起声時における病的発声の空気力学的研究

大津有二郎¹⁾・岩田 重信¹⁾・竹内 健二¹⁾・越知美樹子¹⁾
岩田 義弘¹⁾・戸田 均²⁾・畔柳 久志³⁾・中西 泰夫⁴⁾

Aerodynamic Studies of Voice Disorders in Vocal Attack

Yujiro Ohtsu, Shigenobu Iwata, Kenji Takeuchi,
Mikiko Ochi and Yoshihiro Iwata
(Fujita Health University School of Medicine)

Hitoshi Toda
(Chita Kosei Hospital)

Hisashi Kuroyanagi
(Prefectural Aichi Hospital)

Yasuo Nakanishi
(Gamagori Public Hospital)

To clarify the phonation dynamics in voice disorders, we aerodynamically evaluated phonation during vocal attacks in 68 patients with vocal cord lesions and 12 controls with normal larynges.

The patients with polypoid cords or glottic cancer showed shortening of the time between the increase in the subglottic pressure and the vocal attack (PS-I time), the rise time, a high subglottic pressure and hard attacks.

Patients with recurrent nerve palsy showed slight shortening in the PS-I time, the rise time, a slightly higher subglottic pressure than in the control and patients with mild attacks.

Key words: vocal attack, PS-I time, rise time, air flow, subglottic pressure

はじめに

声帯病変の発声動態を検討する上で、起声時、すなわち音声を発声する時点と音声を生じる前の喉頭内の調節運動、ことに声帯の内転、緊張状態を知ることが、極めて重要と考えられる。

そこで我々は、経鼻的声門下圧測定と当教室で開発した発声機能解析システム (PI-100)¹⁾ を

用いた発声機能を経時的に同時測定し、正常喉頭者を対照として、病的発声の起声時における発声動態を、空気力学的立場から検討を加えたので報告する。

研究対象

研究の対象症例は、80例 (男性57例, 女性23例)で(表1), 浮腫状変性病変を主体とする、

1) 藤田保健衛生大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任: 岩田重信教授)
3) 県立愛知病院耳鼻咽喉科

2) 知多厚生病院耳鼻咽喉科
4) 蒲郡市民病院耳鼻咽喉科

ポリープ様声帯 8 例 (男性 4 例, 女性 4 例), 硬化性病変として, 声門癌 27 例, うち, T_1 声門癌 12 例 T_2 声門癌 11 例, T_3 声門癌 4 例, 声帯の低緊張性病変である反回神経麻痺 33 例, うち, 正中位固定 7 例 (男性 2 例, 女性 5 例), 副正中位固定 18 例 (男性 13 例, 女性 5 例), 内筋麻痺 8 例 (男性 5 例, 女性 3 例) について発声機能を測定し, 正常喉頭者 12 例 (男性 6 例, 女性 6 例) を対照として比較検討した。

表 1 対象症例

1) ポリープ様声帯	8例(男性: 4例, 女性: 4例)
2) T_1 声 門 癌	12例(男性:12例, 女性: 0例)
3) T_2 声 門 癌	11例(男性:11例, 女性: 0例)
4) T_3 声 門 癌	4例(男性: 4例, 女性: 0例)
5) 正 中 位 固 定	7例(男性: 2例, 女性: 5例)
6) 副 正 中 位 固 定	18例(男性:13例, 女性: 5例)
7) 内 筋 麻 痺	8例(男性: 5例, 女性: 3例)
8) 正 常 喉 頭	12例(男性: 6例, 女性: 6例)
合 計	80例(男性:57例, 女性:23例)

研究方法

発声機能に関する各パラメーターを測定するブロックダイアグラムを図 1 に示す。永島医科器械製 PS-77 発声機能検査装置から得られた声の強さ (音圧: dB), 声の高さ (基本周波数: Hz), 呼気流率 (ml/sec.) と DC アンプを介して得られる声門下圧 (cmH₂O) の信号は, A-D 変換され当教室で開発した発声機能解析用ソフト (PI-100)¹⁾ を用いて演算処理した。

