嗄声の診断における熱線流量計の応用

北嶋 和智・北原 正章

Use of the Hot-wire Flow Meter in the Diagnosis of Hoarseness

Kazutomo Kitajima and Masaaki Kitahara

(Shiga University of Medical Science)

Abnormal stiffness of the vocal cord is one of the important cause of hoarseness. There is no useful procedure to determine this abnormality in clinical practice except for the laryngostroboscope. Aiming to know how the abnormal stiffness is reflected in the aerodynamic measurements, mean flow rate and AC/DC% (Isshiki, 1966) were determined for each subject with hoarseness. Subjects were 99 pathologic larynges including vocal cord paralysis, vocal cord polyp, polypoid vocal cord, laryngeal cancer, sulcus vocalis and laryngitis. The results obtained in these subjects were plotted with AC/DC% as abscissa against the mean flow rate as ordinate. There was a negative correlation between the mean flow rate and AC/DC% in the subjects with vocal cord paralysis. On the other hand, in the subjects with laryngitis and sulcus vocalis the mean flow rates did not show large values even in the cases with small AC/DC%. Insufficient glottal closure is the main cause of hoarseness in vocal cord paralysis, whereas abnormal stiffness is the main cause of it in laryngitis and sulcus vocalis. This difference was well reflected in two aerodynamic parameters. Furthermore it is suggested that abnormal stiffness is the main cause of hoarseness in the subject of small AC/DC% with normal mean flow rate.

緒 言

正常の音声を発するためには、声門閉鎖が充分であること、声帯が適當の軟かさを有すること、適切な声門下圧があること、の3者が必要である。これらの異常は嗄声を来す。日常の音声障害では声門下圧の異常が嗄声第1要因となることはむしろ少ないと考えられるので、前2者が嗄声の診断さらには治療上重要である。

振動中の声門閉鎖が完全であると、その際の呼気流は、図1の上段の如く、声門閉鎖時に零となる脈波状である。ここで流量の単位時間平均をDC分(ml/sec)とし、変動分の振幅をAC分とする。声門閉鎖不全の状態では下段に示す様に、DC分が増加すると共にAC分の減少がみられる。一色はAC分の実効値のDC分に対する比率(%)を求めこれを、声の能率と定義し、声門閉鎖不全と関係が深いことを示した¹⁾²⁾。DC分すなわち平均呼気流量も声門閉鎖不全をよく反映するパラメーターとして重要であることは周知の事実である。図1の下段でのDC分の増加と声の能率(以後AC/DC%と称する)の低下との間の関係は、声帯の硬さあるいは軟かき、すなわち声帯の物性によって、当然変って来るものと考えられる。例えば異常に硬い声帯と正常の声帯を比較すると、

図1 上段：声門閉鎖が完全である場合、声門閉鎖期には呼気流は零になる。
下段：声門閉鎖不全の場合、常に呼気流がみられ零とはならない。

同じ程度の DC 分であっても、硬い声帯ほど振動の振動の振幅は小さく、AC/DC %は低いと考えられる。

そこで我々は発声時の DC 分(平均呼気流率)及び AC/DC %が容易に測定出来る様に製作された phonation analyzer (ミナト医科学製)を用い、声帯病変の違いがこの2つのパラメータに如何に反映されるかについて検討した。

対象及び方法

嗄声を有する喉頭疾患患者99名である。その内訳を表1に示す。各対象者には、声の高さ、強さ、持続時間を特に指定せず各人に最も楽な条件下で発声させた。対照として正常人男女24名についても同様に発声させた。直径 2.5 cm のマウスピース内に、持続発声を行なわせる。/ウ/と/ア/の中間の様な音声となる。起声と止声の部分はさけて、定常部分での DC 分 (ml/sec), AC/DC %の2つの値を記録した。

なお喉頭ポリープについては、その大きさに関して、声帯全長の $\frac{1}{2}$ 以上を「大」とし、これより小さいものを「小」とした。ポリープ様声帯についても、吸気時に声帯の前 $\frac{1}{2}$ が他側と接している様なものを「大」とした。それより小さいものは「少」とした。

表1 喉頭に病変を有する被検者99名の内訳

喉頭病変		被検者数
ポリープ	小：	36
	大：	8
ポリープ様声帯	小：	10
	大：	3
声帯癌	T ₁ ：	1
	T ₂ ：	2
	T ₃ ：	4
声帯麻痺		18
急性喉頭炎		7
慢性喉頭炎		2
声帯溝症		6
心因性失声症		1
過緊張性失声症		1
計		99

結果及び考按

表2に正常人男女別の AC/DC % 及び DC (ml/sec) を示す。AC/DC %は男で43~69 % (平均58%) 女で42~70% (平均54%) である。男女間に差はなく男女合計での棄却限界は41~76% ($P < 0.05$) である。DC (ml/sec)は男で116~361ml/sec (平均 199ml/sec) 女で 39~248ml/sec (平均139ml/sec) である。男の方が女に比して大きい値を示す ($P < 0.05$)。男の棄却限界は 41~353ml/sec ($P < 0.05$)、女のそれは、0~284ml/sec ($P < 0.05$) である。臨床的に男女は区別しなくても良いと思われるの

