声門上・下圧波形よりみた Electro Glottogram の解析

—声の強さによる変化—

岩田 重信・岩田 義弘・大山 俊廣・門山 浩
斎藤 正治・高須 昭彦

Analysis of EGG Waveforms from Sub and Supraglottic Pressure Waves with Different Voice Intensity

Shigenobu Iwata, Yoshihiro Iwata, Toshihiro Ohyama,
Hiroshi Kadoyama, Shouji Saito, Akihiko Takasu

The electroglottogram (EGG) has been used to obtain details of vocal fold vibration. Applications of the EGG, however, are limited in use for voice disorders since characteristics of EGG waveforms associated with vocal fold vibrations are still poorly understood. We analysed the EGG waveform characteristics to compare them with simultaneous measurements of supra and subglottic pressure in the normal male subject sustaining the vowel /a/ at constant pitch with different intensity levels. The results are: The periodicities of the consequent frequency are completely coincident among the EGG wave, supra and subglottic pressure waveforms at different intensity levels. With regard to the amplitude variations of the EGG waveform in the vocal cycle, the increasing amplitude corresponded with a rapid increase of subglottic pressure and a decrease of supraglottic pressure which is indicative of the closing phase of the vocal folds. The gradual fall of amplitude associated with the parting of the vocal folds corresponded with an increase of supraglottic pressure from negative values and maintenance of negative subglottic pressure. The negative flatter portion of EGG wave corresponding to the opened phase exhibited higher positive supraglottal pressure and lower pressure of the subglottis even at different sound pressure levels. When increasing the intensity during constant pitch phonation, the values of the contact quotient and contact speed index decreased, and the contact closing slope became steeper. These findings reveal the tendency of increasing vocal tension following louder vocalization. Simultaneous measurement of EGG waveforms, and supraglottic and subglottic pressures might provide useful and detailed information for understanding EGG waveforms, laryngeal dysfunction and/or research for voice disorders.

Key words : EGG waveform, sub and supraglottic pressure waves, different voice intensity levels.

はじめに

声帯振動を観察する方法として、我々は Electroglottography (Laryngograph 社, London) を使用し、Electroglottogram (EGG と略記) の評価を目的に、正常者を対象として、母音/a/を発声させ、声の安定した状態での EGG 波形と声門上下圧を同時測定した。声門上下圧波形は、声門上圧最大値の時に声門下圧は最低値を、声門下圧が最大になる時、声門上圧は最低値を示し、また、Childers^{1, 2)}らの報告のごとく、EGG 波形の振幅は、接触開放相に最小値を、接触閉鎖相に最大値を示した。我々は、これら 3 波形の周期は同調していることを報告した³⁾。そこで今回、正常者について一定の高さで持続発声させ、声の強さを変化させた時の声門上下圧波形の周期内変化から、EGG 波形の変動につき検討を加えた。現在、EGG 波

形の解析にあたり、波形の基線は、Orlikoff⁴⁾の EGG 振幅の下方 25% レベルを交点とすることが用いられているが、この点につき、声門上下圧同時測定により検討を加え、さらに、声の強さを変化させた時の EGG 波形の変化を追求したので報告した。

測定装置と実験方法

声門上下圧ならびに Electroglottography の同時測定装置のダイアグラムを図 1 に示した。声門上下圧測定は、2 枚の微細圧力センサー (TMP-2-RN-13-5F60) を 6 cm 間隔に置き、声門下 3 cm に下端の圧センサーを固定し声門下圧を、また上端圧センサーより声門上圧を描出し、データレコーダー (TEAC-MR30) の第 1, 第 2 チャンネルに記録して AD 変換し、PC-9801 にリアルタイムに取り込んだ。

図1 発声機能測定ブロックダイアグラム

図2 弱い声

図3 楽な声

EGG 波形は Laryngograph 社製 (London) を用い、喉頭電極板を両甲状軟骨翼部にあて、発声時の声門部の振動を経時的に電気インピーダンスの第3チャンネル³⁾に記録し、AD 変換した後、コンピュータ処理をした。

