

電氣 Glottography(EGG)를 이용한 喉頭構音力學的 特性

전북대학교 의과대학 이비인후과학교실, 음성실험실*
홍기환 · 박병암 · 양윤수 · 서수영 · 김현기*

= Abstract =

The Role of the Electroglottography on the Laryngeal Articulation of Speech

Ki Hwan Hong, M.D., Byeong Am Park, M.D., Yoon Soo Yang, M.D.,
Soo Yung Seo, M.D., Hyun Ki Kim, Ph.D.*

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine, Phonetic Lab.
Chonbuk National University, Chonbuk, Korea*

There are two types of phonetic study, acoustic and physiologic, for differentiating the three manner categories of Korean stop consonants. On the physiologic studies, there are endoscopic, electromyographic(EMG), electroglottographic(EGG) and aerodynamic studies. In this study, I tried to investigate general features of Korean stops using EGG study for the open quotient of vocal fold and baseline shift during speech, and aerodynamic characteristics for the subglottal air pressure, air flow and glottal resistance at consonants. On the aerodynamic study, the glottalized and aspirated stops may be characterized by the increasing subglottal pressure comparing with lenis stop at consonants. The airflow is largest in the aspirated stops followed by lenis stops and glottalized. The glottal airway resistance(GAR) showed highest in the glottalized followed by the lenis, but lowest in the aspirated during the production of consonants, and showed highest in the aspirated, but low in the glottalized and lenis during the production of vowel. The glottal resistance at consonant showed significant difference among consonants and significant interaction between subject and types of consonant. The glottal resistance at vowel showed significant difference among consonants, and the interaction occurred between subject and types of consonant.

The electroglottography(EGG) has been used for investigating the functioning of the vocal folds during its vibration. The EGG should be related to the patterns of the vocal fold vibration during phonation in characterizing the temporal patterns of each vibratory cycle. The purpose of this study is to investigate the dynamic change of EGG waveforms during continuous speech. The dynamic changes of EGG waveforms for the three-way distinction of Korean stops were characterized that the aspirated stop appears to be characterized by largest open quotient and smallest glottal contact area of the vocal folds in the initial portion of vocal fold vibration ; the lenis stop by moderate open quotient and glottal contact area ; but the

glottalized stop by smallest open quotient and largest glottal contact area. There may be close relationship between the OQ(open quotient) in the initial voice onset and the glottal width at the time of consonant production, the larger glottal width just before vocal fold vibration results in the smaller OQ of the vocal fold vibration in the initial voice onset. The EGG changes of baseline shift during continuous speech production were characterized by the different patterns for the three types of Korean consonants. The small and less stiffness change of baseline shift was found for the lenis and the glottalized, and the largest and stiffest change was found for the aspirated. On the baseline shift for the initial voice onset, they showed so similar patterns with for the consonant production, larger changed in the aspirated. For the lenis and the glottalized during the initial voice onset, three subjects showed individual difference each other. I suggest that this characteristics were strongly related with articulatory activity of vocal tract for the production of consonant, especially for the aspirated stop. The suspecting factors to affect EGG waveforms are glottal width, vertical laryngeal movement and the intrapharyngeal pressure to neighboring tissue during connected speech. So the EGG may be an useful method to describe laryngeal activity to classify pulsing conditions of the larynx during speech production, and EGG research can be controls for monitoring the vocal tract articulation, although above factors to affect EGG would have played such a potentially role on vocal fold vibratory behavior obtained using consonant production.

KEY WORDS : Electroglottography · Laryngeal articulation.

서 론

한국어 무성자음은 외국어 자음의 유성음/무성음의 2중대립체계와는 달리 조음방법에 따라 서로 다른 3개의 무성자음이 대립하고있는 3중 대립체계를 가진다는 것이라 하겠다¹⁾. 이러한 특징에 대해 후두가 어떻게 기능하며 어떠한 현상으로 나타나는가를 알기위한 연구에는 크게 음향음성학적 및 생리학음성학적 방법으로 구분할 수 있으며 특히 후자의 방법은 이제까지 단지 몇몇 연구자들에 의해 한국어 자음의 특징이 연구되어 앞으로 이에 대한 연구가 절실하다 하겠다¹⁾²⁾³⁾. 최근 수많은 음성검사기들의 개발에 의해 발성의 원리에 대한 많은 연구가 진행되었고 실제 임상에 이용되므로써 각종 음성질환의 기전을 연구하는데 많은 도움이 되어왔다²⁾¹⁵⁾¹⁶⁾. 그중 전기 glottography는 값싸고 완전히 비침습적인 음성검사기로서 각종 음성질환에 대해 진단, 치료 및 예후 판정등에 이용되어 왔으며 또한 정상발성시의 성대진동 기전에 대해 연구되어왔다. 그러나 판독하는데 있어 실제 많은 논란이 있는데 이러한 논란은 복잡한 성대진동 양상에 의해 생기는 것으로 EGG에 의한 양측 성대사이의 전기 저항도는 실제 성문의 열림의 정도를 의미하는

