喉頭癌患者における発声機能

— 声門下圧と喉頭効率 —

岩田 重信・畔柳 久志・竹内 健二
戸田 均・小島 秀嗣・岩田 義弘

Subglottic Pressure and Laryngeal Efficiency in Patients with Laryngeal Carcinoma

Shigenobu Iwata, Hisashi Kuroyanagi, Kenji Takeuchi,
Hitoshi Toda, Hidetsugu Kojima and Yoshihiro Iwata
(Fujita Health University School of Medicine)

Subglottic pressures and laryngeal efficiencies were measured in 12 normal subjects and 19 patients with laryngeal carcinoma.

In this study, the PS-77 phonatory equipment was used to measure airflow, pitch, intensity levels and subglottic pressure during phonation. Measurements were taken by a miniature pressure transducer through the glottis. These parameters were entered into a PI-201 computer analyzing system. Subjects were requested to phonate the maximum sustained comfortable pitch and intensity level, and to change the intensity levels from lower to louder as far as they could.

During sustained phonation, subglottic pressure showed a mean value of 10.2 cmH₂O in normal subjects and 29.2 cmH₂O in patients with laryngeal carcinoma. The mean value of laryngeal efficiency was $1.47 \pm 1.79 \times 10^{-4}$ in normal subjects and $1.05 \pm 1.82 \times 10^{-4}$ in carcinoma patients. When changing the intensity levels of their voices, parameters such as subglottic pressure, laryngeal resistance, subglottic power and efficiency were increased linearly with the increasing intensity level in normal subjects, but in patients with laryngeal carcinoma, laryngeal efficiency demonstrated lower values and was less changed with increasing intensity levels compared to those of normal subjects.

Key words: subglottic pressure, laryngeal efficiency, laryngeal carcinoma

はじめに

発声機能を評価するうえで声門下圧の測定は極めて重要であり、これにより多くの基本的情報を提供することができる。空気力学的な面より、今回、非観血的に声門下圧を抽出し PS-77

発声機能検査装置を併用、同時記録しコンピュータにて自動解析するシステム (PI-100)¹⁾を開発した。これを用い、喉頭癌患者の発声機能の病態を解析する目的で、声の高さ (Hz)、大きさ (dB)、呼気流率 (ml/sec) 声門下圧 (cmH₂O)

を測定パラメーターとし、声門抵抗 ($\text{cmH}_2\text{O}/\text{L}/\text{sec}$)、声門下パワー、音響エネルギー、さらに喉頭効率を求め、正常喉頭者の成績と比較したので、その成績について報告する。

発声機能の検査方法

1. 測定装置と発声機能パラメータ

本検査に用いたパラメータは、発声機能検査装置 PS-77²⁾ から得られる音声の高さ (Hz)、強さ (dB)、呼気流率 (ml/sec) と、声門下圧である。

声門下圧測定は、ヨタカテ先端圧力センサー TCP2-RN13-6, F30 と micro tip catheter pressure transducer (model PC-340, Miller 社) のいずれかをを用い、経鼻的に声門下約 3 cm に先端部を固定し、直接声門下圧を抽出した。この transducer の声門下への挿入による発声の影響は殆どないこと³⁾を確認している。

以上のパラメータからコンピューター自動解析システム PI-100 を用い、声門抵抗 ($\text{cmH}_2\text{O}/\text{L}/\text{sec}$)、声門下パワー (erg/sec)、音声パワー (erg/sec)、口端よりマイクの位置 20 cm で、環境雑音を除去したもので喉頭効率 (音声パワー/声門下パワー) を求め、これら 8 種のパラメータを PS-77 装置の出力部より、三栄測器 polygraphy 142-8, visigraph FR-102 に同時記録させた。

