発声障害検査法

スパイロメーターによる発声時呼気流率の測定

きた じま かず とも いつ しき のぶ ひこ
北 嶋 和 智*・一 色 信 彦**

はじめに

発声時呼気流率ならびに声門下圧を測定することにより、声門状態たとえば声門閉鎖不全の程度、声門閉鎖力、起声などを推測することは音声障害の診断治療にとって極めて重要な事である。このゆえにこそ、流率、圧測定などのいわゆる空気力学的検査法は発声障害を客観的に評価する上で、不可欠のものとされ従来とも種々工夫、検討されて来た。

それらを列記すれば、声門下圧測定法としては、(1)、気管内針挿入の直接法 (Isshiki 1959 Strenger 1960, Hyatt and Wilcox 1961, Ferris, Mead and Opie 1964, Hiroto 1966, Lieberman 1968)

(2)、超小型トランスデューサーを利用する経声門直接法 (Koike and Perkins 1968)

(3)、経声門チューブ挿入による直接法 (van den Berg 1956)

(4)、食道内バルーンによる間接法 (van den Berg 1956, Draper, Ladefoged and Witteridge 1959, 1960 Ladefoged 1960, 1964, Kunze 1964, Lieberman 1968)

などがある。

呼気流率測定法としては、

(1)、熱線流量計 (尾崎1950)

(2)、フライシュ型またはスクリーン型ニューモタコグラフ (Luchsinger 1951, Vogelsanger 1954 van den Berg 1956, Ladefoged and McKinney 1963, Isshiki 1964, 1965, Yanagihara, Koike and von Leden 1966, Nishida 1967, Yanagihara and von Leden 1967, Koike, Hirano and von Leden 1967, McGlone 1967, Hirano, Koike and von Leden 1968 Koike and von Leden 1969)

(3)、ラバーバルブ型流量計 (Smith 1960)

(4)、スパイロメーター (Isshiki, Okamura and Morimoto 1977)

などがある。

さらに間接的な方法としては、

(1)、最長持続発声時間 (Arnold 1955, Ptacek and Sander 1963, 平野, 的場, 藤木1965, 沢島1966)

(2)、肺活量/最長持続発声時間 (=phonation quotient) (鈴木1944, 西川1962, Hirano, Koike and von Leden 1968, Iwata and von Leden 1970)

(3)、発声時平均呼気流率/肺活量 (=vocal velocity index) (Koike and Hirano 1968, Iwata

A Functional Test for Dysphonia

Kazutomo Kitajima and Nobuhiko Isshiki

* 高知市立市民病院耳鼻科 (院長: 飯塚修務)

** 京都大学医学部耳鼻咽喉科教室 (主任: 森本正紀教授)

and von Leden 1970)

(4) 呼気持続時間／発声持続時間(＝呼気乱費係数) (平野, 的場, 藤木1965)

などについての研究が詳細にわたり行なわれ, かつ実用化されている。

これらの方法は各々一長一短があり, 目的により検査法を選択すべきであるが, 一般的に直接法はデーターの正確度においては優れているが, 手技が複雑で高価な機械を要し, 日常の臨床には使用しがたい欠点がある。他方, 間接法は, 一般に簡便ではあるが, 不定かつ不必要な各種因子が混在する欠点がある。

我々はスパイロメーターによる発声時呼気流量測定法が比較的簡便であり, あまり不安定因子が混入しない点で, 臨床検査法として適したものであることを認め, すでに報告した (Isshiki, Okamura and Morimoto 1967)。

今回我々はさらに本法の簡便化, 臨床的意義, 実用上の注意点について検討を加えたので, 若干の臨床例と共に以下報告する。

検 査 法

(1) 検査機械

スパイロメーター (Benedict Roth 型, 容量13l, 建部青州堂製) (図1)