것이 아니라 성문접촉율을 의미하기 때문이다⁹⁾¹⁷⁾.

본 연구에서는 정상발화시 성대의 역동적 운동이 EGG상 어떠한 특징으로 나타나는가를 알기위해 공기역학검사를 동시에 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. EGG파형의 open quotient(OQ)는 자음발성시의 성문공기저항도와 밀접한 반비례관계를 보이며 EGG파형의 baseline shift는 기본주파수 및 성문공기저항도와 밀접한 비례관계를 가졌다. 그러므로 EGG를 이용하여 향후 성대진동뿐만 아니라 발화시의 후두의 운동변화를 연구하는데 사용될 수 있으리라 예상된다. 결론적으로 본 연구에서는 한국어 폐쇄자음을 연구하는데 있어서는 공기역학적연구 및 EGG연구를 이용하여 한국어 자음이 가지는 특성을 규명하기 위해 전북지역어를 사용하는 정상인을 대상으로 음절의 초성 및 중성시의 연음, 기식음 및 경음이 후두에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하기 위해 본연구를 시행하였기에 문헌과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1. 실험대상

정상 성인 3명을 대상으로 여러가지 임상검사를 통해

이상이 없었던 정상 남자를 대상으로 하였다.

2. 실험방법

1) 어음재료

사용된 문형은 연구방법에 따라 /CVCV/형태의 무의미 단어를 사용하였고 음절의 초성과 중성의 자음에 대해 역접을 두어 양순과열음을 선택하였던바 기식음을 대해서는 /p^hep^he/(패페), 연음에 대해서는 /pepe/(배배) 및 경음에 대해서는 /p^hep^he/(배배)를 평상시의 편안한 상태로 반복하여 발성케 하였다.

2) 공기역학적 분석

공기역학적 측정방법으로는 Smitheran & Hixon²⁰⁾에 의해 고안된 방법으로 발성시의 공기호기율과 성문하압력을 비침습적이고 정확한 방법으로 측정하였는데 그 방법은 피검자는 똑바로 앉은 자세에서 깨끗한 플라스틱 마스크를 착용하는데 이때 공기호기율은 Pneumotachography를 통하여 측정되며(Fig. 1), 공기압력은 마스크를 통해 입술안쪽에 위치한 폴리에틸렌 튜브를 통한 감지기를 통해 감지된다. 성문하압력은 각각의 양순과열음 /pi/, /p^he/, /p^he/에 대해 /p/의 무성음 발생직전에 얻어지는 최대구강압력으로부터 측정되는데 그것을 Es-

timated Subglottal pressure(EPsub)라 하며 그 원리는 무성 파열음 발생 동안에 입술과 연구개는 폐쇄되고 발성관은 충분히 열리게되어 구강압력과 성문하압력은 일치하게 되는데 최대 구강압력지점 3개를 연결하는 선과 모음 중간부위가 만나는 지점에서 측정하였다. 발성시 공기호기율은 각각의 단어에서 폐쇄음에 대해서는 파열시의 최대 공기호기율로 측정하였고 모음에 대해서는 모음의 중간부위에서의 공기호기율을 측정하였다. 피검자는 초당 3번정도의 속도로 각각의 무의미 단어(/CVCV/)를 약 5번이상 반복하게 된다. 이때 피검자는 일상회화시의 음고와 음량으로 발성해야 되는데 통상 vital capacity의 60~35% 정도가 되게 발성케 하였다. 다음은 본연구에 이용된 공기역학적 지표로는 첫째 공기호기율(airflow rate : liter/sec)로서 무성자음 발성시의 공기호기율(airflow rate during consonant : AFc)은 폐쇄음이 파열되는 순간 구강으로 나오는 공기의 최대량을 의미하며 상대진동에 의한 모음발성시의 공기호기율(airflow during vowel : AFv)은 모음의 중간 지점에서의 공기량을 의미한다. 둘째 공기압력(air pressure : cmH20)은 무성자음 발성시의 공기압력(air pressure during consonant : APc)은 폐쇄음이 파열되는 순간 구강내의 최대압력을 의미하며 상대진동에 의

