音声検査における AC/DC% の臨床的意義

北 嶋 和 智

Clinical Significance of AC/DC% in the Vocal Function Tests

Kazutomo Kitajima

(Shiga University of Medical Science)

The rate of AC component to DC component of the expiratory flow rate during sustained phonation (AC/DC%) was studied to determine whether it can reflect the stiffness of the vocal folds.

In normal subjects, AC/DC% increased with intensity of phonation, which could be explained by changes in stiffness of the vocal folds.

AC/DC% reflected the stiffness of the vocal folds in pathological larynges.

AC/DC% was more sensitive to pathological changes in the vocal folds than was mean flow rate.

AC/DC% reflected some aspect of laryngeal efficiency.

Key words: aerodynamics, laryngeal function, mean flow rate, stiffness, vocal efficiency

はじめに

発声の際、気管内の連続した空気の流れは声帯振動により断続する空気の流れに変換される。断続した空気の流れは声門より口唇に至る声道の空気柱を振動させて音響に変換される。Van den Berg¹⁾ は声門下の空力的パワー (声門下圧 × 平均呼気流量) に対する音響パワー (dB) の比を喉頭能率と定義した。この喉頭効率の測定には声門下圧を知る必要がある。臨床的にはしかし声門下圧の測定は必ずしも容易ではないので、Isshiki²⁾ は声門下圧はひとまず考慮に入れずに呼気の連続流から断続流への変換のみに注目して、喉頭の能率指標を提唱した。断続した空気の流れを三角波で近似させ、三角波の大きさを rms 値で表して AC 分 (ml/sec) とし、気管の連続した空気の流れを口唇部の平均体積速

度 = DC 分 (ml/sec) で表して、AC 分の DC 分に対する百分率を求め AC/DC% と定義した。図 1 にその原理を示す。上段が正常すなわち声門の閉鎖が完全の場合である。声門の閉鎖の間には、流量はゼロとなる。下段が声帯病変のある場合であるが、声門閉鎖が完全でないために、流量がゼロとなる時がない。その結果として、AC/DC% は病的喉頭では正常の場合より小さい値を示すことになる。

AC/DC% は直接的には呼気の DC から AC 分への変換効率であるが、声帯振動の面からみると、声帯の粘弾性に対応していると考えられる。声帯が硬いと AC 分は減少し、DC 分が同じであれば AC/DC% は減少を示す。

本論文の目的は、AC/DC% の値が声帯の stiffness を反映できる指標であるかについて、

正常人と病的喉頭者を対象として検討することである。

AC/DC% の測定法を図2に示す。ミナト医科器械製の Phonation Analyzer PA-500 を使用した。ノーズクリップを使用した上でマウスピースを口にくわえ、持続発声を行う。スイッチ操作により AC/DC% が即時にデジタル表示される。平均呼気流量 (MFR ml/sec=DC ml/sec), 発声の強さ (dB), 音声基本周波数 (=Fo (Hz)) も同時に表示される。被験者に最も楽な強さと高さで持続発声を行わせた時の正常範囲は41~76%との結果が得られている³⁾。

図1 AC/DC%の原理

図2 PA-500 による検査

I. 正常人で声の高さと強さを変化させた時の AC/DC% の値

AC/DC% が声帯の stiffness を良く反映する指標であるとする、正常の声帯を有する被験者が強さと高さを変化させた時には AC/DC% が影響を受けるはずである。この予想を確認するために以下の実験を行った。

対 象

正常男性7名(年齢30~45歳), 正常女性1名(26歳)で喉頭, 呼吸器官等に異常を認めない。

方 法

被験者に最も楽な強さと高さを起点として,

- 1) 声の高さを一定にして強さのみを大きくさせる。
- 2) 声の強さを一定にして高さのみを上昇させる。

以上2つの条件の下で AC/DC% の測定を行った。なお, 1) の場合は男性4名のみの資料である。

結果と考案

- 1) 声の高さを一定にして強さのみを大きくさせる。

表1に対象ごとの声の強さ (dB) とその時の AC/DC% を一対として示した。高さは厳密には一定ではなかったのでその変動幅も示す。

表1をグラフ化したのが図3である。強さが増すと AC/DC% は大きくなる。ただし, 最も強い声ではやや減少を示す。野口ら⁴⁾は, 男性一例について強さを変化させた時の AC/DC% を記録し, 我々と同様の結果を報告している。