ドラムに巻いた記録紙に呼気気流の変動を機械的に直記する従来の装置の他に digital print

out system を有する。すなわちベルの変位をトランスデューサーにより電気信号に変換し, さらにこれをデジタル量に変換した上で以下の10種の値を紙テープ上に表記する。すなわち, 肺活量予測値, 努力性肺活量, 肺活量比／秒率, 1秒量, 2秒率, 2秒量, 3秒率, 3秒量, 瞬間最大呼出量である。検査開始より終了までの時間は約13秒である。

(2) 検査手技

肺活量測定: 1～2回の練習の後3回測定を行いその平均をとった。但し我々の方法では肺活量測定は参考データーに止まり, 必須検査項目ではない(考察参照)。

発声時呼気流量測定: 特別の場合を除き特に声の高さ, 強さについて規定せず, 出しやすい高さ, 強さで「アー」と数秒間発声させる。最長持続発声も肺活量と同様参考資料として用いるが, 必須検査項目としては取り上げなかった。鼻と口をマスクで被いベル内に発声するので, 被検者は少し緊張し, 平素の発声がしにくい場合がある。その様な場合には, マスクを取りはずして練習を行ってから本検査を行う。完全閉鎖腔に発声するので声は検者, 被検者にとって, 特に前者には小さく聞える。同一テストを最少限3回行い, 1秒量, 2秒量, 3秒量と最も定常的に増加している値を検討した。各単

図1 検査に使用した Benedict Roth 型スパイロメーター。蛇管の先端に麻酔用マスクを装着してある。

図2 スパイロメータに連結した Digital Print-out System.

位時間内の流率が測定できれば最善であるが、本器はもともと音声検査用に作製されたものではないため、若干不便である。例えば 120cc/sec で定常的発声を続けると 120, 240, 360 の値が表記される。

音声録音：各症例につき防音内で、(1)「ウ、

オ、ア、エ、イ」(2)「ア」の持続発声、(3)文章朗読を行なわしめ、テープレコーダーに録音した。録音データーは RBAN 法 (Issshiki 1966) に従い嗄声の聴覚判定を行った。

(3) 検査対象

今回は自記装置スパイロメーターを使用した症例を検討し、その内容は高知市民病院耳鼻科外来を訪れた嗄声患者32名である。すなわち、慢性喉頭炎12例、反回神経麻痺 8例、喉頭ポリープ 5例、喉頭癌 4例、嚚人結節 3例である。

(4) 検査成績

この報告は検査法の紹介、検討が主眼であるので、観察成績の詳細な記載は次報にゆずる。

(i) 各種喉頭疾患と平均呼気流率

慢性喉頭炎例はその大部分が 200cc/sec 以下であった。この値を上まわるものは3例に止まった。発声時声門閉鎖不全の著明な反回神経麻痺の症例では、その最低値は 205cc/sec 最高値が 600cc/sec であり、前者に比してかなり高い流率を示した。喉頭ポリープ例では 210cc/sec から 490cc/sec とかなり広い分布を示した。喉頭癌では 105cc/sec から 365cc/sec に、嚚人結節では 170cc/sec から 305cc/sec の値を示した。図3は以上の各疾患についての発声時呼気流率を50cc区分での度数分布で示したものである。

(ii) 発声時平均呼気流率と聴覚印象との関連

CC/SEC.	50 -	100 -	150 -	200 -	250 -	300 -	350 -	400 -	450 -	500 -
CHRONIC LARYNGITIS	● ●	● ●	● ● ●	●	●	●			●	
RECURRENT N. PARALYSIS				●	● ●	● ●	●	●		●
LARYNGEAL POLYP				● ● ●		●			●	
LARYNGEAL CANCER		● ●		●			●			
SINGER'S NODULE			●	●		●				

図3 全症例32例の発声時呼気流率を、各疾患別に 50cc/sec 単位で表示した。
●印一個が一例を示す。

図4の全症例につき嗄声度と流率の関係を示したものである。全体的にみると、呼気流率の低い例では嗄声度も低く、流率の高い例では嗄声度も高い傾向にあるが、200cc/sec 以下でもかなり嗄声度の高い症例が認められる。嗄声の成因は複雑であるが、声門部での乱流発生が周波数成分の減少と共にその一義的要因と考えられる。一方乱流は流速（流率ではない）が早い程起りやすい。今単位時間における平均流速をV、流率=平均体積速度をU、断面積をSとすると $U=sV$ の関係がある。本式から理解される如く流率（平均体積速度）が同じでも気流の流れる断面積が小ならばそこでの流速は大となる。