表2 正常人男女24名の DC 及び AC/DC%

	男	女
DC ml/sec	116 - 361	39 - 248
mean	199	139
critical range	41 - 353	0 - 284
AC/DC %	43 - 69	42 - 70
mean	58	54
critical range	41 - 76	

で、353ml/sec 以下が正常とみなされる。一色ら³⁾は発声時平均呼気流量率について男で 105~164ml/sec, 女で 69~171ml/sec としている。又重森⁴⁾は 300ml/sec 以下を正常域としている。我々の値はいずれよりも大きい。前2者がマスク内に発声しているのに対し、我々の場合はマウスピース内に発声している。この違いが測定値の差としてあらわれたと考えられる。

次に各喉頭疾患についての測定値をのべる。まず DC, AC/DC %を別々に表示する。図2は各疾患ごとの DC の値をプロットしたものである。破線は正常人の範囲すなわち 353ml/secを示したものである。ポリープの「大」、声帯麻痺の群においてこの範囲より大きいことが判る。図3は AC/DC %を疾患別にプロットしたものである。破線は正常範囲すなわち 41~76%を示す。ポリープ「大」の群は凡て、正常範囲より小さい値を示し「小」の群と比べて明らかに小さい値を示す($P<0.05$)。ポリープ様声帯でも同様の所見が得られる。声帯癌 T_3 は T_1 , T_2

のものに比して小さい値を示す。声帯麻痺例では DC の値の場合と同じく、AC/DC %も正常人より小さいのがほとんどである。急性喉頭炎や声帯溝症でも低い値を示すものが多い。では緒言にのべた様に、AC/DC %と DC を X-Y 座標軸にとり、各疾患についてプロットし、それぞれ特徴的な所見があるかを検討した。図4が声帯麻痺の例である。横軸に AC/DC %を縦軸に DC をとり、症例ごとにプロットした。AC/DC %の低下と DC の上昇に一定の相関($r=-0.6$)が認められる。声門からの空気もれが大きく、声門下圧が上昇しないために、声帯の振動が充分でないと考えられる。図中で小さい楕円と実線で結んだものは声帯内にシリコン注射を行った例である。小楕円は注射後の値である。DC の改善とともに AC/DC %も上昇している。図5において黒い八角形印は急性及び慢性喉頭炎である。白い八角形で S とマークしたものは、声帯溝症である。これらの場合は AC/DC %と DC との間に一定の相関はない。

図2 各喉頭疾患ごとの DC の値、破線は正常範囲の上限、353ml/sec を示す。

図3 各喉頭疾患ごとの AC/DC %, 破線は正常範囲の下限及び上限すなわち41~76%を示す。

図4 声帯痺麻例の DC 及び AC/DC %. 縦軸に DC (ml/sec) を横軸に AC/DC %をとる. 症例ごとにプロットした. AC/DC %が低くなるほど DC が大きくなる ($r=-0.6$). 実線と小楕円で示したものは声帯内シリコン注射後の値である. AC/DC %が上昇し DC も減少する.

図5 急性及び慢性喉頭炎(黒い八角形), 声帯溝症(白い八角形でSとマークしたもの), 過緊張性失声症(白い八角形でdとマークしたもの), 心因性失声症(白い八角形でaとマークしたもの) のプロットである。実線及び小楕円で示したものはその治療前後の値を示す。小楕円が治療後の値である。過緊張性失声症では小さい DC と大きい AC/DC %が特徴的で, 心因性失声症はDC も AC/DC %も小さい。

AC/DC %が低いものでも DC はさほど高い値は示していない。急性喉頭炎の2例は実線及び小楕円印でその治療後の値を示したが, AC/DC %の改善がDCの変化に比して著明である。声帯溝症では一色の甲状軟骨形成術を行っている。やはり実線と小楕円で術後の値を示しているが, 喉頭炎の場合と同様, DCに比して AC/DC %の改善が著明である。これらの疾患には, 臨床的には, 声帯の物性の変化のため声帯が振動しにくくなり⁵⁾, 嗄声を来していると考えられるので, 声門閉鎖不全が第1義的意味を有する声帯麻痺例とは違った結果を示したと考えられる。図6に声帯癌を示す。黒い八角形は T_3 症例で白い八角形は T_1 又は T_2 症例である。この場合においても, AC/DC %がかなり小さい場合でも DC の値はさほど高くはない。喉頭炎や声帯溝症と同じく, 声帯が振動しにくいことのあらわれである。