また、画面上に一次、二次、三次元表示を可能とし、これを印刷できるようにした。これら

の測定ダイアグラムを図 1 に示した。

2. 発声条件

日本音声言語医学会、発声機能委員会の規約に則り、各被検者に、①深呼吸後、最も出し易い声の大きさと高さ (胸声区内) で、最長持続発声を求めた。次いで、②被検者の出し得る声の大きさを、弱い、普通、大きい声、できるだけ大きい声の 4 段階に分け、数秒間持続発声させた。また、正常喉頭者の一部に音圧の変化を連続発声下に行わせた。

3. 対象

喉頭癌 19 例を選択した。これは T1 5 例, T2 6 例, T3 6 例, T4 2 例であった。対象として、正常喉頭者 12 例 (男性 9 例, 女性 3 例) を選んだ。本検査においてすべて患者の同意を得ている。

4. 成績

1) 最長持続発声の条件

正常喉頭ならびに喉頭癌症例、声門癌 (T3N0M0) の最長発声持続時の成績を図 2 と図 3 に示す。図 2 は、正常喉頭、24 歳、女性で、彼女の音声は高さ 185 Hz、強さは 90 dB であり、最長発声持続時間は 20.7 秒、安定部分の平均呼気流率は 106 ml/sec 、声門下圧は 10.5 cmH_2O にて声門抵抗は 98.8 $\text{cmH}_2\text{O}/\text{L}/\text{sec}$ 、喉頭効率は 2.91×10^{-4} を得た。

図 3 は男性、56 歳、声門癌 T3N0M0 で、気

図 1 測定ダイアグラム

息性と粗造性要素の強い嘎声で、癌腫は右声帯被裂部、仮声帯に浸潤し、右声帯固定がみられた。検査時の音声の高さは、170 Hz、強さは 91

dB で、かなりの努力性発声の状態であった。最長発声持続時間は13.8秒、平均呼気流率は155 ml/sec で声門下圧は 32.1 cmH₂O と増加し

正 常 喉 頭

最長持続時間 20.7 sec.	
24 歳,	呼気流率 106 ml/sec.
女性,	声門下圧 10.5 cmH ₂ O
	声門抵抗 98.8 cmH ₂ O/L/sec.
	高さ 185 Hz
	強さ 90 dB

図 2 最長持続発声の音声（高さ，強さ），呼気流率と声門下圧
発声中の各パラメータは安定してみられる。

喉 頭 癌

最長持続時間 13.8 sec.	
56 歳,	呼気流率 155 ml/sec.
男性,	声門下圧 32.1 cmH ₂ O
	声門抵抗 206 cmH ₂ O/L/sec.
	高さ 170 Hz
	強さ 91 dB

図 3 最長持続発声の音声（高さ，強さ），呼気流率，声門下圧，声門抵抗
持続発声中の各パラメータの変動がみられる。

ており、声門抵抗は $206 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ 、喉頭効率 $\times 10^{-4}$ は 8.09×10^{-4} であった。また、この記録にみる如く、持続発声中に各パラメーターは不規則に変動し特に起声時と終声時に著しかった。

各症例の持続発声時の安定部における成績の概要を正常喉頭と喉頭癌群に分け、表1に示した。正常喉頭における最長発声持続時間の値は、個々の肺機能の状態でやや異なっていたが、その平均値は 17.7 ± 8.2 秒であり、平均呼気流量は症例6を除いて、その分布は 94 ml/sec から 215 ml/sec で、平均値は $132.2 \pm 30.2 \text{ ml/sec}$ 、その平均音圧は $75.8 \pm 6.6 \text{ dB}$ であった。

声門下圧の分布は $5.1 \sim 14.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ で、その平均値は $10.2 \pm 3.1 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、声門抵抗のそれは $39 \sim 118 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ にあり、その平均値は $4.7 \pm 25.6 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ を示し、その喉頭効率は $0.1 \sim 2.91 \times 10^{-4}$ に分布し、その平均値は $1.47 \pm 1.79 \times 10^{-4}$ となった。喉頭癌での M.P.T 平均値は、声門癌 T1a で 16.1 ± 4.4 秒、T2 は 12.8 ± 4.5 秒、T3 は 13.2 ± 6.5 秒で、T4 は平均 15.8 秒であった。平均呼気流量の平均値は、声門癌 T1a は $178.0 \pm 84.9 \text{ ml/sec}$ 、T2 は $177.2 \pm 58.0 \text{ ml/sec}$ 、T3 は $252.2 \pm 225.8 \text{ ml/sec}$ 、T4 の平均値は 194.5 ml/sec を示した。