以上の事を考慮すれば声門閉鎖不全の程度が小さくても、声帯が弾性を失い声帯振動振巾が小さい場合（この場合には声門抵抗は大きく、流率は比較的小いことが予想される）には閉鎖不能の声門間隙を通過する流速は当然大となり、強い乱流が発生、高度嗄声となる事は納得しうる現象である。図5は嗄声の粗糙性因子の評点との関連を示したものである。流率の高い症例でも粗糙性因子が少い場合もあり、一定の傾向は認められていない。図6は気息性因子と流率をみたものである。粗糙性因子に比較すれ

図4 嗄声度と発声時呼気流率 縦軸に嗄声度(D)の評点を、横軸に発声時呼気流率を示す。

ば流率の高いものほど評点も高い傾向にある。図7は無力性因子について検討したものであるが、特別な傾向は認められていない。

図5 粗糙性因子と発声時呼気流率 縦軸に粗糙性因子(R)の評点を、横軸に発声時呼気流率を示す。

図6 気息性因子と発声時呼気流率 縦軸に気息性因子(B)の評点を、横軸に発声時呼気流率を示す。

図7 無力性因子と発声時呼気流率 縦軸に無力性因子(A)の評点を、横軸に発声時呼気流率を示す。

考 察

(1) 発声時呼気流率測定の意義

反回神経麻痺症例における如く、高度の声門閉鎖不全においては例外なく発声時呼気流率は

かなり高い値を示す。この事実からしても発声時呼気流率の測定が声門状態を推察するに重要な情報を提供してくれる事は容易に理解しう

る。理論的に声門抵抗は、声門下圧／呼気流率であらわされるべきであり、声門下圧の同時測定が望ましいが、手技がやや複雑で、臨床上いまだ実用化の段階ではない。従って、比較的測定の容易な流率測定結果から声門状態についてある程度の推察をするに止まらざるを得ない。生理的レベルで考えると、流率は声門の条件のみならず、起電力に相当する呼気努力 (driving force) に関係する。呼気努力は男女差は勿論、個人差もあり、個人でも厳密には測定ごとに異ると考えられるが、また成人男子には成人男子のある正常域があると考えられる。嗄声患者は特殊な場合を除くと、病変は喉頭にあり、発声時呼気運動には異常はないものとおもわれる。いいかえると、嗄声を訴える患者の場合にも、呼気努力は正常範囲内の値とみなし、流率のみより声門状態を推察するわけである。従ってある種の心因性失声症の場合とか、神経疾患などで、発声時の呼吸運動自体に異常の認められる場合には流率から喉頭条件を推察することはできなくなる。例えば Mueller はパーキンソン氏病での発声時呼気流率の減少を報告している (1971) が、これは声門条件の変化によるというよりは呼気努力の変化によると解釈した方が妥当であろう。要するに、嗄声患者では発声時呼気努力がかなり広い範囲内で一定とみなし、その仮定の上で、声門条件 (抵抗) は流率から推察しようと考えているわけである。

以上の考察から明らかな如く、流率測定は少なくとも臨床的には、精密な値を問題にしても意味がなく、あくまでも凡その値を問題にしているわけである。もちろん、呼気努力を含め種々の実験的試みを行う場合は別問題である。