測定法: 被験者には楽な出し易い声の高さ, 強さで発声させる検査²⁾ の意味を充分説明し理解させた。

楽な発声で母音 /a/ を発声させ, 3 回測定したうちの最も良い成績を検討のサンプルとして採用した。

研究成績

1. 正常喉頭者の起声時の発声状態

正常喉頭者の起声時の発声動態を検討するにあたり, その代表例として, 26 歳, 男性の成績を図 2 に示した。

横軸に時間軸 (単位: msec.) を, 縦軸は上段より呼気流率 (単位: ml/sec.), 音圧 (単位: dB), 声門下圧 (単位: cmH₂O) を示した。この図は, 起声前の発声準備状態 (prephonation) と起声時 (vocal onset), そして起声後の音圧の膨大部 (maximum peak of amplitude envelope) までの連続的変化を示した。

図 1 ブロックダイアグラム

起声前、声門下圧は徐々に上昇を始め、6.0 cmH₂O に達した時点で発声を開始し、この声門下圧の上昇から起声時までの時間 (PS-I time) は 180 msec. であった。

呼気流率の増加は声門下圧の上昇開始後 120 msec. でピークに達しその値は 480 ml/sec. で

あった。以後、徐々に下降を始め 157 ml/sec. の時点で起声を開始した。呼気流の流出開始から起声時までの時間 (U-I time) は 100 msec. であった。

声門下圧の上昇と呼気の流出開始と同時に、披裂部および声帯は内転を始め、声帯は閉鎖状態となって、呼気流は減少し声門下圧の上昇につれて、声門抵抗も増加していく状態を示した。

また、音声波の振動幅は起声開始とともに増加し、起声時の音圧は 67 dB でその後、音圧の膨大部に達し、その時の音圧は 83 dB であった。この音圧の増加開始から音圧の膨大部までの時間を、Koike³⁾ はたち上がり時間 (rise time) と呼んでいるが、本例では 160 msec. であった。

次に、起声時と音圧の膨大部における声門抵抗、声門下パワー、喉頭効率の成績を表 2 に示した。

声門抵抗は起声時で 0.38×10^2 cmH₂O/l/sec., 音圧の膨大部で 0.29×10^2 cmH₂O/l/sec. と減少した。

声門下パワーは起声時で 0.92×10^6 erg/sec., 音圧の膨大部では 2.32×10^6 erg/sec. となり約 2.5 倍に増大した。

喉頭効率は、起声時には 0.17×10^{-4} , 膨大部で 3.05×10^{-4} と約 18 倍に増大した。

このことより、音圧の増大に際して、声門下エネルギーとしての声門下パワーが効率的に音響エネルギーに変換されている状態が、喉頭効率の著明な増大から理解できた。

正常喉頭者 12 例の起声前、起声時、音圧の膨大部における各パラメーターの平均値と標準偏差を表 3 に示す。

PS-I time の平均値は 223 ± 137 msec., U-I time の平均値は 135 ± 105 msec., たち上がり

図 2 26歳、男性正常者

表 2 26歳、男性例の各パラメーターの成績

症 例	P-I 時間 (msec.)	U-I 時間 (msec.)	たち上がり ¹⁾ 時間 (msec.)	音 圧 (dB)		声門下圧 (cmH ₂ O)			呼気流率 (ml/sec.)			声門抵抗 ($\times 10^2$ cmH ₂ O/l/sec.)		声門下パワー ($\times 10^6$ erg/sec.)		喉頭効率 ($\times 10^{-4}$)	
				起声時	膨大部	起声前	起声時	膨大部	起声前	起声時	膨大部	起声時	膨大部	起声時	膨大部	起声時	膨大部
26歳 男性	180	100	160	67	83	1.6	6.0	8.3	234	157	286	0.38	0.29	0.92	2.32	0.17	3.05

時間の平均値は 181 ± 109 msec. であった。音圧は起声時 66 dB で、膨大部では 79 dB と増大し、その際、声門下圧の平均値は起声前で $1.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、起声時で $4.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ と約 3 倍、膨大部では $5.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ と約 4 倍に増加した。