声門下圧は、T1a で $14.1 \sim 34.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ に認

め、その平均値は $25.5 \pm 8.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、T2 は $8.7 \sim 69.2 \text{ cmH}_2\text{O}$ の範囲で、平均値は $6.2 \pm 26.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ T3 は $10.8 \sim 37.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ に分布し、その平均値は $32.1 \pm 18.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ となり、T4 の平均値は $36.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ であった。喉頭癌全症例の声門下圧の平均値は $29.2 \pm 17.1 \text{ cmH}_2\text{O}$ となり、正常喉頭に比し、平均値で約3倍に増加した。

喉頭癌全体の声門抵抗は $194.6 \pm 153.4 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ で、正常の約2.5倍を示した。T分類では声門癌 T1a は $50 \sim 394 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ に分布し、その平均値は $165.2 \pm 129.3 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ となり、T2 は $44 \sim 640 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ の範囲で、その平均値は $257.7 \pm 224.8 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ と声門抵抗は増大していた。これに反し、T3、4症例は $23 \sim 317 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ の間に分布し、その平均値は $151.4 \pm 95.9 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ と、T1a、T2に比し、やや抵抗していた。喉頭効率は全体で $1.05 \pm 1.82 \times 10^{-4}$ を示し、正常に比べ低下し、その程度は、T1a では平均 $1.22 \pm 0.58 \times 10^{-4}$ 、T2 では $0.48 \pm 0.73 \times 10^{-4}$ 、T3、4では $0.48 \pm 0.72 \times 10^{-4}$ と、癌の進展の程度につれて低下していた。

2) 声の強さの変化

声の強さを変化させた時の、正常喉頭と喉頭癌症例の各パラメータの変化を表2、3に示す。一般的に両群とも音声強く発声させると、声門下圧の増加、呼気流量の増加を示し、声門抵抗も増加し、喉頭効率も上昇していた。声門下圧と音圧の関係は、正常喉頭では図4-1に示す如く、音圧が増加するにしたがい声門下圧も直線的に増加し、その両者間に密接な相関関係を認めた ($r=0.99$)。図4-2は、喉頭癌症例 T2 N0M0 の声門下圧と音圧の関係を示した。喉頭癌では声門下圧は高く、声帯の病変の程度により、音圧と声門下圧の測定値は異なるも、両者間には正の相関が ($r=0.76$) 認められた。

正常喉頭と喉頭癌症例における声門下圧と喉頭効率の関係は、図5-1、5-2に示す如く、両群とも声門下圧は増加につれ喉頭効率も上昇

表1 最長持続発声時における発声機能
パラメータの平均値と標準偏差

	正常喉頭	喉頭癌
最長発声持続時間 (sec)	17.7 ± 8.2 (7.3-24.5)	14.0 ± 5.2 (5.2-27.6)
平均呼気流量 (ml/sec)	132 ± 30 (94-304)	196 ± 129 (65-280)
声門下圧 (cmH ₂ O)	10.2 ± 3.1 (5.9-14.5)	29.2 ± 17.1 (8.7-47.2)
声門抵抗 (cmH ₂ O/L/sec)	74.7 ± 25.6 (39-118)	191.6 ± 153 (44-640)
強さ (dB)	75.8 ± 6.6 (66.5-84.0)	75.3 ± 10.0 (57.6-87.0)
喉頭効率 10^{-4}	1.47 ± 1.79 (0.11-2.37)	1.15 ± 1.92 (0.002-8.04)

し, 直線的な密接な関係 ($r=0.98$) を認めた. 声の大きさと喉頭効率¹⁶⁾は密接な直線的関係¹⁶⁾を示すも, 声帯病変の程度により, この相互関係の程度は異なっていた.