表1 正常人で, 高さを一定にしながら強さを変えて測定

対象	声の強さ				→→	声の高さ
1 男	77 dB 41%,	85 dB 59%,	90 dB 36%,	95 dB 41%		(140~147 Hz)
2 男	73 dB 35%,	85 dB 47%,	87 dB 74%,	93 dB 66%		(93~102 Hz)
3 男	75 dB 37%,	83 dB 47%,	85 dB 42%			(146~149 Hz)
4 男	84 dB 60%,	87 dB 69%				(115 Hz)

2) 声の強さを一定にして高さのみを変化させる

表2に高さ(=Fo(Hz))とAC/DC%を一对にして示す。強さは厳密には一定ではなかったためその変動幅も示す。表2をグラフ化して図4に示す。modal registerの範囲では高さの上昇とともに男性ではAC/DC%は減少を示すものや増加を示すものと種々であるが全体としてはやや大きくなる傾向である。falsettoもしくはそれに近い周波数ではAC/DC%は大きく減少を示す。女性は一例のみであるがmodal registerの範囲ではあまり変化がないが、falsettoでは大きく減少を示す。野口ら⁴⁾は、男女一例ずつではあるが、男性では声の高さが話声位付近のAC/DC%が最も大きく、それより高いところではAC/DC%は小さくなる。また女性では高さの減少とともにAC/DC%が小

図3 正常被験者に声の高さを一定にして強さのみを変化させる。

さくなると述べているが我々の結果とはほぼ一致する。

声門下の空力パワーを一定とすると、強さは声帯の内転が充分であれば甲状被裂筋の緊張で決まり⁵⁾、声の高さは主として輪状甲状筋の緊張で決まる。声帯をボディーとカバーに分けて考える⁶⁾と、甲状被裂筋の緊張は、ボディーについてはstiffnessを高くし、カバーについては逆にstiffnessを低くする。輪状甲状筋の緊張は声帯全体を伸展させるのでボディー、カバーとも声帯のstiffnessを高くする⁷⁾。これらの声帯のstiffnessの変化と、我々の結果、すなわち、AC/DC%は声の強いほど大きく、falsettoのAC/DC%はmodal registerのそれ

図4 正常被験者に声の強さを一定にして高さのみを変化させる。

表2 正常人で強さを一定にしながら高さを変えて測定

対象	声の高さ					→→	声の強さ
1 男	125 Hz 35%,	152 Hz 39%,	201 Hz 64%,	255 Hz 49%,	493 Hz 10%		(80 dB)
2 男	130 Hz 42%,	164 Hz 50%,	198 Hz 61%,	254 Hz 52%,	315 Hz 32%		(83~84 dB)
3 女	207 Hz 73%,	235 Hz 70%,	241 Hz 71%,	366 Hz 37%,	371 Hz 30%		(84~85 dB)
4 男	108 Hz 54%,	144 Hz 59%,	152 Hz 55%,	199 Hz 59%,	217 Hz 50%		(80~82 dB)
5 男	96 Hz 57%,	134 Hz 50%,	145 Hz 46%,	209 Hz 46%,	228 Hz 65%		(83~84 dB)
6 男	109 Hz 45%,	120 Hz 59%,	263 Hz 45%,	371 Hz 26%			(85 dB)
7 男	110 Hz 55%,	120 Hz 62%,	201 Hz 62%,	240 Hz 66%,	344 Hz 35%		(82~85 dB)
8 男	102 Hz 51%,	120 Hz 31%,	183 Hz 55%,	224 Hz 42%,	381 Hz 22%		(80~84 dB)

より小さいという結果から、AC/DC% は声帯のカバーの stiffness の変化に対応して変化するといえる。

II. 病的喉頭者の声の強さと高さの変化

患者の AC/DC% の測定では、3 回の資料の平均をその被験者の値として採用している。測定時には声の高さと高さを一定にするように指示しているが、実際には多少の変動があるのは否めない。この被験者内の発声の強さと高さの変動幅が AC/DC% の値に及ぼす影響を検討した。

対 象

声帯癌 (T1, T2, T3 を含む)、一側声帯麻痺、喉頭ポリープ (ポリープ様声帯を含む) のそれぞれ 50 名、計 150 名である。これら 3 種の疾患を選んだ理由は声帯癌は声帯の硬化性病変を代表するものとして、麻痺は声門の閉鎖不全を代表するものと考えたからである。ポリープは両者を合わせ持つものとして選んだ。一側声帯麻痺では呼気流率すなわち DC 分が大きいので、声帯癌に比べて、強さ、高さによる AC 分の変化が AC/DC% に現われにくいのではないかと予想される。