呼気流率の平均値は起声前は 66 ml/sec. 、起声時で 144 ml/sec. と約 2 倍、膨大部では 197 ml/sec. と約 3 倍に増加し、声門抵抗は起声時で $0.38 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$ 、膨大部で $0.35 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$ と軽度減少したが、声門下パワーのそれは起声時で $0.62 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$ 、膨大部では $2.56 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$ と約 4 倍に増大した。その結果、喉頭効率は起声時で 0.91×10^{-4} で膨大部では 11.03×10^{-4} と約 12 倍と著明増大した。

以上より正常発声では起声開始までの 223 msec. の間に披裂部の内転運動および声門閉鎖が起こり、声門下圧の上昇と僅かに遅れて、呼気の流出が起こり起声に至る、以後声門抵抗は減少し、声門下圧と呼気流率の増加による声門下パワーの増大によって音圧のピークに達し、その際の声帯における音響エネルギーへの変換

効率は著明に良好であることが理解された。

2. 病的発声の起声時における発声動態

1) ポリープ様声帯

ポリープ様声帯 8 例の各パラメーターの平均値と標準偏差を表 3 に示した。

PS-I time は 120 msec., U-I time は 80 msec., たち上がり時間は 190 msec. であった。正常喉頭者の成績に比べ PS-I time は 50% に短縮し、U-I time は 60% と短縮したが、たち上がり時間は正常喉頭と差はなかった。

音圧は起声時、膨大部でそれぞれ、66 dB, 80 dB で正常例の平均値と差はなかった。

声門下圧は起声前 $1.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ で起声時は $8.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、音圧の膨大部では $11.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ と増大し、正常例に比べ起声前で 1.3 倍、起声時で 2 倍、膨大部では約 2 倍に増加していた。

呼気流率は起声前、起声時、膨大部において、それぞれ 57 ml/sec. , 134 ml/sec. , 360 ml/sec. で正常例のそれらの成績と比べ、起声前で、起声時で僅かに減少し、膨大部では約 2 倍に増加していた。

声門抵抗値は起声時、膨大部での平均値は、

表 3 疾患別の各パラメーターの平均値と標準偏差

症 例 n=80	P-I 時間 (msec.)	U-I 時間 (msec.)	たち上がり 時間 (msec.)	音圧 (dB)		声門下圧 (cmH2O)			呼気流率 (ml/sec.)			声門抵抗 (×10 ² cmH2O/l/sec.)		声門下パワー (×10 ⁶ erg/sec.)		喉頭効率 (×10 ⁻⁴)	
				起声時	膨大部	起声前	起声時	膨大部	起声前	起声時	膨大部	起声時	膨大部	起声時	膨大部	起声時	膨大部
正常喉頭 n=12	223	135	181	66	79	1.4	4.0	5.8	66	144	197	0.38	0.35	0.62	2.56	0.91	11.03
	137	105	109	2	4	0.3	1.9	2.9	62	96	109	0.25	0.17	0.61	4.50	1.17	18.32
ポリープ様声帯 n=8	120	80	190	66	80	1.8	8.4	11.4	57	134	360	0.89	0.49	0.99	2.79	0.20	2.20
	118	100	84	3	4	0.5	3.3	3.1	29	70	66	0.70	0.28	0.39	0.66	0.16	3.01
T ₁ 声門癌 n=12	208	120	138	66	80	1.3	15.4	17.9	34	96	190	2.53	1.58	1.44	3.44	1.82	7.01
	104	103	53	5	5	0.4	13.3	12.9	25	56	134	3.72	1.93	1.32	3.66	5.10	9.84
T ₂ 声門癌 n=11	272	98	152	64	77	1.8	15.5	20.7	47	149	266	3.11	3.65	2.48	5.40	0.25	1.03
	233	109	107	3	5	1.2	9.6	10.2	45	147	204	3.95	5.83	3.82	4.24	0.46	1.18
T ₃ 声門癌 n=4	140	50	200	64	75	1.8	8.4	13.9	34	110	228	1.40	1.29	0.84	3.98	0.31	0.68
	37	41	48	2	4	0.9	2.4	6.9	21	103	179	0.76	1.09	0.70	4.81	0.43	0.24
正中位固定 n=7	160	108	168	67	76	1.4	4.5	7.0	88	228	326	0.60	0.31	1.12	2.79	2.49	4.69
	97	75	109	4	2	0.5	1.9	3.4	86	225	280	0.74	0.17	1.19	3.11	4.86	8.61
副正中位固定 n=18	171	104	186	64	76	1.7	5.6	10.2	86	349	503	0.23	0.22	1.72	4.96	0.17	1.42
	171	106	85	3	7	0.6	4.6	5.7	80	231	265	0.58	0.46	1.70	4.42	0.23	3.67
内筋麻痺 n=8	140	102	202	65	79	1.6	6.8	10.6	113	298	412	0.34	0.33	2.27	5.31	1.74	7.66
	63	71	130	4	6	0.6	3.8	5.7	84	203	279	0.23	0.15	2.61	4.77	4.36	16.75