(2) スパイロメーターによる測定法の利点。

著者の一人は既にスパイロメーター使用による発声時呼気流率測定法の有用性についてのべたが、その後の検討によりさらに次の点が確認された。その利点を列記すると、

(A) 操作が簡易であり、機械も安価である。実験成績も pneumotachograph 使用の場合

と変らない。

この点については、両法を実験的に比較検討し、発声時平均呼気流率測定に関しては有意の差のない事を報告した (Isshiki 他1967)。スパイロメーターが従来発声時呼気流率測定に使用されなかった理由は、呼気は閉鎖腔に入り、ベルを挙上するのに努力を要し、従って発声そのものにもかなり大きな影響があると考えられた為ではないかと思われる。スパイロメーターがあっても肺活量のみを測定し、この値を最長発声持続時間で割り、平均呼気流率を推測したわけである。スパイロメーター使用においては、ベル内に発声するために、ベルを挙上するのに要するエネルギーまたは発声時のベル内の圧力、さらに音響インピーダンス負荷が問題となる。発声「アー」を行った場合のベル内圧は2~3mmH₂Oであり、その時の声門下圧は凡そ 70~80mmH₂Oと比較すれば、その影響は極めて小さいといえる。また音響インピーダンス変化による影響を考慮する必要がある。声の強さ、音色などについてはスパイロメーターの音響インピーダンス負荷による影響が大であり、従ってこれら因子についての定量的実験、測定は意味がない。問題は音響インピーダンス変化が声帯音源 (振動機構) にいかなる影響を与えるかである。石坂の二重声帯模型による理論ならびに実験では声帯振動が声道インピーダンスによって受ける影響は極めて小さいとされている (Ishizaka 1972)。ニューモタコグラフ、スパイロメーターいずれで流率を測っても有意差を認めなかった実験成績 (Isshiki 他1967) と共にスパイロメーター負荷による音響インピーダンス変化はスパイロメーターの容量の大きさからして声帯振動機構にはほとんど影響していないと解釈される。

(B) 最長持続発声を必要とせず、より自然な発声である。

スパイロメーター附属のドラムに記録紙を巻き (我々は 100cc および 1 秒単位の日盛に記録紙を改変している。追記参照) 曲線の勾配すなわち 1 秒内 (X軸) の空気量 (Y軸) を読めば

直ちに平均呼気流率が得られ、発声時間の制限はない。通常3～5秒発声させているが、最長持続発声より自然に近い状態である。

(c) 肺活量などの複雑な因子が介入しない。この点に関しては項をあらためて詳述する。

(3) 本法の限界

システムの慣性が大であるので急速な変動を来す現象、例えば破裂音発声時呼気流率はもちろん、起声時流率に関しても問題があり慎重を要する。また音声の同時記録ができず、起声時の呼気を有るか無声か区別できない。従って平均発声呼気流率を測定するには中間の明らかに有声を思われる安定部分を測定すべきである。

(4) 肺活量その他の因子と 関連

1. 肺活量と最長持続発声時呼気量

従来多くの研究 (Gutzmann 1928, Arnold 1955, Yanagihara, Koike and von Leden 1966, Isshiki, Okumura and Morimoto 1967) が示す如く両値は一致せず、最長発声時呼気量は肺活量に達しない。

Gutzmann and Loewy は最長持続発声時には呼気時間が長いので血中 CO_2 張力が増加し、また肺胞内圧の上昇による毛細管圧迫でさ

らにこの傾向は強まり、肺活量全量を使用する以前に血中 CO_2 張力が上昇するためと説明している (Kompressionsdyspnoe)。我々はこの点に疑義を抱き、試みに声門下圧を $20\text{cmH}_2\text{O}$ に保ちつつ breath holding を行ったところ、70～110秒は充分息をとめることが可能と判った。最長持続発声時間はこの breath holding の時間よりはるかに短かく、最長持続発声時間が血中 CO_2 などに起因する反射によって規定されているのではない事は明らかである。

大きな声で発声した場合気管などが拡大するのはレ線的にも認められるところであるが、声門下圧が $20\text{cmH}_2\text{O}$ と非常に高い場合肺胞も拡張されているであろうことは容易に推察される。つまり発声時には声門下圧が大となるので、声門下腔が拡張され、それだけ声門下腔に残っている空気量も多いと考えられる。以上の考えをまとめたのが図8である。