発 声 条 件

被検者に、最初に最も出し易い声の高さと強さで、定常母音/a/を数秒間持続発声させ、次いで声の高さを変えず、弱い声と強い声を数秒間ずつ持続発声させたものを解析資料とした。

32歳 正常男性の胸声位にて、基本周波数132Hzの高さを保ち、正常母音/a/を持続発声させ、次いで声の強さを变化させた。

弱い声 (63dB) を図2に、楽な声 (73dB) を図3に、強い声 (83dB) を図4に、声帯振動の一周期内における EGG 波形と声門上下圧波形を同時記録した成績を示した。

これら図上で、最上段は EGG 波形 (VFCA) にて、声の強さが10dB 増加すると、EGG 波形の振幅の増加と、波

形の立ち上がりと立ち下がりが急峻となって見られる。中段は声門上圧波形で、その振幅 (AC) は、楽な声73dB では7.75cmH₂O (+3.0cmH₂O から-4.75cmH₂O)、弱い声63dB では3.95cmH₂O (+1.10cmH₂O から-2.85cmH₂O)、強い声83dB では25.2cmH₂O (+11.3cmH₂O から-13.9cmH₂O) となり、声の強さを増加させると、声門上圧の振幅が増大することを示している。下段の声門下圧波形は、図に見るごとく、AC成分 (交流部分) とDC成分 (一周期内の圧の平均値) から構成されている。既に声の強さ (dB) と平均声門下圧 (DC成分) の間には、直線的な正の関係を認めている^{5, 6)}。そこで声門下圧波形の一周期内でのAC成分とDC成分についてみると、弱い声63dBではDC成分は11.2cmH₂Oで、AC成分は7.64cmH₂O (+5.44cmH₂O から13.08cmH₂O)、楽な声でのDC成分は17.80cmH₂Oで、AC成分は14.24cmH₂O (+9.36cmH₂Oから23.60cmH₂O)、強い声83dBではDC成分は25.3cmH₂OでAC成分は15.72

cmH₂O (+17.12cmH₂O から32.84cmH₂O) を示し、声の強さを増大させると、DC 成分の増加とともに、AC 成分の増加が認められた。

図4 強い声

EGG 波形の解析

Orlikoff⁴⁾ は EGG 波形の解析にあたり、図 5 に示したごとく、基線の変動と立ち上がりの誤差を避けるため、最大振幅 (V) の下25%に基準線を引き、その交点を接触閉小相の開始と、開大相の終わりと定義し、その間の振幅を ΔV にて表し、接触閉小相 (ccp), 接触開大相 (cop), 接触閉鎖相 (cp) に分け、以下に示す方法にてパラメータを設定し算出した。

1) 接触係数 (Contact Quotient): $CQ = CP / t$

この CQ 値は、発声中の声帯接近の程度に関係し、声門水平面での相対的な声帯緊張状態を示し、声帯振動の動態を敏感に反映する指標と考えられる。

2) 接触速度係数 (Contact Speed Quotient): $CSQ = ccp / cop$

接触閉小相時間と接触開大相時間との比

3) 接触閉小指数 (Contact Speed Index): $CSI = ccp / cp$
接触閉小相時間の接触相時間に対する割合

4) 接触指数 (Contact Index): $CI = (ccp - cop) / cp$

この CI 値は、接触相における EGG 波形の対象性を測定するもので、EGG 波形振幅の下25%レベルと、接触閉小

図5 EGG 波形の解析

VFCA: Vocal fold contact area.

EGG 波形の最大振幅 V の下25%を EGG 振幅基線として

CP : contact phase : 接触閉鎖相

OP : open phase : 接触開放相

CCP : contact closing phase : 接触閉小相

COP : contact opening phase : 接触開大相

t : 一周期の時間

1. 接触係数 $CQ = cp / t$

2. 接触速度指数 $CSI = ccp / cop$

3. 接触閉小指数 $CCI = ccp / cp$

4. 接触指数 $CI = (ccp - cop) / cp$

5. 接触閉鎖斜角 $CCS = V_{m-25} / \Delta t$

間接的に声門のインピーダンスを測定しており、声帯振動における閉鎖期、閉小相、開大相を直接明示していないので、EGG 波形の解析には接触閉鎖相、接触閉小相、接触開大相、接触開放相と表示し区別した。

