被検者の鼻腔、咽喉頭粘膜に表面麻酔を施し、ファイバースコープを経鼻的に喉頭に挿入した。声帯遊離縁の組織に吸引チップの側口を向け、徐々に吸引チップを組織に近づけ、吸引した。被検者には安静呼吸を指示し、少なくとも3度以上、吸引を行なってその状態をビデオ録画した。吸引時に声帯の内外転運動が少ない画像を選び、吸引直前と吸引直後の画像から声帯組織が吸引された距離を計測した。画像はビデオプリンター（ヒタチ VY-100）によりプリントアウトした。図2は声帯の正常粘膜が吸引される直前と直後のビデオ画像である。この2画像を図3のごとく重ね合わせ、粘膜組織の移動距離とスコープの視野の大きさから吸引距離を求めた。

吸引距離とスティフネスの関係を求めるため、吸引チップからの距離に対する吸引力を予め測定した。その結果、図4に示すごとく、吸引力は径3 mmの円内に集中し、ほぼ距離の1.8乗

図3 吸引直前の画像(図2 A)と直後の画像(図2 B)との重ね合わせ。スコープの視野の大きさ(f)と粘膜組織の移動距離(d)から実際の吸引距離を求める。

に逆比例して小さくなった。声帯が理想的な弾性体であるとみなすと、距離と吸引力の関係式から吸引距離(D)とスティフネス(S)の関係は、

$S=1.61/D^{2.8}$

となった。この式を用いて、吸引距離からスティフネスを算出した。

測定結果

正常者と種々の声帯病変を有する患者の測定結果を表1に示す。病変が声帯の一部に限局した例では病変の中央部と病変のない声帯膜様部について測定した。正常者の声帯膜様部のスティフネスは3~4 g/cmの値であった。声帯溝症では、溝部で20 g/cm以上の高いスティフネスを示し、溝のない粘膜でもスティフネスが正常より高かった。ラインケ浮腫例では正常者と明かな違いはなかった。喉頭外傷の瘢痕部は著明に高いスティフネスであり、瘢痕のない粘膜

図4 吸引距離と吸引力との関係。図中の△，＋，◇は各々直径3 mm，5 mm，7 mmの円内にかかる力を示す。

は正常者と同様の値であった。声門癌2例では、いずれも、病変部で20 g/cm以上の高いスティフネスであった。癌浸潤のない粘膜では正常よりやや高いスティフネスであった。

考 按

1. ファイバースコープ下吸引法によるスティフネス測定の利点と問題点

本法はファイバースコープ下に声帯病変部の吸引距離をビデオ画像で求めてスティフネスを算出する方法であり、癌・瘢痕・声帯溝の各病変部の測定結果は著明に高い値を示した。本法の利点は、ファイバースコープ下で病変の位置が確認でき、比較的狭い範囲のスティフネスが測定できることである。更に、喉頭粘膜の表面麻酔を要するのみで外来診察時にも容易に施行できることは、臨床的に極めて有用であると考えられる。これらの利点は今まで報告されたスティフネスの測定法^{1)~6)}にはなかったものである。

本法の問題点としては、まず、声帯組織の吸引距離が時に測定しにくいことが挙げられる。すなわち、声帯遊離縁の病変部が吸引チップの側口に向かって垂直に吸引される場合は容易に測定できるが、斜めに吸引されると原理的にも画像を分析する上でも吸引距離は測れない。また、声帯の内外転運動が声帯組織の吸引に重なると誤差が生じる恐れがある。経験的には、十分に表面麻酔を施して喉頭の反射的運動を抑え

表1 正常者と患者の吸引距離とスティフネス

	疾 患 名	年齢	性	測 定 部 位	吸引距離 (mm)	スティフネス (g/cm)
1	正 常 者	58	男	右声帯膜様部中央	0.74	3.7
				右声帯膜様部後部	0.76	3.4
2	声 帯 溝 症	61	男	右 声 帯 溝 部	0.33	20<
				右 声 帯 健 常 部	0.60	6.7
3	ラインケ浮腫	37	男	右 声 帯 浮 腫 部	0.79	3.1
4	喉 頭 外 傷	23	女	右 声 帯 瘢 痕 部	0.41	19.7
				右 声 帯 健 常 部	0.74	3.7
5	声 門 癌 T1b	62	男	左 声 帯 病 変 部	0.32	20<
				左 声 帯 健 常 部	0.65	5.4
6	声 門 癌 T3	58	男	右 声 帯 病 変 部	0.33	20<