肺活量と最長発声時呼気量の差は吸気努力の差にもよる。発声を意識すると肺活量検査の時ほど吸気努力をしない事が多い。検査を繰り返えし、発声前にも充分吸気努力をすると両値は接近してくる場合が多い。通常の発声「ア」声

図8 A: 肺の静止位 B: 胸廊の静止位 C: 呼吸静止位
D: 最大吸気位 E: 最大呼気位 F: 最長発声終了位
FRC: 機能的残気量 TLC: 全肺気量
PV: 残気量 Pr: 声門下圧
(各位置は相対的關係を示すにすぎず、定量的關係は示していない)

門下圧 $7\text{cmH}_2\text{O}$ 程度) には両値をともにスパイロメーターで測定したところ呼気量は肺活量の95~98%に達する。しかし高い大きな音(声門下圧 $20\text{cmH}_2\text{O}$ 程度) の場合には呼気量は80%程度に止り、この所見も上記の説明を裏づけるものと考えられる。

2. 肺活量と呼気流率

従来の報告で明らかな様に発声時呼気流率は直接測定値あるいは間接測定値(呼気量/発声持続時間) いずれにしても男女差がある。男の流率が大である。また一般に肺活量の大きい者が発声時呼気流率も大である傾向が認められている。

理論的に流率は声門下圧/声門抵抗で表わされるが、生理学的因子としては声門抵抗と起電力に相当する呼気努力(driving force) が直接関連している。一方肺活量と流率の関係は不明な点が多く、なお多くの実験を必要とする問題である。一般に肺活量の大きい者の流率が大であるが、これらの者は体格もまた、呼気努力も大きく声帯は長く、声門抵抗はむしろ小くなることも充分考慮に入れなければならない。子供では声帯が短かく明らかに声門抵抗は大である。

最長持続発声時間あるいは肺活量はたしかに歌声能力の一つの示標であり、それ自体意義の

あるものである。しかし一般嚥声疾患に対する声門条件の検査としては、他の不明にして複雑な因子の混入しない流率そのものの測定も有用なものであると思考する。

追記

自動記録装置の附属していない一般のスパイロメーターの場合にはベルファクターに合わせた記録用紙を作製し、ある時間内の呼気量ならびに流率を測定するのが最も簡便である。図9にその実例を示す。

図9 従来のスパイロメーター用記録紙を発声時呼気流率が直読出来る様に改良した。これは「ア」発声時の記録例であるが、発声時呼気流率は 120cc/sec である。

結 論

発声機能検査法として従来種々の方法が報告されまた実際の臨床検査に用いられてきた。我々は呼吸機能測定用スパイロメーターを利用して発声時呼気流率を測定する方法を臨床的に用い、その有用性についてのべた。本法は信頼度が高くかつ簡便に臨床上有意義な情報を提供しうることからルーチンの喉頭機能検査法として用いうるものとする。

参 考 文 献

- 1) Arnold, G.E. : Vocal Rehabilitation of Paralytic Dysphonia. Arch. Otolaryng. 62 : 593-601, 1955.
- 2) Beckett, R.L. : The Respirometer as a Diagnostic and Clinical Tool in the Speech Clinic. J. Speech Hearing Dsi. 36 : 235-240, 1971.
- 3) Campbell, C.J., Murtagh, J.A. and Raber, C.F. : Laryngeal Resistance to Air Flow. Ann. Otol. St. Louis 72 : 5-30, 1963.
- 4) Draper, M.H., Ladefoged, P. and Whitteridge, D. : Respiratory Muscle in Speech. J. Speech Hearing Res. 2 : 16-27, 1959.