相の最初と、接触開大相の終わりの交点を基線として測定する。またこの接触閉小相 (ccp) と接触開大相 (cop) の境界は接触相内の波形のピーク値とし、接触閉小相 (ccp) と接触開大相 (cop) の持続時間差を接触相の時間 (t) の比で表したものである。CI 値は接触相における ccp の相対的長さを決めるのに用いられ、この CI 測定は声帯緊張を反映し、平野ら⁷⁾ は垂直方向での粘膜変動に特別な感受性があると考えた。

5) 接触閉鎖斜角 (contact closing slope) : $CCS_{25-75} = V_{75} - V_{25} / t_{75} - t_{25}$

図 5 右側に示した様に、EGG 波形の振幅 V の最大幅の上下 25% レベルの交点 ($V_{75} - V_{25}$) に達する時間 (Δt) にて、EGG 波形の立ち上がりを求めたもので、声の強さ、高さや、病的振動により、この割合は変化するものと考えられる。

今回、我々は EGG 波形の基線について、声門上圧波形から検討を加えた。図 6 の上段に EGG 波形、下段に声門上圧波形を呈示した。点線にて示したものは、Orlikoff に

図 6 EGG 波形と声門上圧波形の関係

下段声門上圧波形で声門上圧が 0 となる点より上方に線をのばし、EGG 波形との交点を基線とし、EGG 最大振幅の 13.5% に相当する (実線) ので、 $V_{13.5}$ で示した。

同時に Orlikoff の基線 (V_{25-75}) を点線にて示し対比した。

よる基線 $V_{25\%}$, $V_{75\%}$ である。我々は、声門上圧波形が陽圧から陰圧へ移行する 0 cmH₂O を通る点、すなわち、呼吸が停止した時点で、声門が完全に閉鎖したと考え、実線で示した声門上圧 0 時点での EGG 波形の値をもって、波形解析のための基線とした。この時の値は EGG 最大振幅 V の 13.5% であった。EGG 波形の解析にあたり、両者を区別するために、Orlikoff の解析法⁴⁾ を CQ_{25} , CI_{25} , CSQ_{25} , CSI_{25} と表示し、我々の声門上圧 0 時点をもとにした、EGG 波形の解析基線から求めた成績を CQ_{PO} , CI_{PO} , CSQ_{PO} , CSI_{PO} と区別して記載した。また、接触閉鎖斜角 CCS について、我々は $V_{13.5\%}$ 基線より、V 幅最大値に至る ΔT を測定し、接触閉鎖斜角を求め CCS_{PO} と表現し、 CCS_{25-75} と比較した。

成 績

声の強さを 3 段階に変化させ、これらの指標を表 1 に示した。接触係数 CQ の平均値は、63dB では CQ_{25} は 0.59, CQ_{PO} は 0.54, 73dB では CQ_{25} は 0.55, CQ_{PO} は 0.61, 83dB では CQ_{25} は 0.34, CQ_{PO} は 0.38 であった。同一例内では、接触係数は極めて安定しており、弱い声から楽な声に移行すると、指数は有意差をもって減少していた。

接触速度係数 CSQ の平均値は、63dB では CSQ_{25} は 0.24, CSQ_{PO} は 0.15, 73dB では CSQ_{25} は 0.26, CSQ_{PO} は 0.59, 83dB では CSQ_{25} は 0.39, CSQ_{PO} は 0.46 と、声を強くしていくにつれ、CSQ 値は増加する傾向が示された。また、接触閉鎖係数 CSI_{25} , CSI_{PO} とともに、声の強さの増加につれ、わずかに増加することを認めていた。

接触指数 CI は、弱い 63dB の声での CIS_{25} は -0.85, CIS_{PO} は -0.98, 83dB の強い声では CIS_{25} は -0.45, CIS_{PO} は -0.38 で、声を強くすると CIS の値は減少することを認めた。