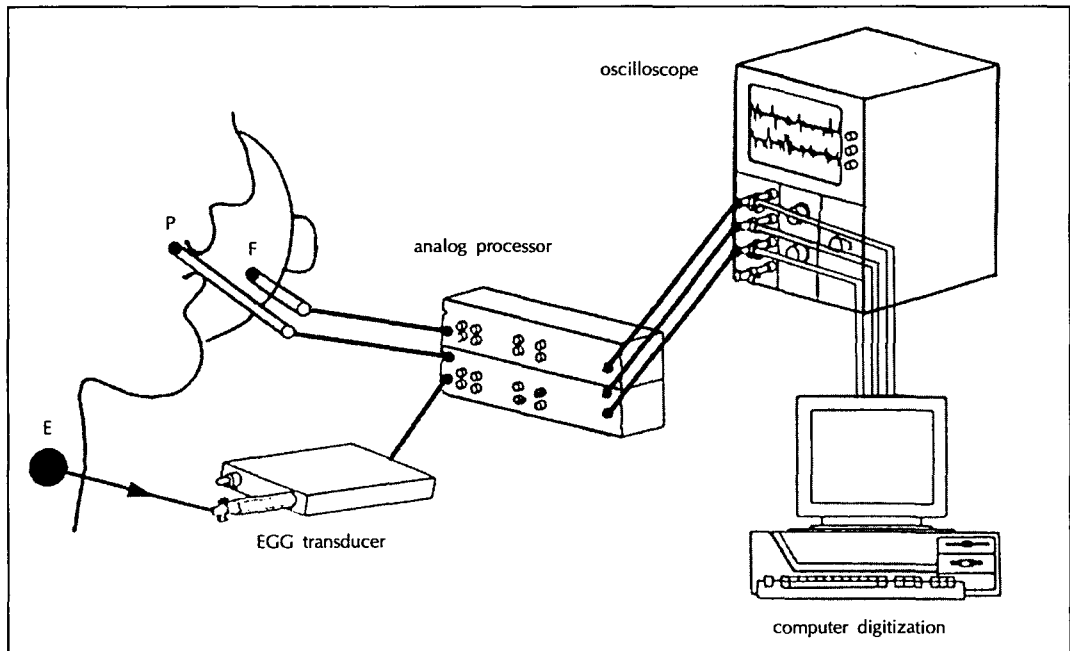


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus. The drawing at the left shows the insertion of the pressure sensing tube through the face mask positioned behind the lips.

한 모음발성시의 중간지점을 모음시의 공기압력(air pressure during vowel : APv)으로 하였다. 세제 후두 저항도(laryngeal resistanc : cmH20/l/sec)는 공기압

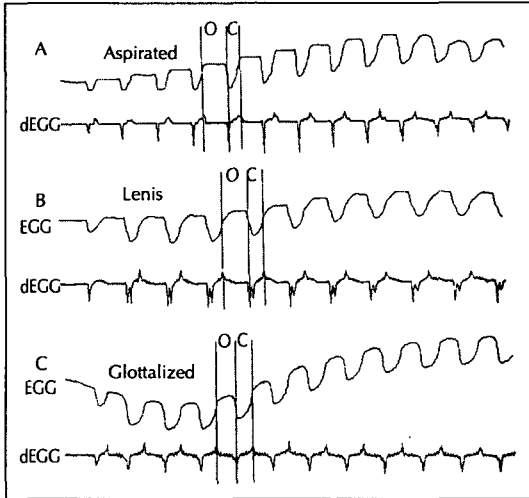


Fig. 2. Waveforms of EGG(A), airflow(B), and air pressure (C) from a normal subject repeating the syllable / p^he/. The letters a and b mark the points of baseline shift for the consonant, b and c the points of baseline shift for the vowel, Fc and Fv indicate the points of airflow for the consonant and the vowel, while Pc and Pv mark the points of pressure for the consonant and the vowel.