- 5) Draper, M.H., Ladefoged, P. and Whitteridge, D. : Expiratory Pressure and Air Flow during Speech. *Brit. Med. J.* **1** : 1837-1843, 1960.
- 6) Faaborg-Andersen, K., Yanagihara, N. and von Leden, H. : Vocal Pitch and Intensity Regulation. *Arch. Otolaryng.* **85** : 448-454, 1967.
- 7) Ferris, B.G., Mead, J. and Opie, L.H. : Partitioning of Respiratory Flow Resistance in Man. *J. Appl. Physiol.* **10** : 653-658, 1964.
- 8) Gutzmann, H. und Loewy, A. : Über den intrapulmonalen Druck und den Luftverbrauch bei der normalen Atmung, bei phonetischen Vorgängen und bei der expiratorischen Dyspnoe. *Pflügers Arch.* **180** : 111, 1920.
- 9) Gutzmann, H.S. : Physiologie der Stimme und Sprache. Brunswick 1928.
- 10) 平野 実, 的場晴美, 藤木千鶴子 : 音声検査法および検査成績の表示法, 耳鼻臨床 **58**, 56-59, 1965.
- 11) Hirano, N., Koike, Y. and von Leden, H. : Maximum Phonation Time and Air Usage during Phonation. *Folia phoniat.* **20** : 185-201, 1968.
- 12) 広戸幾一郎 : 発声機構の面よりみた喉頭の病態生理, 耳鼻臨床 **59** : 増刊号 1 : 229-291, 1966.
- 13) Hyatt, R.E. and Wilcox R.E. : Extrathoratic Airway Resistance in Man. *J. Appl. Physiol.* **16** : 326-330, 1961.
- 14) Ishizaka, K. and Flanagan, J.L. : Synthesis of Voice Sound from a Two-Mass Model of the Vocal Cord. *Bell Syst. Tech. J.* July-August 1972.
- 15) Isshiki, N. : Regulatory Mechanism of the Pitch and Volume of Voice. *Oto-rhino-laryng. Clinic Kyoto* **52** : 1065-1094, 1959.
- 16) Isshiki, N. and von Leden, H. : Hoarseness : Aerodynamic Studies. *Arch. Otolaryng.* **80** : 206-213, 1964.
- 17) Isshiki, N. : Regulatory Mechanism of Voice Intensity Variation. *J. Speech Hearing Res.* **7** : 17-29, 1964.
- 18) Isshiki, N. : Vocal Intensity and Air Flow Rate. *Folia Phoniat.* **17** : 92-104, 1965.
- 19) 一色信彦 : 第10回日本音声言語医学会シンポジウム, 発声障害に対する臨床検査法の検討. *音声言語* **7**, 15-21, 1966.
- 20) Isshiki, N., Okamura, H. and Morimoto, M. : Maximum Phonation Time and Air Flow Rate during Phonation : Simple Clinical Tests for Vocal Function. *Ann. Otol (St. Louis)* **76** : 998-1008, 1967.
- 21) Isshiki, N. : Remarks on Mechanism for Vocal Intensity Variation. *J. Speech Hearing Res.* **12** : 669-672, 1969.
- 22) Iwata, S. and von Leden, H. : Phonation Quotient in Patients with Laryngeal Diseases. *Folia phoniat.* **22** : 117-128, 1970.
- 23) Iwata, S. and von Leden, H. : Clinical Evaluation of Vocal Velocity Index in Laryngeal Disease. *Ann. Otol. (St. Louis)* **70** : 259-269, 1970.
- 24) Koike, Y., Hirano, M. and von Leden, H. : Vocal Initiation ; Acoustic and Aerodynamic Investigation on Normal Subjects. *Folia phoniat.* **19** : 173-182, 1967.
- 25) Koike, Y. and Hirano, M. : Significance of Vocal Velocity Index. *Folia phoniat.* **20** : 285-296, 1968.
- 26) Koike, Y. and Perkins, W.H. : Application of Miniaturized Pressure Transducer for Experimental Speech Research. *Folia phoniat.* **20** : 360-368, 1968.
- 27) Koike, Y. and von Leden, H. : Pathologic Vocal Initiation. *Ann. Otol. (St. Louis)* **78** : 138-148, 1969.
- 28) Kunze, L.E. : Evaluation of Methods of Estimating Subglottal Air Pressure. *J. Speech Hearing Res.* **7** : 151-164, 1964.
- 29) Ladefoged, P. : The Regulation of Subglottal Pressure. *Folia phoniat.* **12** : 169-175, 1960.
- 30) Ladefoged, P. and McKinney, N.P. : Loudness, Sound Pressure and Subglottal Pressure in Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* **35** : 454-460, 1963.
- 31) Ladefoged, P. : Comment on Evaluation of Methods of Estimating Subglottal Air Pressure. *J. Speech Hearing Res.* **7** : 291-292, 1964.