た上で安静呼吸位で吸引方向を確認しつつ極めてゆっくりと病変部に近づければ、ほとんど問題なく測定できた。

次の問題点は、吸引距離とスティフネスの関係が明確ではないことである。本法では声帯組織を弾性定数一定の理想的な弾性体とみなして吸引距離からスティフネスを算出したが、摘出喉頭の実験では声帯の弾性定数は負荷が大きいほど増加する傾向がある^{1)~3)}。また、声帯病変の弾性体としての特徴はほとんど研究されていない。従って、本法で求めたスティフネスは必ずしも正確とはいえず、基礎的研究により吸引距離とスティフネスの関係を確立する必要がある。ただし、本研究の測定結果では高いスティフネスを有する病変部は明かに正常部より高い値を示し、本法の測定誤差は臨床的には余り問題にならないと考えられる。

2. スティフネス測定の臨床的意義

一部の喉頭疾患で見られる高スティフネスの病変は音声障害の主要な原因の一つである。従って、音声障害患者に対して声帯病変のスティフネスを測定することは音声障害の原因を解明するために重要である。また、高いスティフネスを特徴とする癌病変や瘢痕組織の程度と進展部位を診断するためにもスティフネスの検査が有用である。

空気力学的研究によると⁷⁾⁸⁾、声門癌などの高スティフネス病変では発声時に声門下圧が高く、高スティフネス病変の鑑別に役立つ可能性がある。喉頭ストロボスコープ検査では声門癌や声帯瘢痕の病変部で声帯振動や粘膜波動が欠如することは周知の事実であり⁹⁾¹⁰⁾、スティフネスを間接的に評価する所見として有用である。しかし、声門下圧は他病変でも高くなることが多い。また、ストロボスコープ検査では主な振動部位である声帯膜様部付近の病変に限られる。従って、これらの測定や検査で声帯病変のスティフネスが十分に評価できるとは言えず、より直接的な測定法が望まれる。本法のファイバースコープ下吸引法は前述のごとく吸引距離

からスティフネスを算出でき、直接的なスティフネス測定法として臨床的に意義が大きい検査と考えられる。

まとめ

1. ファイバースコープの鉗子チャンネルに吸引チップを装着し、声帯病変の吸引距離よりスティフネスを測定する方法を開発した。この方法で種々の声帯病変のスティフネスを測定した。

2. 正常な声帯膜様部のスティフネスは3~4 g/cm であった。癌、瘢痕、声帯溝の病変部ではすべて正常より著明に高いスティフネスを示した。

3. ファイバースコープ下吸引法によるスティフネスの測定は外来診察時に施行でき、癌や瘢痕などの高スティフネス病変の程度と部位を評価するのに有用な臨床検査法であると考えられた。

本論文の要旨は第51回耳鼻咽喉科臨床学会（1989年7月、名古屋）で発表した。

参考文献

- 1) 金子敏郎, 浅野 尚, 三浦徹蔵, 他: 声帯の Biomechanics, Stiffness を中心として. 耳鼻臨床 64 増: 1229~1235, 1971.
- 2) 平野 実: 音声外科の基礎と臨床. 耳鼻 21 補 1: 239~442, 1975.
- 3) 横山哲夫, 古川睦之, 平野 実: 人および犬声帯の構造とスティフネス. 長崎大工部研報 10: 75~82, 1977.
- 4) 金子敏郎, 浅野 尚, 三浦徹蔵, 他: 声帯の Biomechanics, Damping Ratio を中心として. 日気食会報 25: 133~138, 1974.
- 5) 一色信彦: 喉頭機能外科, とくに経皮的アプローチ. 京大耳鼻科同窓会, 1977.
- 6) 斎藤成司: 発声機構の基礎的研究および喉頭内腔への臨床的アプローチ. 耳鼻 23 補 1: 171~384, 1977.
- 7) Tanaka S and Gould WJ: Vocal efficiency and aerodynamic aspects in voice disorders. Ann Otol Rhinol Laryngol 95: 29~33, 1985.
- 8) Schutte HK: The efficiency of voice production.

pp 1~188, Kemper, Groningen, 1981.

- 9) Schönhärl E: Die Stroboskopie in die Praktischen Laryngologie. pp 1~115, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1960.

- 10) 平野 実: 声帯の振動に関する検査, 2. 喉頭ストロボスコーピー. 声の検査法 (日本音声言語医学会編). 87~103頁, 医歯薬出版, 東京, 1979.

原稿受付: 平成元年 8 月 28 日
原稿採扱: 平成元年 9 月 25 日
別刷請求先: 田中信三
〒830 久留米市旭町67
久留米大学医学部耳鼻咽喉科学教室