正常喉頭と喉頭癌の各症例について, 声の強さの変化 (dB) と声門下圧の相互関係を, 図 6 に示した. 両者を比較すると, 正常喉頭(図 6-1)に比し, 癌症例(図 6-2)では声門下圧は高く, 声を大きくすると急激に増加したが, 出し

得る音圧 (dB) の範囲が狭くなってきていた. 音圧レベルと喉頭効率との関係は図 7 に示す如く, 正常喉頭(図 7-1)の喉頭効率の範囲は, 0.1×10^{-4} から 41.5×10^{-4} の範囲で増加した. 喉頭癌(図 7-2)では 0.005×10^{-4} から 16.5×10^{-4} の範囲内にあり声門癌の進展の程度により著しく相違し, 音圧変動範囲の減少と T3, T4 症例に, 喉頭効率低下を認めた.

表 2 変化発声 (正常喉頭)

症例	年齢	性別	呼気流量 ml/sec	声門下圧 cmH ₂ O	喉頭抵抗 cmH ₂ O/l/sec	周波数 Hz	音 圧 dB	喉頭効率 $\times 10^{-4}$
1	75	男	106	16.7	157	160	91.0	23.1
			141	17.5	124	180	95.0	41.5
2	24	男	94	9.6	102	170	82.0	5.50
			200	23.0	115	260	90.0	7.02
3	76	男	246	16.4	67	142	76.7	0.38
			308	28.9	94	196	86.5	1.62
4	25	男	196	3.9	20	88	68.7	0.32
			500	47.9	96	210	98.0	8.56
5	29	男	128	6.8	53	220	72.9	0.75
			164	34.0	532	100	87.0	7.47
6	73	男	348	12.7	37	108	71.0	0.09
			348	25.0	72	208	87.0	1.85
7	29	男	217	3.6	17	93	70.5	0.47
			283	12.1	43	123	84.5	2.64
8	65	男	167	6.1	37	123	68.2	0.21
			69	13.3	192	123	76.2	1.48
9	51	女	127	8.9	70	216	76.8	1.38
			253	26.3	104	284	87.5	2.73
10	38	女	233	15.8	68	156	87.0	4.37
			317	21.1	66	208	96.0	19.3
11	49	女	324	9.7	30	233	79.3	0.89
			412	15.3	37	262	89.5	4.57
12	51	男	222	4.9	22	131	75.5	0.91
			264	15.9	60	123	90.0	7.73

考 察

発声機構に関する研究は、声帯の振動動態や音響学的分析、ならびに空気力学的な面より追求されてきている。

今回我々が開発した発声機能自動解析システム (PI-100)¹⁾ を用い、喉頭癌（声門癌）を対象に、その声門下圧の同時測定から声門抵抗、声門下パワー、喉頭効率を求め、正常喉頭者と比