력을 공기호기율로 나눈 값으로 폐쇄자음 발생시의 후두 저항도(laryngeal resistance during consonant : GRc)는 폐쇄음이 파열되는 순간의 후두내의 저항도를 의미하며 모음시의 저항도는 성대진동에 의한 중간모음발성시의 후두저항도(laryngeal resistance during vowel : GRv)를 의미한다.

3) 전기 glottography(EGG) 분석

EGG 신호를 위한 전극판은 경부중앙에 있는 갑상연골판의 양측에 대고 ground 전극판은 일측 경부에 대는데 양측 전극판사이의 전기저항도는 양측 갑상연골사이의 성대를 흐르는 전기의 저항도를 의미하므로 성대가 접촉해 있으면 전류가 흘러 저항도가 낮고 성대가 열려 있으면 전류의 흐름이 차단되어 저항도가 증대되는 원리이다. 그러나 저항도의 정도는 성대의 열림의 정도를 의미하는 것은 아니고 양측성대의 접촉정도를 의미하는 접촉율을 직접 측정할 수 있는 기구이다. 모든 신호는 일단 오실로스코프를 통해 검색한후 제대로 일정하게 측정된 저항도만 컴퓨터에 입력한후 분석하였다. 전기신호는 3000Hz로 low pass filtering한 후 8000Hz로 디지털화 시켰으며 사용된 프로그램은 VAS program(University of California, Los Angeles)을 이용하였다.

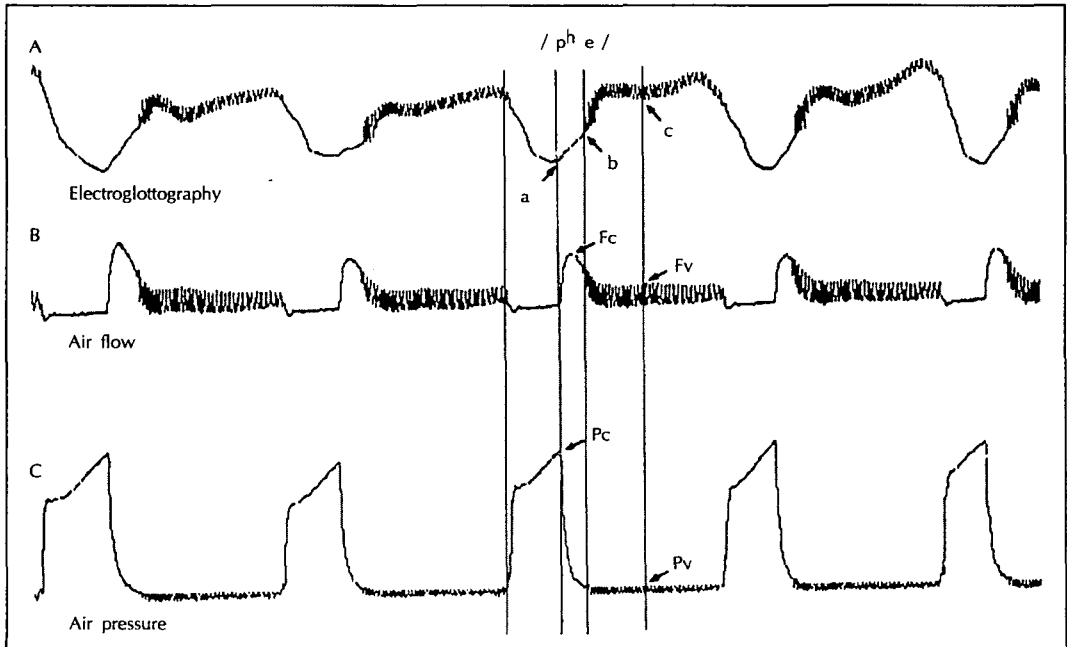


Fig. 3. Waveforms of EGG and dEGG from the initial portion of vowels in /CVCV/ for aspirated(a), lenis(b) and glottalized(c) stops. The letters O and C mark the duration of opening and closing phases in one vibratory cycle of the vocal folds.