方 法

先の分析と同様に Phonation Analyzer PA-500 を用いた。PA-500 の測定を 3 回繰り返すので、各被験者ごとに、AC/DC%、強さ (=intensity (dB))、高さ (=Fo (Hz)) の組み合わせが 3 組得られる。これらの値を用いて、

1) 各被験者の 3 回のトライアルのうち声の大きさが最大であるものと最小であるものを選び、その差 (delta intensity) を記録する。次いでこれら最大と最小の強さに対応した AC/DC% の値をそれぞれ選び、前者の AC/DC% から後者の AC/DC% を減じ、delta AC/DC% とした。

2) 声の高さ (Hz) についても、声の高さが最大であるものと、最小であるものを選び、その差 (delta Fo) を記録する。次いでこれら最大と最小の高さに対応した AC/DC% の値をそ

れぞれ選び、前者の AC/DC% から後者の AC/DC% を減じ、delta AC/DC% とした。

結果と考案

1) 声の強さと AC/DC% の関連

図 5 は各被験者内の強さの変動、すなわち delta intensity (dB) (横軸) と delta AC/DC% (縦軸) を示したものである。delta intensity は 5 dB 前後の変動を示す。delta AC/DC% が正の値を取る被験者の方が多いが、delta AC/DC% が正の値をとることは声の強さが増加した場合 AC/DC% も増加していることを意味する。全体としては、delta intensity が大きいと delta AC/DC% も大きい傾向を示す。delta AC/DC% の平均と標準偏差は 8.5(6.6) である。

図 6 は声帯癌 50 例の、intensity と AC/DC% の値をそのまま座標上プロットしたものである。各被験者について 3 回分の値があるから、それ

図 5 声帯癌における delta intensity (dB) と delta AC/DC% との関係

図 6 声帯癌における強さと AC/DC% の関係

らを直線で結ぶと、各被験者ごとに1本、計50本の折れ線が得られる。全体として、右上がりの様相を呈している。つまり、被験者間については、声が強くでるほど AC/DC% は大きい値が得られていると言える。

図7はポリープの場合の delta intensity と delta AC/DC% の関連を示す。癌の場合と同様に、delta intensity が大きいと delta AC/DC% も大きい傾向である。delta AC/DC% の平均と標準偏差は7.0(6.5)である。図8では声帯癌の場合と同様の関連が観察される。全体の傾斜は癌のそれに比べてやや急であるが、折れ線の個々の傾斜はやはり右上がりである。

図9は声帯麻痺の delta intensity の大きさと delta AC/DC% の関連を示す。声帯癌、ポリープの場合と同様の傾向が観察される。delta AC/DC% の平均と標準偏差は4.7(5.5)であ

る。図10の全体としての傾斜は前2者よりさらに垂直に近くなっているようであるが、これは強さの範囲が前2者に比べて狭いためと思われる。個々の折れ線の傾斜はやはり右上がりである。

表1に示された正常例の声の強さと AC/DC% の値を参照すると、最小の強さとその次に強い場合の差は3~12 dB で、さらにこれらに対応する AC/DC% の値の変動量は9~18%である。これらの値は、図5, 7, 9の疾患例の大部分の場合の delta intensity と delta AC/DC% の大きさと大差はなく、病的例においても、正常例と同様に強さの変動は AC/DC% に影響を及ぼしている。

2) 声の高さ(=Fo (Hz))と AC/DC% の関連

図11に声帯癌の結果を示す。delta AC/DC% は正負どちらにも分布しており、delta Fo と delta AC/DC% の関連は明確ではない。40 Hz

図7 ポリープにおける delta intensity (dB) と delta AC/DC%との関係

図9 声帯麻痺における delta intensity (dB) と delta AC/DC%との関係

図8 ポリープにおける強さと AC/DC%の関係

図10 声帯麻痺における強さと AC/DC%の関係

以上の大きな ΔF_0 も観察されているが、病的例の場合には F_0 のランダムな瞬時変動が大きく、また、PA-500 が正確な F_0 検出に対処しきれていないためと思われる。図12に F_0 と AC/DC% そのままの値を示すが、両者の間