(上段は平均値, 下段は標準偏差)

$0.89 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$, $0.49 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$ となり正常例に比し, 起声時で約2倍, 膨大部で1.4倍に増加していた。

このことは, 声帯の浮腫状変化による声門抵抗の増加は起声後から膨大部に至る音圧増加に際し, 声門下圧と呼気流率を共に増加させていると理解できた。

声門下パワーは起声時で $0.99 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$, 膨大部で $2.79 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$ と正常例に比べ, 約1.5に増加し, 喉頭効率も起声時, 膨大部それぞれ, 0.2×10^{-4} , 2.2×10^{-4} とともに, 正常発声のそれに比べ約20%に減少しており, 変換効率の低下が窺えた。

2) T₁ 声門癌

T₁ 声門癌12例の各パラメーターの平均値と標準偏差を表3に示した。

PS-I time, U-I time, たち上がり時間の成績はそれぞれ, 208 msec., 120 msec., 138 msec. で, 正常例の成績に比しそれぞれ短縮した。

音圧は起声時で 66 dB, 膨大部で 80 dB で, 声門下圧は, 起声前, 起声時, 膨大部でそれぞれ $1.3 \text{ cmH}_2\text{O}$, $15.4 \text{ cmH}_2\text{O}$, $17.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ を示し, 正常例と比べ起声時で約4倍, 膨大部で約3倍に増加していた。

呼気流率は正常者に比し起声前, 起声時, 膨大部でそれぞれ, 34 ml/sec. , 96 ml/sec. , 190 ml/sec. と減少し, 声門抵抗は起声時, 膨大部で, $2.53 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$, $1.58 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$ で正常例の6.6倍, 4.5倍となった。

声門下パワーは起声時, 膨大部で, $1.44 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$, $3.44 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$ と増大した。

喉頭効率は起声時で 1.82×10^{-4} , 膨大部で 7.01×10^{-4} と正常例に比べ, 起声時で2倍に拡大したが, 膨大部では63%に減少していた。

3. T₂ 声門癌

T₂ 声門癌11例の各パラメーターの平均値と標準偏差を表3に示した。

PS-I time, U-I time, たち上がり時間はそれぞれ, 272 msec., 98 msec., 152 msec. となり正常例と比較すると PS-I time, たち上がり時

間は, 1.2倍, 1.3倍と延長したが, U-I time は70%と短くなった。

声門下圧は起声前, 起声時, 膨大部でそれぞれ, $1.8 \text{ cmH}_2\text{O}$, $15.5 \text{ cmH}_2\text{O}$, $20.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ と正常例の1.3倍, 4倍, 3.5倍と増大した。声門抵抗は起声時で $3.11 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$, 膨大部で $3.65 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$ で正常例のその8倍, 10倍に増大し, 声門下パワーは起声時, 膨大部で $2.48 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$, $5.40 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$ と正常例の4倍, 2倍に増大したが, 喉頭効率は起声時で 0.25×10^{-4} , 膨大部で 1.03×10^{-4} と正常例の約20%, 9%と著明に低下した。

4) T₃ 声門癌

T₃ 声門癌4例の各パラメーターの平均値と標準偏差を表3に示した。

PS-I time, U-I time, たち上がり時間の成績は, それぞれ 140 msec., 50 msec., 200 msec. と正常例と比較し PS-I time は1.2倍延長し, U-I time は30%に短縮し, たち上がり時間は正常範囲内であった。