表3 変化発声（喉頭癌）

症例	年齢	性別	病期	呼気流量 ml/sec	声門下圧 cmH ₂ O	喉頭抵抗 cmH ₂ O/l/sec	周波数 Hz	音圧 dB	喉頭効率 × 10 ⁻⁴
①	65	男	T _{1a}	129	11.3	88	115	81.5	3.13
				300	35.6	119	185	92.0	4.81
②	56	男	T _{1a}	192	26.0	135	156	71.1	0.08
				231	40.8	177	200	82.0	0.54
③	73	男	T _{1a}	230	13.6	59	175	79.5	0.91
				500	81.5	163	466	86.5	0.35
④	50	女	T _{1a}	130	13.9	106	147	63.6	0.04
				174	39.0	224	286	81.5	0.66
⑤	53	男	T _{1a}	480	11.1	23	185	70.9	0.08
				440	31.2	71	115	80.0	0.23
⑥	70	男	T ₂	257	9.0	35	115	74.2	0.37
				971	130.5	134	330	94.0	0.64
⑦	59	男	T ₂	231	36.2	157	165	86.5	1.72
				487	72.5	149	233	91.0	1.15
⑧	56	男	T ₂	269	23.3	87	82	63.4	0.01
				154	23.3	151	120	67.8	0.06
⑨	64	男	T ₂	189	96.4	509	150	64.7	0.005
				162	68.0	419	170	80.5	0.33
⑩	59	男	T ₂	120	12.8	107	93	62.4	0.04
				360	36.8	102	220	83.0	0.48
⑪	60	男	T ₂	240	25.2	105	156	70.7	0.06
				320	50.5	158	131	75.5	0.07
⑫	56	男	T ₃	267	32.1	121	170	90.0	3.74
				289	67.9	235	260	100.0	16.5
⑬	65	男	T ₃	811	15.2	19	110	84.0	0.66
				919	23.4	26	262	88.5	1.06
⑭	71	男	T ₃	272	31.4	116	131	69.7	0.04
				109	29.9	275	150	72.7	0.19
⑮	73	男	T ₃	207	28.1	136	—	64.4	0.02
				435	24.5	56	—	69.5	0.03
⑯	73	男	T ₃	167	15.5	93	120	78.4	0.87
				233	38.8	166	156	87.0	1.76
⑰	63	男	T ₃	348	16.7	48	65	60.1	0.006
				435	26.3	60	104	61.6	0.004
⑱	61	男	T ₄	143	17.2	120	125	76.0	0.53
				191	37.2	195	160	85.5	1.62
⑲	67	男	T ₄	179	10.6	59	147	74.1	0.45
				372	41.4	111	262	92.5	3.75

較検討した。喉頭での発声時の声門下圧の直接測定は、特に声門抵抗を数量的に求めることが可能で、臨床的に機能的診断を下すうえで極めて重要となる。

そこで微細圧力計 micro tip TCP2-RN13 や、micro tip PC-340 (Miller 社) を用い、¹⁾³⁾ 経鼻的に

圧センサーを声門下 3 cm に挿入し、発声機能検査装置 (PS-77) と連動させ、PI-100 自動解析プログラムを用い、各パラメータ間の相互関係を追求した。

声門下圧と音圧との関係は、Van den Berg ら⁴⁾⁵⁾、Isshiki⁶⁾、Ladeforged⁷⁾、Prakashpexit ら⁸⁾

図 4-1 正常喉頭

図 4-2 喉頭癌 T2N0M0

図 4 声の大きさと声門下圧との関係

図 5-1 正常喉頭

図 5-2 喉頭癌 T2N0M0

図 5 声の大きさと喉頭効率の関係

が、正の直線的関係のあることを報告したが、我々の正常ならびに病的喉頭での成績もこれを支持した。発声機能を評価するに当たり、どのパラメータを基準とするかについては、まだ議論のあるところである。今回、持続発声時と音声の強さを変えた場合の発声機能を、生理学的、空気力学的な面から検討を加えた。臨床的に声門下圧を簡単に測定できなかったため、代用として、食道内圧⁶⁾⁸⁾、気管刺穿⁷⁾⁹⁾、気流阻止法^{10)~12)}、気管切開孔の利用⁹⁾¹³⁾により、声門の状態や呼気努力状態を推定してきた。声門下圧を経声門的に直接測定することが可能となり^{14)~17)}、発声時の呼気努力を物理量とし表

示、声門閉塞の状態を声門抵抗（声門下圧/呼気流量）で求めることが可能となった。その結果、さらに声門下パワーから音声波へのエネルギーの転換の割合すなわち喉頭効率⁴⁾⁵⁾を求めることができた。正常喉頭被検者の最も出し易い声で、持続発声時の声門下圧は、 $5.1 \text{ cmH}_2\text{O}$ から $14.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ の間にあり、その平均値は $10.2 \pm 3.1 \text{ cmH}_2\text{O}$ であった。声門抵抗は、理論的には声帯振動サイクルごとに、声門上下圧差を呼気流量で割った値で示されるが、我々は平均声門抵抗を、声門下圧を呼気流量で割った値として^{1)3)~5)16)18)}求めた。正常喉頭の抵抗は $44 \sim 104 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$ の範囲を示し、その値