声の増強につれ、EGG 波形の立ち上がりが鋭角になってみられる^{1, 2, 4)}。接触閉鎖斜角と声の強さとの関係を 10 dB 間隔でみると、 CCS_{25} は、63dB で 1.49, 73dB では 4.35, 83dB では 4.89, また CCS_{PO} では、それぞれ 0.85, 1.22, 3.26 と増加してみられた。このことは声を強くすることにより、声門部の水平面での緊張 (インピーダンス) が、急激に増加することを示している。

表 1

声の強さ		CQ 接触係数 CP/t	CSQ 接触速度係数 CCP/COP	CSI 接触閉鎖指数 CCP/CP	CI 接触指数 (CCP-COP)/CP	CCS 接触閉鎖斜角 $\Delta V / \Delta T$
弱い声	①	0.59 ± 0.01	0.24 ± 0.04	0.20 ± 0.02	-0.85 ± 0.05	1.49 ± 0.72
63dB	②	0.54 ± 0.02	0.15 ± 0.04	0.13 ± 0.03	-0.98 ± 0.06	0.85 ± 0.24
楽な声	①	0.55 ± 0.02	0.26 ± 0.06	0.21 ± 0.04	-0.59 ± 0.07	4.35 ± 1.53
73dB	②	0.61 ± 0.03	0.59 ± 0.09	0.37 ± 0.04	-0.26 ± 0.07	1.22 ± 0.27
強い声	①	0.34 ± 0.01	0.39 ± 0.10	0.28 ± 0.05	-0.45 ± 0.10	4.89 ± 0.45
83dB	②	0.38 ± 0.01	0.46 ± 0.11	0.31 ± 0.05	-0.38 ± 0.10	3.26 ± 0.36

①Orlikoff の方法 ②声門上圧 0 基線の方法

声の強さの変化による EGG 波形と声門上圧波形の関係

図 7 に EGG 波形と声門上圧波形の相対的な関係を、リサージュ図形にて表示した。Y 軸に声門上圧波形 (cmH₂O) を、X 軸に EGG 波形の振幅 (V) を取り、弱い声 63dB (A)、楽な声 73dB (B)、強い声 83dB (C) と、声の強さを 10dB ごと増加させた時の成績を重ね合わせて、同時に表示した。図上、Y 軸のプラス領域は、声門上圧が陽圧を示し呼気流の存在を意味する。

図 4 と比較しながら 73dB (B) についてみると、EGG 波形上、①～②の間が接触開放相 (open phase) で声門上圧陽圧の範囲を示す。②～④は接触閉小相 (contact closing phase) で、③の部位は声带上縁が接着する点と考えられる。④～⑤は接触開大相 (opening phase) で両声帯の接触状態を示している^{1, 4, 6, 8)}。声の強さを 10dB ごと

図 7 EGG と声門上圧

図 8 EGG と声門下圧

と増加させた場合、声門上圧波形のピークの増加と、EGG 波形の振幅の増大が認められた。声門上圧の一周期内的の圧差は、声を強くする程増大しているが (63dB で 7.75cmH₂O, 83dB で 25.21cmH₂O)、これに反し、EGG 振幅は弱い声と楽な声との間ではあまり差はなく、強い声 83dB で著しい振幅の増加を示し、リサージュ図形の長軸のなす角度が大きくなった。

声の強さの変化による EGG 波形と声門下圧波形の関係

図 8 は、Y 軸に声門下圧波形 (cmH₂O) を、X 軸に EGG 波形の振幅 (V) を取り、リサージュ図形にて表示した。Y 軸上、声の強さに対応した平均声門下圧を中心に、AC 成分減に反応した EGG 振幅変動の相関曲線となった。すなわち楽な声 73dB (B) では、声門下圧は