音圧は起声時, 膨大部でそれぞれ 64 dB, 75 dB で声門下圧は, 起声前, 起声時, 膨大部で $1.8 \text{ cmH}_2\text{O}$, $8.4 \text{ cmH}_2\text{O}$, $13.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ で正常例の1.3倍, 2倍, 2.4倍と増加した。

呼気流率は起声前, 起声時, 膨大部で, 34 ml/sec. , 110 ml/sec. , 228 ml/sec. で声門抵抗は起声時, 膨大部で $1.40 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$, $1.29 \times 10^2 \text{ cmH}_2\text{O/l/sec.}$ とともに正常例の3.7倍に増大した。

声門下パワーは起声時, 膨大部で $0.84 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$, $3.98 \times 10^6 \text{ erg/sec.}$ となり喉頭効率は起声時と膨大部では 0.31×10^{-4} , 0.68×10^{-4} と正常例の30%と6%とに著明減少した。

以上より, 声門癌では PS-I time の声門閉鎖期を短くし, 高い声門抵抗に対して, 声門下圧を正常例の約2~3倍に増加させ, また, 比較的短いたち上がり時間をもって一気に音圧の膨大部に達することを示した。また, 腫瘍の声門に占める割合や, 声帯の stiffness の増大によ

る声門抵抗の増加で呼気流率の減少がみられた。声門下パワーは正常例の約 2～4 倍に増大していた。

喉頭効率 は声帯に対し、腫瘍の影響の大きな T₂, T₃ 症例となると低い値を示し、変換効率の低下を示した。

5) 一側反回神経麻痺

(1) 正中位固定

正中位固定 7 例の各パラメーターの平均値と標準偏差を表 3 に示した。

PS-I time, U-I time, たち上がり時間はそれぞれ 160 msec., 108 msec., 168 msec. と正常例の 70%, 80%, 90% と短縮した。

声門下圧は起声前, 起声時, 膨大部で 1.4 cmH₂O, 4.5 cmH₂O, 7.0 cmH₂O で起声前, 起声時は正常範囲であったが, 膨大部では 1.2 倍と僅かに増大し, 呼気流率は起声前, 起声時, 膨大部で 88 ml/sec., 228 ml/sec., 326 ml/sec. となり正常の 1.3 倍, 1.6 倍, 1.7 倍に増加した。

声門抵抗は起声時, 0.60×10^2 cmH₂O/l/sec. で正常例の 1.5 倍に増大したが, 膨大部では 0.31×10^2 cmH₂O/l/sec. と約 50% に減少した。

声門下パワーは起声時, 膨大部で 1.12×10^6 erg/sec., 2.79×10^6 erg/sec. で起声時は正常の 1.8 倍増であったが, 膨大部では正常範囲であった。

喉頭効率は起声時, 膨大部で 2.49×10^{-4} , 4.69×10^{-4} で起声時は 2.7 倍となり, 膨大部では 42% に縮小した。

(2) 副正中位固定

副正中位固定 7 例の各パラメーターの平均値と標準偏差を表 3 に示した。

PS-I time, U-I time, は 171 msec., 104 msec., で正常例の 70%, 77% に短縮し, たち上がりの時間は 186 msec. で正常範囲内であった。

声門下圧は起声前, 起声時, 膨大部で 1.7 cmH₂O, 5.6 cmH₂O, 10.2 cmH₂O で正常例の 1.2 倍, 1.4 倍, 1.7 倍に増加した。

呼気流率は起声前, 起声時, 膨大部で 86

ml/sec., 349 ml/sec., 503 ml/sec. でそれぞれ, 正常の 1.3 倍, 2.4 倍, 2.5 倍に増加した。

声門抵抗は起声時, 膨大部で 0.23×10^2 cmH₂O/l/sec., 0.22×10^2 cmH₂O/l/sec. で, ともに正常の 60% に減少した。

声門下パワーは起声時, 膨大部で 1.17×10^6 erg/sec., 4.96×10^6 erg/sec. で正常例の 2.7 倍, 2 倍に増大し, 喉頭効率は起声時, 膨大部で, 0.17×10^{-4} , 1.42×10^{-4} で正常例の 18%, 12% に著明に減少した。