図 6-1

図 6-2

図 6 声の大きさと声門下圧の関係

図 7-1

図 7-2

図 7 声の大きさと喉頭効率の関係

は声の強さ (dB) と直線的な一次の関係性を有していた。声門癌では、黒木¹⁰⁾は 41~73 cmH₂O/L/sec の範囲であったと報告したが、我々の成績は、T1a 症例は 50~394 cmH₂O/L/sec の間 T2 は 44~640 cmH₂O/L/sec, T3 は 23~317 cmH₂O/L/sec の範囲で、正常喉頭に比し、明らかに増大していた。声帯固定を示す T3 では、腫瘍による声門閉塞の障害の程度により、著しく異なった値を示した。この点に関し、Van den Berg ら⁵⁾は、摘出喉頭で実験的に声帯固定をした場合で、著しい呼気流率と声門下圧の増加は声門面積が大となり、雑音成分の増加から良い音声にはならないとし、その限界を流量 400 ml/sec 声門下圧 20~30 cmH₂O とした。また、持続発声時では、発声時の声門下圧の急激な上昇傾向と、発声中高い声門下圧を必要とし、声門癌 T2 以上の浸潤を来すと、その圧変動が不規則となる特徴を示した。

喉頭効率⁶⁾は、正常喉頭は Isshiki⁶⁾は $0.9 \sim 4.0 \times 10^{-4}$ 、Van den Berg⁴⁾は $0.2 \sim 2.5 \times 10^{-5}$ 、西田¹¹⁾は $1.9 \sim 7.2 \times 10^{-4}$ としたが、今回の成績は 0.11 から 29.1×10^{-4} の範囲で、その平均は $1.05 \pm 1.82 \times 10^{-4}$ であった。

声門癌では T1a は $0.90 \sim 2.09 \times 10^{-4}$ 、T2 は $0.002 \sim 1.72 \times 10^{-4}$ 、T3 は $0.003 \sim 8.09 \times 10^{-4}$ に分布し、正常喉頭に比し低下したものを約半数に認めた。声の強さの調節機構は⁹⁾¹³⁾、呼気

努力 (声門下圧、呼気流量) と声門閉塞力 (抵抗) とに分けられる。例えば、声門部の閉塞力が一定で呼気努力を増せば、声門下圧、呼気流率とも増加するが、呼気努力が一定ならば、声門閉塞力を強めれば声門下圧は上昇するも、呼気流率は不変か、低下すること⁷⁾¹¹⁾になる。そこで、正常喉頭ならびに喉頭癌症例における声の強さの調整について、発声時の声門下圧、呼気流率、声門抵抗、喉頭効率の変動の関係を表 4 に示した。

正常喉頭ではすべてのパラメータの増加を示したものが 98% に、喉頭癌では 57.9% に認め、呼気流率の不変、または低下のみ示したものは正常喉頭で 1 例、喉頭癌で 3 例 (27.3%) であった。

一方、声の大きさを増加させると、声門下圧が低下したものを 4 例 (8.2%) に認め、うち声門抵抗の増加は 2 例、低下を来したものは 2 例であった。この 4 症例はいずれも弱い声の状態から、すでに高い声門下圧 51.0 ± 26.9 cmH₂O を示しており、大きな声が出し難く、喉頭効率はほとんど変化を示さなかった。

以上、声門下圧と呼気流率を測定することにより、声門の機能状態を具体的に理解し発声方法を変え、喉頭効率を求めることにより、声門部の病変による発声障害の程度をより、詳細に、客観的に評価し得るものと考えた。

表 4 空気力学的にみた発声時喉頭調節

声門下圧	声門抵抗	呼気流率	喉頭効率	正常	T1a	T2	T3	T4
増	増	増	増	11	4	3	2	2
		不変 (減)	増	1	1	1	1	
	不変 (低下)	増	増			1		
不変 (低下)	増	増	増				1	
		不変 (低下)	不変				1	
	低下	増	不変				1	
		低下	不変			1		