①最低値 (12.0cmH₂O) から短時間で急激に、

②ピーク値 (37.5cmH₂O) に達し、

これに対応する接触閉小相の EGG 振幅は急速に増大し、声門下圧が低下しても、しばらくは増大を認め (②～③)、接触開大相に入ると声門下圧は急激に低下し、極小値 (17.80cmH₂O) ④まで、EGG 振幅は減少し移行した。声門開大が最大になる点で、声門下圧は最小値 (10.6cmH₂O) を示した。弱い声 63dB (A) では、声門下圧の最小値 (4.0cmH₂O) からピーク値 (13.7cmH₂O) に達するまで、EGG 波形は階段状に立ち上がりながら上昇する。EGG 波形も立ち上がり部分は、楽な発声に比し、少しなだらかな立ち上がりを示した後、急激に増大し声門下圧が低下し始めても、しばらく EGG 振幅は増大を続ける。声門下圧の極小値 (10.3cmH₂O) にて EGG 振幅が減少し始め、接触開大相が始まり、極大値 (10.5cmH₂O) にて接触開放相がみられ、この間に声門下圧は最低値 (9.0cmH₂O) を示した。強い声 83dB (C) でも、前 2 者と同様な変化を認めた。

以上の成績から、EGG 波形と声門下圧波形のリサージュ曲線の特徴は、声を強くすると声門下圧の DC 成分が増加し、図形の中心が上方に移動すると同時に、声門下圧の AC 成分と EGG 波形の振幅も、ともに増加して認められた点である。

考 察

発声時の声帯振動の微細な観察は、音響学的分析、超高速度映画の解析、光学グロトグラフィー、超音波グロトグラフィー、電気グロトグラフィーなど優れた報告をみる。この中で、電気グロトグラフィーは、検査が最も簡便で、検者に負担をかけない点で優れている。

1957 年、Fabreg が声帯振動の描出に Electroglottography を用いて以来、Fourcin ら⁹⁾ が EGG 波形は音声波形の周期と同調するとし、発声時の基本周波数の測定¹⁰⁾や、基本周波数の乱れを測定する¹¹⁾ 目的で、臨床に応用されてきた。また、EGG が両声帯の接触の程度^{1～4, 10)}を示す点から、声区の判別が可能¹²⁾とし、病的音声の検査

や音声訓練^{13, 14)}に応用した。

しかし、EGG 波形は発声時の声門部のインピーダンスの変化を示すもので、声帯振動を直接表現するものではなく、発声時の喉頭挙上運動に起因するゆっくりした反応と、声帯振動に対応する早い反応が含まれ、さらに機械的振動によるマイクロホン効果や、喉頭以外の要素が加味された複数の波形で表される。そこで高周波フィルターを通した EGG 波形の変動について、特に基線の設定が問題となる。Orlikoff⁴⁾は、EGG 波形のみから、正確な声帯接触の初期や、また接触の不十分さを区別することは不可能¹³⁾でまた、EGG 波形の基線はドラフトを持つことより、解析上の安全を確保するため、各 EGG 波形振幅 V の下 25% で交わる点を基線とした。Baken¹⁴⁾は、この 25% 基準は minimal contact phase に関与する測定誤差波形から逃れることが確実とし、Rothenberg¹⁵⁾らは、この基線の取り方を支持した。

我々は、声門上下圧を同時に測定し、3 波形間の関係を解析した上で、声門上圧が 0 となる点を用い、EGG 波形との交点を基準とした方が理論的であると考えた。定常母音 /a/ 持続発声にて、声の高さを一定にし、声の強さを 10 dB ずつ 3 段階に変化させた EGG 波形につき、同時測定した声門上下圧波形と比較した。いずれの声の強さにおいても、声門上下圧波形、EGG 波形ともその周期は一致しており、EGG 波形の基線は、声門上圧が 0 cmH₂O を示す点を求めると、各最大振幅の約 13.5% の位置にあった。接触開放相は、EGG 波形では基線より下方でなだらかな谷型を呈し、この間、声門上圧は陽圧を示し、声門下圧の AC 成分は低下し、そのほぼ中央部で最低値を示した。接触閉鎖相の初期では、EGG 波形は徐々に上昇し、途中から急峻な振幅の増大を示す。その時、声門下圧の AC 成分は急激に増加し、両声帯の接点で最大圧を呈し、声門上圧は急激に低下を示した。接触閉鎖相では EGG 波形は山型を呈し、声門下圧の最大値から、声門上圧の第 2 ピークの極大値までの期間であった。接触開大相は EGG 波形の振幅が徐々に低下し、基線 0 cmH₂O に達する間で、声門上圧は上向きにみられた。