には強さの場合ほどには一定の関連は観察されない。個々の折れ線の多くは垂直方向で、 F_0 との関連を示していないことを示している。

図13, 14はポリープの場合、図15, 16は一側

図11 声帯癌における ΔF_0 (Hz) と Δ AC/DC% との関係

図14 ポリープにおける高さ と AC/DC% の関係

図12 声帯癌における高さ と AC/DC% の関係

図15 声帯麻痺における ΔF_0 と Δ AC/DC% との関係

図13 ポリープにおける ΔF_0 (Hz) と Δ AC/DC% との関係

図16 声帯麻痺における高さ と AC/DC% の関係

声帯麻痺の場合であるが、癌の場合と同様に、delta Fo と delta AC/DC% との間の関係は明らかではない。

表2の正常例の高さと AC/DC% の値を参照すると、最も低い Fo とその次に高い Fo の差は 10~38 Hz で、さらにこれらに対応する AC/DC% の値の変動量は-7~+14%である。8例中3例はマイナス値である。正常人の場合、最も楽な Fo とそれよりやや高い Fo では、Fo の与える AC/DC% への影響は falsetto の場合ほど明瞭ではない結果である。病的例でも同様の結果が得られている。

以上、声の強さと高さのパラメーターと AC/DC% との関連の検討で、声の強さが声帯癌、ポリープ、麻痺の3疾患とも AC/DC% に明らかな影響を及ぼすことがわかった。先に AC/DC% は声帯のカバーの stiffness を反映すると述べたが、病的例においては声帯の特にカバーの stiffness の変化が観察されるから、病的例の AC/DC% においては声の強さと声帯病変の双方の stiffness の変化が反映されることになる。

Ⅲ. 喉頭病変が AC/DC% に どのように反映されるか

前項で観察された、実際例の AC/DC% においては発声条件（特に強さ）の影響が病的例の場合にもあることが示された。本項では、多数の臨床例について、AC/DC% の値を各疾患ごとに比較して、発声条件の影響にもかかわらず、AC/DC% が病的声帯の stiffness を反映できる指標であることを確認するのが目的である。

対 象

種々の喉頭病変患者361名と正常者59名である。表3に疾患ごとの内訳を示す。

方 法

やはり PA-500 を用いて、各被験者に最も楽な高さと強さで、3回発声を行いその平均を求め、これを各被験者の AC/DC% とした。DC についても3回の平均を求めその被験者の DC 値とした。さらに、各疾患群、正常群ごとに、

AC/DC% と DC の平均を求め、それぞれの群間の平均に差があるか、また AC/DC% と DC 相互間の比較を行った。DC を AC/DC% と比較した理由は、従来より前者が音声検査の空力的指標として最もよく用いられるものであるからである。

結果と考案

AC/DC% の値を表4に、DC の結果を表5に示す。疾患群ならびに正常群相互間の差に関して図17に AC/DC% の場合を、図18に DC の場合を図示した。各桁目に示した黒丸印は対応する横軸と縦軸に記載した2群の間に有意の差 ($p < 0.01$) が存在したことを示す。

疾患群と正常群との差：図17の最も右のカラムに示されるように、AC/DC% については12疾患群のうち11群が正常群との差を示した。図18の最も右のカラムで示されるように、DC 値については、12疾患群のうち8群が差を示した。後者の8群のうち慢性喉頭炎を除いた7例は AC/DC% でも正常以下の値を示していた（表4, 5）。このことは声帯病変はまず AC 分の減少として現われ、次いで DC 分の増加を来すと考えられる。AC/DC% が正常より小さく、

表3 対象疾患の種類と数

	男	女	計
ポリープ様声帯	21	21	42
ポリープ	39	24	63
声帯結節	2	37	39
肉芽腫	3	4	7
慢性喉頭炎	15	5	20
急性喉頭炎	11	23	34
白斑症	10	1	11
声帯癌			
声帯癌 T1	30	0	30
声帯癌 T2	16	0	16
声帯癌 T3	29	0	29
緊張性失声症	0	7	7
一側声帯麻痺	37	26	63
計			361
正常	31	28	59

DC は正常と差を示さなかった疾患は、声帯癌 T1, 白斑症, 肉芽腫, 緊張性失声症であった。

疾患群間の差：表 6 に、それぞれの群について、どれだけ他の群と差を示したかを記載する。AC/DC% と DC を別々に示している。差を示した群の数を AC/DC% と DC の間で比較すると、声帯麻痺群を除いては AC/DC% の場合の方が DC の場合より数が多い。AC/DC% は疾患群間の差を示すことにおいて DC より敏感であるといえる。喉頭癌の AC/DC% について病