EGG signal로부터 측정되는 지표들로는 기저주파수 (F0), Open quotient(OQ) 및 EGG파형의 baseline 이동율을 측정할 수 있는데 F0와 OQ는 Childers⁵⁻⁷⁾와 Berke³⁾등에 의해 고안된 EGG파형의 유형인 differentiated EGG(dEGG)를 이용하여 성문의 열림점과 닫힘점을 정확히 측정하여 분석하였다(Fig. 2). dEGG상에서 성문의 열림점은 비록 논란은 있는 상태이지만 파형의 positive peak, 닫힘점은 negative peak로 산정하였다. 이 두지점으로부터 close phase와 open phase의 시간이 측정되어지는데 OQ란 하나의 주기를 open phase로 나눈 값을 의미하는데 본연구에서는 파열음 파열후 성대가 진동을 시작하는 지점으로부터 약 10개의 진동주기로 부터 OQ를 측정하여 평균한 수치로 하였다. EGG파형의 baseline 이동율은 자음모음을 연속하여 발생케 한 후 파열음이 파열하는 지점으로부터 모음의 중간지점까지의 baseline이 상하로 이동하는 정도를 측정하였다(Fig. 3).

결 과

1. 공기역학적 분석

각각의 무성 파열음에 대한 평균 성문하압력(EPsub)

Table 1. Mean values and statistical data of variables according to the type of consonant

Variables	Consonants			ANOVA value ^a			ANOVA value ^b		
	lenis	aspirated	glottalized	df	F	p	df	F	p
Fo, Hz	127	142	143	2,36	58.9	p<0.01	4,36	7.9	p<0.01
OQ	0.68	0.75	0.55	2,36	545.1	p<0.01	4,36	3.3	p<0.05
BSC, V	1.9	4.1	2.6	2,36	148.6	p<0.01	4,36	12.1	p<0.01
BSV, V	2.0	3.6	2.2	2,36	133.1	p<0.01	4,36	21.9	p<0.01
GRC, kPa/l/s	13.2	9.0	33.4	2,36	374.1	p<0.01	4,36	11.6	p<0.01
GRV, kPa/l/s	37.4	52.5	41.8	2,36	154.2	p<0.01	4,36	7.4	p<0.01

BSC=baseline shift at consonant production ; BSV=baseline shift at initial vowel production ; GRC=glottal resistance at consonant production ; GRV=glottal resistance at vowel production ; ANOVA value ^astands for among consonants ; ANOVA value ^b stands for between subjects and type of consonant

Table 2. p values and Pearson's r values between variables

Variables	Fo	OQ	BSC	BSV	GRC	GRV
Fo		0.17	0.47	0.40	0.28	0.39
OQ	NS		0.37	0.23	0.79	0.44
BSC	<0.05	<0.05		0.75	0.33	0.66
BSV	<0.05	NS	<0.01		0.41	0.56
GRC	NS	<0.01	NS	<0.05		0.38
GRV	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01	NS	

BSC=baseline shift at consonant production, BSV=baseline shift at initial vowel production; GRC=glottal resistance at consonant production ; GRV=glottal resistance at vowel production
NS=nonsignificant

은 연음, 기식음 및 경음에서 각각 6.7cmH₂O, 8.6cmH₂O 및 7.5cmH₂O로서 기식음에서 연음 및 경음에 비해 유의하게 높았으며 평균호기율도 연음, 기식음 및 경음에서 각각 0.64 L/s, 1.17 L/s 및 0.41 L/s로서 기식음에서 가장 많았고 연음 및 경음 순이었다. 후두저항도 (kPa/l/s)는 파열음 발생시는 연음, 기식음 및 경음에 대해 각각 13.2, 9.0 및 33.4로서 경음에서 저항도가 가장 높았고 다음 연음 및 기식음 순이었다(Fig. 1). 자음 발생시의 저항도를 Analysis of Variance(ANOVAs) with replication에 의해 통계처리한 결과 자음들 사서 서로 유의한 차이가 있었으며(F2,36=374.1, p<.01) 마찬가지로 모음발성시의 자음종류에 따른 저항도도 유의한 차이가 있었다(F2,36=154.2, p<.01).