- 32) Lieberman, P. : Direct Comparison of Subglottal and Esophageal Pressure during Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* **43** : 1157-1164, 1968.
- 33) Luchsinger, R. : Schalldruck und Geschwindigkeitsregistrierung der Stimmluft beim Singen. *Folia phoniat.* **3** : 25-51, 1951.
- 34) McGlone, R.E. : Air Flow during Vocal Fry Phonation. *J. Speech Hearing Res.* **10** : 299-304, 1967.
- 35) McGlone, R.E. : Intraesophageal Air Pressure during Syllable Repetition. *J. Acoust. Soc. Am.* **42** : 1208A, 1967.
- 36) Mueller, P.B. : Parkinson's Disease : Motor-Speech Behavior in a Selected Group of Patients. *Folia phoniat.* **23** : 333-346, 1971.
- 37) 西川康次 : 声帯像と音声に関する研究, 日耳鼻 **65**, 545-575, 1962.
- 38) 西田之昭, 周防屋洋 : 発声時間声門下圧測定法—食道内圧測定法と気流阻止法, 耳鼻 **10**, 264-270, 1964.
- 39) Nishida, Y. : Aerodynamic Studies on Voice Regulation. 耳鼻 **13**, 補 1, 44-66, 1967.
- 40) 尾崎 将 : 発声時呼気量に関する実験的研究, 日耳鼻 **54**, 497-507, 1950.
- 41) Perkins, W.H. and Koike, Y. : Patterns of Subglottal Pressure Variations during Phonation. A Preliminary Report. *Folia phoniat.* **21** : 1-8, 1969.
- 42) Ptacek, P.H. and Sander, E.K. : Breathiness and Phonation Length. *J. Speech Hearing Dis.* **28** : 267-272, 1963.
- 43) Rubin, H.J. : Experimental Studies on Vocal Pitch and Intensity in Phonation. *Laryngoscope* **73** : 973-1015, 1963.
- 44) 沢島政行 : 発声障害に対する臨床検査の検討, 発声持続時間の測定. *音声言語* **7** : 23-28, 1966.
- 45) Sharf, D.J. : Vowel Duration in Whispered and in Normal Speech. *Lang. Speech* **7** : 89-97, 1964.
- 46) Smith, S. : The Electroaerometer. *Speech Path. Ther.* **28-29**, 1960.
- 47) Strenger, F. : Methods for Direct and Indirect Measurement of the Subglottic Air Pressure in Phonation. *Studia Linguistica* **14** : 98-112, 1960.
- 48) 鈴木篤郎 : 発声時呼気量の研究, 東北医学雑誌 **34** : 93-104, 1944.
- 49) van den Berg, J. : Direct and Indirect Determination of the Mean Subglottic Pressure. *Folia phoniat.* **8** : 1-24, 1956.
- 50) Yanagihara, N., Koike, Y. and von Leden, H. : Phonation and Respiration : Function Study in Normal Subjects. *Folia phoniat.* **18** : 323-340, 1966.
- 51) Yanagihara, N. and Koike, Y. : The Regulation of Sustained Phonation. *Folia phoniat.* **19** : 1-18, 1967.
- 52) Yanagihara, N. and von Leden, H. : Respiration and Phonation : The Functional Examination of Laryngeal Disease. *Folia phoniat.* **19** : 153-166, 1967.

（原稿到着：昭和47年11月27日
別刷請求先：北嶋 和智
〒680 高知市西弘小路5
高知市立市民病院耳鼻科）