期ごとに比較すると、 $T3=T2<T1<$ 正常 の結果が得られている。声門下のパワーの大きさの違いがないとすると、AC 分の大きさは声帯の振動幅をそのまま表すと考えられるので、この喉頭癌の結果は AC/DC% は声帯の stiffness を表すことを臨床的に支持するものである。急性喉頭炎の AC/DC% (24.9%) は喉頭癌 T2・T3 の AC/DC% (25.4%, 28.4%) に近いが、慢性喉頭炎のそれ (47.3%) は、むしろ正常人 (55.1%) に近い。急性喉頭炎では声帯が腫張

表 4 各疾患の AC/DC% の平均と標準偏差

AC/DC%	%
ポリープ様声帯	38.5 (15.2)
ポリープ	34.3 (15.1)
声帯結節	42.8 (15.2)
肉芽腫	31.7 (18.3)
慢性喉頭炎	47.3 (15.8)
急性喉頭炎	24.9 (14.5)
白斑症	37.0 (12.8)
声帯癌 T1	42.2 (17.3)
声帯癌 T2	25.4 (15.6)
声帯癌 T3	28.4 (15.9)
緊張性失声症	30.6 (15.9)
一側声帯麻痺	20.7 (13.1)
正常	55.1 (10.6)

表 5 各疾患の DC の平均と標準偏差

DC	ml/sec
ポリープ様声帯	199.1 (85.8)
ポリープ	174.7 (68.3)
声帯結節	183.8 (96.9)
肉芽腫	109.7 (68.7)
慢性喉頭炎	196.2 (106.2)
急性喉頭炎	195.9 (94.0)
白斑症	177.4 (56.6)
声帯癌 T1	166.9 (75.4)
声帯癌 T2	219.9 (69.7)
声帯癌 T3	200.7 (137.4)
緊張性失声症	116.9 (34.9)
一側声帯麻痺	413.2 (244.2)
正常	139.9 (66.0)

図17 AC/DC%について、疾患群ならびに正常群相互間の差を示す

黒丸印は横軸と縦軸方向に対応する2群の間に有意の差 ($p<0.01$) が存在したことを示す。

図18 DC について、疾患群ならびに正常群相互間の差を示す

黒丸印は横軸と縦軸方向に対応する2群の間に有意の差 ($p<0.01$) が存在したことを示す。

し粘弾性が失われているのは臨床的に観察されるところであるので、AC/DC% が声帯癌と差を示さなかったことは stiffness が同等ということで説明できる。以上の疾患群間の比較で、声の強さをできるだけ一定にたもつという指示の下では、AC/DC% が臨床的に声帯の stiffness を反映できると言える。声の強さによる AC/DC% の影響が存在するにしても、病変による AC/DC% の変化の方が大きく、前者の影響は顕在化しないと考える。

表4に示した標準偏差で明らかな様に疾患群内の変動は少なくない。このことは野口ら⁴⁾、Wilson ら⁸⁾ から指摘されているところであるが、予想外のことでない。同じ病名であってもその病変の程度は様々である。しかし、AC/DC% を個々の症例の診断ではなく、より広い意味で声帯の stiffness を示す指標として理解すればこの差は問題とはならない。

N. AC/DC% の能率指標としての意義

今まで、検査時の声の大きさの差が AC/DC% に及ぼす影響を検討し、AC/DC% が声帯の stiffness を反映できるかについて検討してきた。Isshiki の AC/DC% の本来の目的は喉頭の能率指標にある。すなわち、どれくらいの声門下パワーを使ってどれだけの大きさの声が得られたかである。正常人においては、声の大きさは

声門下の空力的パワーと密接な関係を示す^{9)~11)}。しかし、病的例では同じパワーを使っても正常人よりも小さい声しかでない。声の大きさを AC 分の大きさと仮定すると、AC 分の大きさを声門下パワーあたりの大きさと標準化した値は、喉頭の効率という面からみて AC/DC% より適切な指標であろう。この項では、声門下パワーを考慮に入れた AC 分の大きさと AC/DC% との相関を検討することを目的としている。もし、相関が良いとすると、AC/DC% は喉頭効率の一側面を表すことを示す。