但し、T2の弱い発声より声門下圧、声門抵抗は極めて高い値を示していた

ま と め

1. 正常喉頭12例と喉頭癌19例につき、声門下圧を直接経声門的に測定し、PS-77 装置にて呼気気流、高さや強さを同時記録し声門抵抗、声門下パワー、喉頭効率を求めた。

2. 持続発声時の声門下圧は、正常喉頭で平均 $10.2 \pm 3.1 \text{ cmH}_2\text{O}$ を示し、喉頭癌では著しく増加し、発声中、圧変動が不規則にみられた。

3. 持続発声時の喉頭効率は、正常喉頭は $0.1 \sim 29.1 \times 10^{-4}$ の範囲にあり、喉頭癌における平均値は 1.05×10^{-4} と低下していた。

4. 声を大きくさせた場合、正常喉頭、喉頭癌 T1, T2 では、声門下圧、抵抗、喉頭効率も直線的に増加したが、声門癌、特に T3, T4 では弱い声でも声門下圧は著しく高く、声門抵抗も異なり、喉頭効率の上昇を認めないものがあった。

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. 音声言語医学 **32**: 406~412, 1991.
- 2) 沢島政行, 青木幸夫: 発声時の呼気流率の高さおよび強さの同時測定装置. 医科器械学 **52**: 342~345, 1982.
- 3) 畔柳久志: 正常ならびに喉頭癌患者の発声機能. 藤田医学誌 **4**: 165~211, 1985.
- 4) Van den Berg J: Direct and indirect determination of the mean subglottic pressure. Folia Phoniat **8**: 1~24, 1956.
- 5) Van den Berg J and Tan TS: Results of experiment with human larynxes. Pract Rhinol Laryngol **21**: 425~450, 1959.
- 6) Issiki N: Regulatory mechanism of voice intensity variation. J Speech Hearing Res **7**: 17~29, 1964.
- 7) Ladefoged P and Mckinney NP: Loudness, sound pressure, and subglottic pressure in speech. J Acoust Soc Am **35**: 454~460, 1963.
- 8) Dixit PP and Shipp T: Study of subglottal air pressure during Aindi stop consonants. Phonetica **42**: 53~77, 1985.
- 9) 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** 増1: 229~292, 1966.
- 10) 西田之昭, 周防屋洋: 発声時声門下圧測定法—食道内圧測定法と気流阻止法—. 耳鼻 **10**: 264~270, 1927.
- 11) 西田之昭: 喉頭の効率. 音声言語医学 **7**: 29~34, 1966.
- 12) 沢島政行, 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.
- 13) 平野 実: 音声外科の基礎と臨床. 耳鼻 **21**: 239~442, 1975.
- 14) Koike Y and Perkins WH: Application of a miniaturized pressure transducer for experimental speech research. Folia Phoniatr **20**: 360~368, 1968.
- 15) 小池靖夫: 声門下圧直接測定法とその応用. 音声言語医学 **19**: 212~216, 1978.
- 16) 渡辺 宏, 小宮山莊太郎, 西納真介, 他: 小型拡散型半導体を用いた声門下圧測定法. 音声言語医学 **19**: 224~227, 1978.
- 17) Cranen B and Boves L: Pressure measurements during speech production using semiconductor miniature pressure transducers; impact on models for speech-production. J Acoust Soc Am **77**: 1543~1551, 1985.
- 18) Iwata S: Aerodynamic studies in pathologic larynges. Vocal Physiology **2**: 423~432, (Raven) 1988.
- 19) 黒木康二: 発声時の声門下圧に関する研究. 耳鼻 **15** 補1: 54~74, 1969.

(別刷請求先: 岩田重信
〒470-11 豊明市杓掛町田楽ヶ窪1-98
藤田保健衛生大学医学部耳鼻咽喉科学教室)