我々は、声門上圧波形を同時測定することにより、正常喉頭では、EGG 波形上、一周期内での接触開放相、接触閉鎖相、接触閉鎖相、接触開大相を、声門上圧 0 cmH₂O を基線として区別できることをすでに報告した¹⁾。しかし EGG 波形の振幅は、あくまでも声門部のインピーダンスを相対的な変化として示すものであり、Bear ら¹⁶⁾は、声帯振動の高速度映画解析により、また、Sercarz ら¹⁷⁾は videostroboscopy より声門面積波形を測定し、声帯振動一周期の起始部を声带上唇が接する瞬間とし、声带上唇の閉鎖相では声門面積波形はゆっくりと増加するとし、声帯下唇の再閉鎖で、面積波形曲線は扁平化をきたすとした。Childers ら²⁾は、EGG 波形振幅のピークは接触閉鎖相で、声帯接触面が最大となる点に対応し、振幅のピークから減少し始める時期はまだ声門が完全に閉鎖しているか、また

は声帯下唇から上唇に向け、声帯が分離する状態を反映し、接触開大相では EGG 波形振幅は低下し、声帯接触面の減少を反映するとした。

一方、Bear¹⁶⁾は、両声帯が離れ始めると声門面積が増加するが、この部位では EGG 波形上、見るべき変化はなく、また声帯が接触している間は、EGG 波形はほとんど一定であったと報告している。EGG 波形の解析に関し Orlikoff⁴⁾は EGG 波形の振幅の上下 25% を用い、接触係数 CQ_{25} 、接触速度係数 CSQ_{25} 、接触閉鎖係数 CCQ_{25} 、接触指数 CI_{25} 、接触閉鎖傾斜角 CCS_{25} を求めたが、我々は声門上圧が 0 となる交点を接触閉鎖開始点 (V 下 13.5% に相当) とし、接触係数 CQ_{Po} 、接触速度係数 CSQ_{Po} 、接触閉鎖係数 CCQ_{Po} 、接触指数 CI_{Po} 、接触閉鎖傾斜角 CCS_{Po} を求め、声の強さを 10dB ごと増加させた 3 段階で比較検討した結果、声を大きくすると、接触係数は CQ_{25} 、 CQ_{Po} とも弱い声で大きく、声を増大すると減少してみられ、接触速度係数 CSQ は、63dB の $CSQ_{25}0.24$ 、 $CSQ_{Po}0.15$ から、83dB の $CSQ_{25}0.39$ 、 $CSQ_{Po}0.46$ と、声の強さが増加するに従い増加し、接触指数 CI の平均値は、63dB の $CI_{25}-0.85$ 、 $CI_{Po}-0.98$ から、83dB の $CI_{25}-0.45$ 、 $CI_{Po}-0.38$ と増加していた。これらのパラメータは、声が大きくなるほど両声帯は急速に接触し、接触時間が増加し、声帯の緊張状態を示した。接触閉鎖傾斜角 CCS は、弱い声で $CCS_{25}1.49$ 、 $CCS_{Po}0.85$ から、楽な声で $CCS_{25}4.35$ 、 $CCS_{Po}1.22$ 、さらに強い声で $CCS_{25}4.89$ 、 $CCS_{Po}3.26$ と、ともに増加し、Slavit¹⁸⁾の成績を支持していた。この点について、すでに高速度映画の声帯振動解析から、平野ら⁷⁾は、胸声区で声の強さが増大すると、声帯一周期中の接触時間が増加することを報告している。声の強さを 10dB 段階で変化させ、発声させると、声門下圧波形は図 2、3、4 に示したごとく、DC 成分は声の大きさに比例し、AC 成分も声の大きさにつれ増大した。また、声門上圧波形は、声門下圧波形 AC 成分の逆の波形としてみられ、この振幅幅も声の強さに比例して増加していた。

以上、同一ピッチで声の強さを変化させた時の EGG 波形と声門上下圧の関係について報告した。

ま と め

Portable-Electro-Laryngograph を用い、EGG 波形と声門上圧と声門下圧を同時測定し、声の強さを変化させた場合の EGG 波形の解析を試みた。