声門下圧の測定法は種々報告されているが最近では臨床的に実用に耐える方法が開発されている。今日まで報告されている方法を列挙すると、①気管の直接穿刺法¹⁰⁾、②経鼻的に声門下に留置した微小トランスデューサーによる方法¹²⁾、③食道内圧による間接的推定法¹³⁾、④ボディープレチスモグラフィ法¹⁴⁾、⑤発声時の呼気遮断法¹⁵⁾、⑥口唇破裂音発声時の口腔内圧による推定法等である^{16)~18)}。非侵襲的で簡便であるという立場から臨床的には⑤と⑥が用いられている。

最も簡便な推定法が⑥である。口唇破裂音 /pi/ を発声させた時の声門下圧と口腔内圧最大値が等しいことを利用したもので、圧測定用

表6 AC/DC%とDCについて疾患群間の差

＜AC/DC%については＞	
声帯麻痺：	6群と差を示した
声帯結節、慢性・急性喉頭炎：	5群と差を示した
ポリープ、声帯癌 T1・T2：	4群と差を示した
声帯癌 T3、ポリープ様声帯：	3群と差を示した
白斑症：	1群と差を示した
緊張性失声症、肉芽腫：	どの群とも差は示さない
＜DCについては＞	
声帯麻痺：	11群と差を示した
声帯癌 T2	3群と差を示した
緊張性失声症、肉芽腫：	2群と差を示した
他の疾患：	1群と差を示した

の機器があればいつでも推定が可能である。著者は病的例について /i: pi:/ 発声時の口腔内圧最大値と声門下圧の実測値との比較を報告している¹⁹⁾が、両者間には良い相関 (Spearmanr=0.93) が得られている。ただし、声門下圧が高くなるほど口腔内圧は低めに推移する様である。ここでは、著者の /i: pi:/ 法で声門下圧を推定した。

対 象

表7に示す様に喉頭ポリープ21名、一側声帯麻痺14名、声帯癌10名である。

方 法

PA-500 の検査に引き続き、同じ強さと高さをできるだけ保ちながら、/i: pi:/ と発声させる。その際の口腔内圧のピーク値を声門下圧の推定値 (Ps) とした。各被験者について AC/DC%, AC, DC, Ps が得られる。なお DC 値は PA-500 で直読できるが、AC 値は表示されないの、DC に AC/DC% を乗じて計算した。次いで AC 値を DC×Ps (声門下パワー) で除する (AC/(DC×Ps)) と声門下パワーあたりの AC 分の大きさが得られる。AC/DC% は流率あたりの AC の大きさであるが、AC/(DC×Ps) はパワーあたりの AC であるから能率指標としてはより優れているといえる。AC/(DC×Ps) は分子と分母の物理的 dimension が異なるので指標として整備するためには対数変換を行う必要があるが、本項では AC/DC% との相関の検討が目的であるから、AC/(DC×Ps) そのまを用いた。

結果と考案

図19に、AC/(DC×Ps) すなわち AC/Power を横軸にとり、AC/DC% を縦軸にとり、両者

の関連を検討した。図で明らかなように、両者間には、かなり高い相関がある (Spearman の順位相関で0.85)。従って、少なくとも臨床的に問題になる流率と声門下圧の範囲内では、AC/DC% 単独でも、パワーを考慮に入れた AC 分の大きさを充分反映できるといえる。

Rothenberg²⁰⁾ は、AC/DC% は声門下のパワーを考慮していないので breathiness measure であるとしている。しかし、パワーあたりの AC 分の大きさを示す指標と AC/DC% が良い相関を示したことは、AC/DC% は単なる breathiness measure ではないことを示す。breathiness measure としては、従来から DC 値、すなわち平均呼気流率が広く認められている指標であるので、DC の値と AC/DC% との関連を図20に示す。横軸に、AC/DC% を縦軸にとり両者の関連をみた。両者の相関は -0.54 (Spearman) で AC/Power より低い。

図19 AC/DC%/Ps と AC/DC%との関係

図20 AC/DC%と DC との関係

表7 対象疾患の種類と数

喉頭ポリープ	21名
声帯麻痺	14名
声帯癌 T1	4名
T2	4名
T3	2名

以上の AC/DC% と声門下パワー、DC との比較から、AC/DC% は、breathiness measure ではなく、独自に喉頭効率の一側面を表すことを意味している。Holmberg ら⁹⁾ が正常人例で、深澤²¹⁾ が理論的に、音響出力と声門下パワーで計算した喉頭能率と AC/DC% が良い相関を示したと報告しているが、本項の結果を支持するものである。