2. 전기 glottography분석

전체적인 평균치와 통계값으로 통계처리는 Two way Analysis of Variance(ANOVAs) with replication을 이용하였다. 먼저 기저주파수의 변화는 기식음과 경음에서 연음에 비해 유의하게 높았으며(F2,36=58.9, p<.01) 대상들과 각자음들 사이에서도 유의한 상호작용이 있었다(F4,36=7.9, p<.01). 각 자음 발생후의 성대진동에 의한 open quotients(OQ)는 기식음에서 가장 많

있고 이어서 연음 및 기식음순으로 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($F_{2,36}=545.1, p<.01$) 대상들과 각자 음들 사이에서도 유의한 상호작용이 있었다($F_{4,36}=3.3, p<.05$). 자음발성동안의 EGG파형의 baseline 이동 정도는 기식음에서 가장 많았고 다음 연음순이었으며 자음발성후 모음발성시의 이동 정도는 기식음에서 가장 많았고 이어서 경음 및 연음 순이었다(Fig. 1). 자음발성시의 이동 정도를 자음에 따라 비교한 결과 유의한 차이가 있었으며($F_{2,36}=148.6, p<.01$) 대상들과 각자 음들 사이에서도 유의한 상호작용이 있었다($F_{4,36}=12.1, p<.01$). 모음발성시의 이동 정도도 자음발성시와 마찬가지로 유의한 차이($F_{2,36}=133.1, p<.01$) 및 유의한 상호작용이($F_{4,36}=21.9, p<.01$) 있었다(Fig. 1).

공기역학분석에 의한 후두저항도와 EGG에 의한 분석들을 Pearson's correlation에 의한 상관관계를 비교한 결과(Fig. 2) 기저주파수는 자음발성시의 baseline 이동($r=.47, p<.05$) 및 모음발성시의 baseline 이동($r=.40, p<.05$)과 유의한 상관관계가 있었으며 OQ는 자음발성시의 후두저항도($r=-.79, p<.01$)와 유의한 역상관관계가 있었으며 자음발성시의 baseline이동은 모음발성시의 후두저항도와 유의한 상관관계($r=.66, p<.01$) 및 모음발성시의 baseline이동과 유의한 상관관계($r=.75, p<.01$)가 있었다. 또한 모음발성시의 baseline 이동도 모음발성시의 후두저항도와 유의한 상관관계($r=.56, p<.01$)가 있었다.

고 찰

지금부터 거의 50년 이상 전기 glottography(EGG)를 이용한 수많은 연구에 의해 발성의 원리, 음성질화에 대한 진단 및 평가등이 시행되어 왔으나 실제 많은 논란이 있는 상태로서 특히 그래프의 판독에 많은 논란이 있다⁹⁾¹⁰⁾. 이러한 논란은 실제 복잡한 성대진동 양상에 의해 생기는 것으로 여러 보고에 의하면 EGG에 의한 양측 성대사이의 전기 저항의 정도는 실제 성문의 열림의 정도를 의미하는 것이 아니라 양측 성대사이의 접촉율을 의미하는 것이다. 정상 발성시의 양측 성대의 진동양상을 보면 성문하호기압에 의해 성대가 열리면 다시 Bernoulli효과에 의해 생기는 음압으로 인하여 성대가 닫히게 되는데 먼저 성대하순이 닫히므로서 성대접촉이 시

작되고 그후 성대 상순이 닫히므로서 완전한 성대접촉이 이루어지며 다시 성문하호기압이 증대되므로서 성대하순이 열리기 시작하여 이어서 성대상순이 열리게 되어 성대의 접촉이 전혀 없게 된다. 그러나 이러한 성대접촉양상은 성대의 모든부분에서 항상 일정하게 발생하는 것이 아니고 zipper에 의해 닫히는 원리와 같이 성대의 앞부분부터 뒤로 위의 운동이 진행된다¹⁰⁾¹³⁾.

EGG의 원리는 Ohm's 법칙에서와 같이 물체를 통해 흐르는 전류량과 반비례하여 발생하는 전기저항을 측정하는 원리로서 인체조직은 항상 전기가 흐르는 조직으로서 후두에 적용되는 원리로는 갑상연골 양측 피부에 부착시킨 두전극을 통하는 전기의 저항을 측정하는 것으로 성대가 열려있을 때에는 양 성대사이에 절연체 역할을 하는 공기가 있어 전기가 흐르지 않으므로 전기저항이 커지고 발성에 의해 성대가 닫히면 양측 성대를 통해 전류가 흐르게 되어 전기저항이 작아지게 되는 원리이다. 그러므로 EGG에 의해 성문의 열림의 정도를 측정하는 것은 불가능하다는 것이 지배적이며 대신 양측 성대접촉하므로서 발생하는 전기저항의 정도를 측정하므로서 성문의 접촉율을 측정할 수 있다. 즉 EGG에 의해 측정되는 전기저항도는 성대의 접촉면(tissue cross-sectional area)과 접촉된 성대의 길이의 정도를 동시에 복잡하게 나타내는 수치이다.