図7はポリープの例である。ポリープ「大」は黒い八角形で, ポリープ「小」は白い八角形で示す。「大」と「小」を比較すると「大」では「小」よりAC/DC %は小さくなっている。DC については「大」の方がそのばらつきが大きい。

大きいポリープでは, その大きさや位置によって声門閉鎖不全が強い例や, 逆に声門を塞いで, 健側の声帯振動を妨害する例があるために, ある症例では声帯麻痺と同じ様な値をとり, またある症例では DC も AC/DC %も少い, いわば声門狭窄の様な値をとるものと考えられる。ポリープ切除後の値を実線と黒い小楕円形で示す。AC/DC %の変化分と DC の変化分との関係は症例により一定でない。これも, 声門閉鎖不全と声帯振動妨害の程度のかかわり合いがそれぞれ異なるためと考えられる。同様のことがポリープ様声帯についてもみられる。図8

図6 声帯癌を示す。黒い八角形は T₃ 症例で他は T₁ あるいは T₂ である。声帯麻痺例と比較すると、AC/DC %が小さくても DC はさほど大きくならない。

図7 声帯ポリープを示す。ポリープ「大」は黒い八角形で、ポリープ「小」は白い八角形で示す。「大」と「小」を比較すると、「大」では「小」より AC/DC %は小さいが、DC については「大」の方がそのばらつきは大きい。ポリープ切除後の値を実線と小楕円形のマークで示す。症例により AC/DC %の変化分と DC の変化分との関係は一定でない。

図8 ポリプ様声帯を示す。黒い八角形は「大」、白は「小」を示す。「大」のものは「小」に比して AC/DC %は小さいが DC は差がない。

において黒い八角形はポリプ様声帯「大」の群で、3例とも両側性である。これらの AC/DC %は「小」のものに比して小さいが、DCは「小」のものと差がない。これら「大」のものは、発声時に声門は閉塞された様な状態になり、声帯振動がお互いに妨害しあうために、DCも少く、AC/DC %も小さい値を示したと考えられる。実線及び小楕円形のマークは、喉頭マイクロ手術後の値を示している。2例は、DCの変化は小さいが AC/DC %の改善が著明であった。1例は逆に DCのみが大きくなっている。術後に声門閉鎖不全がかえて大きくなったことを示している。

熱線流量計はニューモタコグラフに比してその周波数特性が良いので⁶⁾、声門の開閉に由来する呼気流の断続を捉えることが出来る。一色

はこのことに注目して AC/DC %を求め、声の能率と定義し、さらに DC、音圧 (dB)、基本周波数 (Hz) も同時に測定出来る phonation analyzer を開発している。今回我々は、本機を利用し、AC成分に注目して、DC及び AC/DC %の2つのパラメーターを対比させることによって嗄声の要因をより分析的に捉える事が出来るのではないかと考え、各種の喉頭疾患について測定した。この結果は、臨床的に既に知られている個々の疾患での嗄声要因すなわち、声門閉鎖不全あるいは声帯の物性の変化によって説明が可能であった。一歩すすんで、嗄声の成因を DC 及び AC/DC %の2つのパラメーターから推察することも可能と言える。本検査法は簡便であるので、日常の臨床に極めて有用なものと考えられる。

結 語

嗄声を有する各種喉頭疾患について、持続発声時の平均呼気流率 (DC) と AC/DC % (声の能率、一色) の2のパラメーターを測定し、疾患別に比較検討した。

声帯麻痺例では DC と AC/DC %の間には逆の相関があるが、喉頭炎や sulcus vocalis では AC/DC %が低くても DC は正常範囲にとどまる。前者は声門閉鎖不全が後者は声帯の物性の変化が嗄声の主因と考えられるが、この違いが2つのパラメーターの上に反映されたものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) Isshiki, N., Yanagihara, N. and Morimoto, M.: Approach to the objective diagnosis of hoarseness. *Folia Phoniatrica* **18**: 393-400, 1966.
- 2) 一色信彦. 喉頭機能外科, 京大耳鼻科同窓会. 1976.
- 3) Isshiki, N., Okamura, H. and Morimoto, M.: Maximum phonation time and air flow rate during phonation: Simple clinical tests for vocal function. *Ann Otol Rhinol Laryngol* **76**: 998-1007, 1967.
- 4) 重森優子: 発声時の呼気使用に関連した検査——臨床的研究——. *耳鼻***23**: 138-166, 1977.
- 5) 垣田有紀, 平野実, 川崎洋, 松下英明: 病的声帯振動の模式的表示. *日耳鼻***79**: 1533-1548, 1976.
- 6) Yoshiya, I., Nakajima, T., Nagai, I. and Jitsukawa, S.: A bidirectional respiratory flowmeter using the hot-wire principle. *J Applied Physiology* **38**: 360-365, 1975.

(別刷請求先: 北嶋和智
〒520-21 大津市瀬田月輪町
滋賀医科大学耳鼻咽喉科学教室)