ま と め

正常人ならびに病的喉頭者を対象として、持続発声時の AC/DC% 値（呼気の直流成分に対する交流成分の大きさの百分率）と声帯の stiffness との関連を求めた。その結果以下のとき結論が得られた。

1) 正常人で声の強さと高さを変化させると AC/DC% は影響を受ける。この影響の受け方は、声帯のカバーの stiffness の変化により説明が可能である。

2) 疾患例では声帯病変による stiffness の変化が AC/DC% に反映される。

3) AC/DC% は呼気流量より声帯病変に敏感である。

4) AC/DC% は喉頭能率の一側面を表すことができる。

参考文献

- 1) Van den Berg JW : Direct and indirect determination of the mean subglottal pressure. *Folia Phoniatrica* **8** : 1~24, 1956.
- 2) Isshiki N : Vocal efficiency index. *Vocal Fold Physiology* (ed by Stevens KN and Hirano M). pp 193~207, University of Tokyo Press, Tokyo, 1981.
- 3) Kitajima K : Airflow study of pathologic larynges using a hot wire flowmeter. *Ann Otol Rhinol Laryngol* **94** : 195~197, 1985.
- 4) 野口敦子, 原ケイ子, 渡辺 宏, 他 : Phonation Analyzer をもちいた音声検査法の評価. *耳鼻* **28** : 416~419, 1982.
- 5) Tanaka S and Tanabe M : Glottal Adjustment for regulating vocal intensity. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **102** : 315~325, 1986.
- 6) Hirano M : Structure and vibratory behavior of the vocal folds. *Dynamic Aspect of Speech Production* (ed by Sawashima M and Cooper FS). pp 13~30, University of Tokyo Press, Tokyo, 1977.
- 7) 平野 実 : 音声外科の基礎と臨床. *耳鼻* **21** 補 1 : 296~298, 1975.
- 8) Wilson FB and Starr CD : Use of the Phonation Analyzer as a clinical tool. *J Speech Hear Disord* **50** : 351~356, 1985.
- 9) Holmberg EV, Hillman RE and Perkell JS : Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal, and loud voice. *J Acoust Soc Am* **84** : 511~529, 1988.
- 10) Isshiki N : regulating mechanism of voice intensity variation. *J Speech Hear Res* **7** : 17~29, 1964.
- 11) Tanaka S and Gould WJ : Relationships between vocal intensity and noninvasively obtained aerodynamic parameters in normal subjects. *J Acoust Soc Am* **73** : 1316~1312, 1983.
- 12) Koike Y and Perkins W : Application of miniaturized pressure transducer for experimental speech research. *Folia Phoniatrica (Basel)* **20** : 360~380, 1968.
- 13) Lieberman P : Direct comparison of subglottal pressure and esophageal pressure during speech. *J Acoust Soc Am* **43** : 1157~1164, 1968.
- 14) Tanaka S and Gould WJ : Relationship between vocal intensity and noninvasively obtained aerodynamic parameters in normal subjects. *J Acoust Society Am* **73** : 1316~1321, 1983.
- 15) 澤島政行, 本多清志, 青木幸夫 : 気流阻止法を利用した, 発声時の空気力学的検査法. *音声言語医学* **28** : 257~264, 1987.
- 16) Netsell R : Subglottal pressure and intraoral pressure during the intervocalic consonant of /t/ and /d/. *Phonetica* **20** : 68~73, 1969.
- 17) Shipp T : Intraoral pressure and lip occlusion in mid vocalic stop consonant production. *Journal of Phonetics* **1** : 167~170, 1973.
- 18) Smitheran JR and Hixon TJ : A clinical

- method for estimating laryngeal airway resistance during vowel production. J Speech Hear Disord **46** : 138~146, 1981.
- 19) 北嶋和智, 藤田文香, 田中和成: 口腔内圧による発声時声門下圧の推定法. 音声言語医学 **33** : 186~191, 1992.
- 20) Rothenberg M : Vocal Fold Physiology (ed by Stevens KN and Hirano M). pp 204, University of Tokyo Press, Tokyo, 1981.
- 21) 深澤達也: 音声能率の計算機シミュレーション. 音声言語医学 **30** : 5~10, 1989.
- (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)