실제 EGG를 이용하여 성문 열림의 정도와 열림 시작점과 닫힘 시작점을 측정할 수는 없지만 다른 검사기를 동시에 사용하므로서 정확한 성대의 열림점과 닫힘점을 측정하려는 연구가 시도되었는데 대표적으로 Photoglottography(PGG)와 High speed stroboscopy를 이용하여 EGG와 비교하여 정확한 성문의 열림점 및 닫힘점을 측정하였던바 결과적으로 EGG를 이용하여 성문의 열림의 정도는 측정할 수 없으며 양측성대의 접촉 정도만 측정가능하다고 보고하였다.

그러나 Childers⁷⁾에 의해 EGG 하나만을 이용하여 정확한 성문의 열림 시작점과 닫힘 시작점을 알아보려는 연구가 시행되었던바 EGG 파형에 대한 derivative(도함수)를 이용한 파형으로 파형을 디지털신호처리에 의해 smoothing 처리하므로서 소음을 없앴으므로 성대의 열림에 의한 전기저항의 급격한 상승점과 성문의 닫힘에 의한 급격한 전기저항의 하강점을 정확히 알 수 있게 되므로서 다른 기구들을 이용해야 하는 번거로움과 시간을

절약하게 되었다. 그러므로 대신 dEGG를 이용하여 측정할 경우는 성문의 접촉율을 측정할 수치가 아니고 dEGG를 이용하여 성대의 열림점과 닫힘점을 계산하여 측정할 것으로 위의 요소를 측정할 수 있게 되어 glottal area function을 볼 수 있게 된다. 그러므로 dEGG를 이용할 경우 glottal area function을 보기 위한 것으로 open quotient(OQ)와 speed quotient(SQ)등을 측정할 수 있게 되며 대신 이것을 이용하여 반대로 성문 접촉율을 측정하는 것은 타당하지 못하다 하겠다.

그러나 이러한 dEGG에 의한 정확한 성대의 열림 시작점과 닫힘 시작점에 대한 논란도 있는 것이 사실로서 Berke⁹⁾에 의한 EGG, dEGG, PGG, videostroboscopy에 의한 연구에서는 이러한 dEGG에 의한 positive peak와 negative peak는 정확한 성문 열림점과 닫힘점이 아니라고 주장하였다. 그러나 Childers등에 의한 결론에서는⁵⁾ 정상 발성(modal register)시는 dEGG에 의한 positive peak, negative peak를 성문 열림점과 닫힘점을 측정하는 것은 타당한 조건이 되지만 병변이 있을시는 더이상 타당하지 않다고 주장하였다. 성대 진동운동에 대해 EGG 혹은 PGG를 이용하여 측정되어질 수 있는 요소에는 각주기의 시간, close phase, open phase, 성문넓이가 증가하는 open phase 시간, 성문넓이가 감소하는 open phase 시간등이 있으며 이를 중심으로 기본주파수를 측정할 수 있고 glottal area function을 보기위한 지표로서 OQ, SQ, Speed index, rate quotient등을 측정할 수 있는데 이중에서 대표적인 OQ는 개개의 진동시간을 open phase로 나눈 시간을 말하며 SQ는 OQ중 glottic area가 증대되는 시간을 말한다.¹⁰⁾¹¹⁾²¹⁾

실제 임상에서 EGG에 대한 결과를 판독하는데는 여러 어려움이 있으며 많은 변화가 있는게 사실이다. EGG에 의한 파형에 변화를 줄 수 있는 요소에는 먼저 전극의 위치로서 정확히 성대위치에 위치해야 소음의 정도가 가장 적으며 위치에 따라 소음이 증대한다고 한다. 피부와 전극의 저항도 영향을 주는데 파형에서 artifact가 순간적으로 나타나며 피부하 지방도 절연체로 역할하므로 경부피하조직이 많은 경우에도 판독에 어려움이 따른다. 중요한 다른 요소에는 후두의 상하움직임이 EGG 파형에 직접적인 영향을 주는데 이러한 현상은 발성시 정상적인 조음작용에 의해 후두가 상하로 움직이