以上より, 声帯の低緊張性病変である反回神経麻痺では声門閉鎖期の PS-I time は正常より軽度短縮し, 声門下圧の増加開始後, 僅かに遅れて, 正常例よりも約 1.2～1.7 倍の呼気の流出が起こり, また正常例よりも 1.2 倍程高い声門下圧をもって起声に至った。

声門抵抗は声帯のレベル差のある正中位固定では, 起声時に僅かに正常例よりも高い値を示したが, 音圧の膨大部においては低下していた。発声時の声門間隙の大きな副正中位固定では起声時, 膨大部と正常よりも著明に減少した。声帯筋の萎縮による声門間隙をみた内筋麻痺例では起声時, 膨大部を通して声門抵抗の僅かな低下を示した。

声門下パワーは正常とほぼ同じ音圧を維持するために, 声門下圧の増大と呼気流率の著明増加を反映し, 起声時, 膨大部共に約 2～4 倍に増加した。

喉頭効率は声門下パワーの増大にも拘らず音圧に反映されなかった副正中位固定例は著明に縮小し, 正中固定, 内筋麻痺は起声時では約 2 倍程に拡大するも, 音圧の膨大部では, 呼気流率の漏出が影響し, 約 40～70% と変換効率の低下が窺えた。

考 察

起声 (vocal attack) は, 声の出し始めに声帯が呼吸位から発声位に移行する部位を示し発声法により, 軟起声 (soft attack), 硬起声 (hard attack), 氣息起声 (breathy attack) の 3 つに分類されている⁴⁾。

岩田⁵⁾, 廣戸⁶⁾は起声前, 170 msec. から 190 msec. で声門下圧は上昇を始め, 声門下圧が, 2.0 cmH₂O から 3.0 cmH₂O に達すると発声を開始し, その後も声門下圧は増大し, 発声開始後 90 msec. から 130 msec. にて声門下圧は最大となり (多くは 4.0 cmH₂O), また終声で 3.0 cmH₂O 以下になると発声は終了すると報告した. 今回我々が検討した, 正常例の成績では声門下圧の上昇から起声時までの時間 (PS-I time) は 223 msec. で起声時の声門下圧は 4.0 cmH₂O で, また起声開始後, 音圧の膨大部までの時間 (rise time) は 181 msec. でその時の声門下圧は 5.8 cmH₂O で岩田⁵⁾の報告とはほぼ同様の結果であった.

また, 浅野⁷⁾は生理学的起声を検討し, PS-I time は硬起声は 113 ± 10.8 msec., 軟起声で 284 ± 45.8 msec., 氣息起声で 216 ± 16.8 msec. であり, 起声時の声門下圧は軟起声で 2.9 ± 0.1 cmH₂O, 硬起声で 12.6 ± 0.6 cmH₂O, 氣息起声で 4.6 ± 0.1 cmH₂O で呼気流量は軟起声で 195 ml/sec., 硬起声で 3 ml/sec., 氣息起声で 937 ml/sec. であったと報告している.

我々の正常例の起声時の呼気流量は 144 ml/sec. であり浅野⁷⁾の軟起声の範囲にあった.

声帯の浮腫状変性であるポリープ様声帯と硬化性病変である声門癌 T₁, T₂, T₃ の PS-I time は正常例のその50~90%に短縮した. また起声時の声門下圧は正常例の約2~4倍に増大し, 起声時の呼気流量は約60~90%と減少し, 硬起声の状態を示した.

声帯の低緊張性病変である反回神経麻痺例の PS-I time は正常例の約60~70%に短縮した. 起声時の声門下圧は約1.4~1.7倍と軽度増大し, 起声時の呼気流量は約1.6~2.4倍に増加し, 軟起声に類似した状態を示した.

Koike³⁾は起声部に注目し, 起声時における音声波の上昇開始から音圧のピーク (音声波の膨大部: maximum peak of amplitude envelope) までの時間をたち上がり時間 (rise time) とし, 生理的な発声におけるたち上がり時間は軟起声

では長く (平均約 260 msec.) で硬起声では短く (平均約 30 msec.), 氣息起声では平均約 148 msec. で喉頭の悪性腫瘍ではしばしば硬起声に近い状態を示すと報告した. 我々の正常例のたち上がり時間は 181 msec. であった.