1) 一定の高さで声の強さを増減させても、EGG 波形の位相は声門上下圧波形と一致した。

2) 声門上圧波形は声門開放期は陽圧で示され、この時、声門下圧は減少しており、開放相中央付近で最低値を示した。EGG 接触閉鎖相においては、接触開放相では声門下圧は急激に増加し、声門上圧は陰圧となり低下する。接触開大相では声門下圧は増加し始め、声門上圧は陰圧から陽圧に向けて増加した。EGG 波形は接触閉鎖相で増加し始め、完全接触まで急峻な上昇波形を示し、最大振幅を呈し

た後、接触開大相で減少し、接触開大相では前半部で最低陰性波を認めた。

3) 声の強さを10dB ずつ3段階で増加させると、EGG 波形から接触速度係数と接触指数、接触閉鎖傾斜角は増加したが、接触係数、接触閉鎖指数は減少傾向を認めた。

以上、正常発声で声の強さを変化させても声帯振動の動的变化はEGG 波形上に反映していることを明らかにした。それゆえ、EGG 検査は、被検者に負担のかからない、非侵襲的な検査法として、臨床に応用できると考えられた。

文 献

- 1) Childers DG et al : Relationships between electroglottograph, speech, and vocal cord contact. *Folia Phoniatr* 36 : 105~118, 1984.
- 2) Childers DG et al : A model for fold vibratory motion, contact area, and the electroglottogram. *J Acoust Soc Am* 80 : 1309~1320, 1986.
- 3) 岩田重信ほか : 定常母音における Electroglottogram の声門上下圧測定による検討. *喉頭* 9 : 11~15, 1997.
- 4) Orlikoff RF : Assessment of the dynamic of the vocal fold contact from the electroglottogram: data from normal male subject. *J Speech Hear Res* 34 : 1066~1077, 1991.
- 5) Issiki N : Regulatory mechanism of voice intensity variations. *J Speech Hear Res* 7 : 17~19, 1964.
- 6) 岩田重信ほか : 空気力学的にみた発声機序一声の強さの調節一. *音声言語医学* 36 : 14~21, 1995.
- 7) 平野 実 : 音声外科の基礎と臨床. *耳鼻* 21 : 239~442, 1975.
- 8) Ursino F et al : A study of EGG and Simultaneous subglottal pressure signals. *Folia Phoniatr* 43 : 220~225, 1991.
- 9) Fourcin AJ & Abberton E : First applications of a new laryngograph. *Med Biol* 21 : 172~182, 1971.
- 10) Kitzing P et al : Aerodynamic and glottographic studies of the laryngeal vibratory cycle. *Folia Phoniatr* 34 : 216~224, 1982.
- 11) Slavik DH : Perturbation analysis of electroglottograph during sustained phonation. *Folia Phoniatr* 38 : 290~293, 1986.
- 12) Kitzing P : Photo and electroglottographic recording of the laryngeal vibratory pattern during different registers. *Folia Phoniatr* 34 : 234~241, 1982.
- 13) Hanson DG et al : Glottographic measurement of vocal dysfunction. A preliminary report. *Ann Otol, Rhinol Laryngol* 92 : 413~420, 1983.
- 14) Baken RJ : Clinical measurement of speech and voice, Boston, Little, Brown, 1987.
- 15) Rothenberg M et al : Monitoring vocal fold abduction through vocal fold contact area. *J of Speech Hearing Reserch* 31 : 336~351, 1988.
- 16) Bear T et al : Laryngeal vibrations: A comparison between high speed filming and glottographic techniques. *J Acoust Soc Am* 73 : 1304~1308, 1983.
- 17) Sercarz JA et al : Videostroboscopy of human vocal fold paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 101 : 567~577, 1992.
- 18) Slavik DH et al : Open slope quotient: A New Glottographic Parameter. *J of Voice* 9 : 86~94, 1995.

別刷請求先 〒470-1192

愛知県豊明市沓掛町田楽ケ窪1-98

藤田保健衛生大学医学部耳鼻咽喉科学教室

岩田重信