ポリープ様声帯, 声門癌例のたち上がり時間は正常例の約80%に短縮したが, Koike の報告³⁾ほどの短縮は示さなかった.

反回神経麻痺例では正常例の約90%の短縮ないし正常とほぼ同じであった.

声門下エネルギーの源である声門下圧は, ポリープ様声帯, 声門癌例では声帯に占める病変の割合や, 声帯の stiffness, 声帯の粘膜変化による高い声門抵抗に対し, 起声時, 膨大部共に正常例の約2~4倍に増加していた. 反回神経麻痺例では呼気流量の増加をみるか, 声門下エネルギーとして充分に反映されないため, 声門下圧は正常例の約1.2~1.7倍程増加した.

黒木⁸⁾は起声時における声門下圧の変動について検討し, 起声時の声門下圧は正常で 10 cmH₂O, 声門癌で 26 cmH₂O, 片側反回神経麻痺で 9 cmH₂O であったと報告し, 我々の成績も同様の傾向を示した.

声門抵抗はポリープ様声帯, 声門癌では正常例の約2~8倍に増大しており, T₂ > T₁ > T₃ > ポリープ様声帯の順に高い値を示し, 声帯に占める腫瘍の割合, stiffness の増加の程度に比例していた.

反回神経麻痺例では発声時の声門間隙の大きさに比例し, 副正中位固定 > 内筋麻痺 > 正中位固定の順に声門抵抗の低下を示し, 正常例の約60~90%に減少した.

声門下パワーは, ポリープ様声帯, 声門癌では声門下圧の増加を反映し, 正常例の約2~4倍に増大し, 反回神経麻痺例では約2~4倍に増大した.

喉頭効率にはポリープ様声帯, 声門癌, 反回神経麻痺共に低値を示し, 腫瘍性病変では声帯に占める病変の大きなもの程その低下は著明であり, また低緊張性病変では発声時の声門間隙の

大きな例程, 喉頭効率の悪化が顕著であった。

結 語

1. 当教室で開発した発声機能解析装置による発声機能と経鼻の声門下圧を同時測定し, 起声時における発声動態を, 正常例を対照として声帯の腫瘍性病変と低緊張性病変について検討した。

2. 腫瘍性病変の声門下圧の上昇から起声時までの時間 (PS-I time) と, 起声時から音圧の膨大部までの時間 (たち上がり時間) は, 正常例に比して短縮し硬起声発声を示した。

3. 低緊張性病変では PS-I time とたち上がり時間は正常例に比べ軽度短縮し, 呼気流率の増加は著明で軟起声の傾向を示した。

4. 喉頭効率は腫瘍性病変では声帯に占める病変の大きなもの程, また低緊張性病変では発声時の声門間隙の大きな例程, その悪化は顕著であった。

参考文献

- 1) 岩田重信, 大津有二郎, 小島秀嗣, 他: 発声機能自動解析システム (PI-100) について. 音声言語医 32: 406~412, 1991.
- 2) 平野 実, 斉藤成司, 澤島政行, 他: 発声機能検査施行上, ガイドラインについて. 音声言語医 23: 164~167, 1982.
- 3) Koike Y: Experimental studies on vocal attack. 耳鼻臨床 60: 663~688, 1967.
- 4) 平野 実: 喉頭の生理. 臨床耳鼻咽喉科・頭頸部外科全書 10A (斉藤成司, 日野原正編). 61~63頁, 金原出版, 東京, 1986.
- 5) 岩田重信: 空気力学的にみた発声障害の臨床. 音声言語医 21: 168~174, 1980.
- 6) 廣戸幾一郎: 発声機構の面よりみた喉頭の病態生理. 耳鼻臨床 59: 229~292, 1966.
- 7) 浅野公子: 起声に関する空気力学的研究. 金沢十全医誌 80: 617~631, 1971.
- 8) 黒木康二: 発声時の声門下圧に関する研究. 耳鼻 15: 54~74, 1969.

(別刷請求先: 岩田重信
〒470 豊明市沓掛町田楽ヶ窪1-98
藤田保健衛生大学医学部耳鼻咽喉科学教室)