며 또한 주파수를 달리할 경우에도 후두가 상하로 움직여 성대와 전극과의 관계에 영향이 초래되어 파형에 변화가 온다. 이러한 변화에 대한 연구에는 Shipps에 의한 연구에 의하면¹⁹⁾²⁰⁾ 예상할 수 있는 기전은 후두가 상승하면 따라서 갑상연골사이의 전극은 그대로 있고 성대가 상승하므로써 양측 전극사이의 전류의 흐름이 하강되고 저항도가 증대될 것이고 또한 하강해도 같은 현상으로 저항도가 증대될 것이다. 또한 가능성 있는 중요한 요소에는 인두내의 압력의 변화로서 압력이 증대되면 인두주위조직에 압박이 초래되어 전기저항이 증대하므로써 전류의 흐름이 하강되므로써 직접적인 영향이 초래되어 EGG 파형의 급격한 변화가 나타나게 된다.¹⁴⁾²³⁾

이러한 현상은 파열음 혹은 파찰음 발생시 전형적으로 나타나게 되는데 파열음 발생시 저항도의 증대는 첫째 인두내의 압력증대에 의하고 또한 이어지는 성대발성의 주파수 증대에 따른 성대의 상승으로 인해 전극사이의 전류의 흐름이 하강되고 저항도가 증대되므로 EGG 파형에 의한 저항도의 측정이 각종 자음발성시의 긴장도를 간접적으로 측정할 수 있는 방법으로 이용될 수 있겠다. 그러므로 자음없이 지속모음 /e/를 발성할때의 전반적인 전류의 흐름은 저항도의 변화는 항상 일정하지만 반면에 연음에 대해서는 무성파열음 발생시 인강내의 긴장도의 상승과 약간의 주파수 상승을 위한 후두의 상승으로 전기저항이 증대되며 기식음에 대해서는 인강내의 과다한 긴장도 상승과 주파수 상승으로 인한 성대의 상승으로 전기저항도의 급격한 변화를 초래하며 경음에 대해서도 기식음과 마찬가지로 전기저항도의 급격한 상승을 초래한다. 이러하듯이 문장을 사용할 경우 최초의 전류의 흐름의 하강은 발성을 하기위한 후두의 준비 즉 성대의 열림으로 인해 전류의 흐름이 순간적으로 하강된 상태에서 이어지는 성대진동에 의한 전류의 흐름이 증대되므로써 EGG 파형이 상승하게 된다.

결 론

결론적으로 한국어 파열음의 특징인 3중대립체제에 대한 공기역학적 및 전기 glottography에 의한 연구에 의해 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

1) 공기역학적검사에 의한 결과는 각각의 파열음에 대한 평균 성문하압력(EPsub)은 기식음에서 연음 및 경음에

비해 유의하게 높았으며 평균호기율도 기식음에서 가장 많았고 연음, 및 경음 순이었다. 후두저항도는 파열음 발생시는 경음에서 저항도가 가장 높았고 다음 연음 및 기식음 순이었다. 공기역학분석에 의한 후두저항도와 EGG에 의한 OQ와 baseline 이동을과는 유의한 상관관계가 있었다.

2) 전기 glottography에 의한 연구에서는 각 파열음 발생후의 성대진동에 의한 open quotients(OQ)는 기식음에서 가장 많았고 이어서 연음 및 기식음순이었으며 파열음 발생동안의 EGG파형의 baseline 이동정도는 기식음에서 가장 많았고 다음 연음순이었으며 자음발성 후 모음발성시의 이동정도는 기식음에서 가장 많았고 이어서 경음 및 연음 순이었다. 파열음 발생시 전기저항도의 증대는 인두내의 압력증대에 의하며 연음에 대해서는 무성파열음 발생시 인강내의 긴장도의 상승과 약간의 주파수 상승을 위한 후두의 상승으로 전기저항이 증대되며 기식음에 대해서는 인강내의 과다한 긴장도 상승과 주파수 상승으로 인한 성대의 상승으로 전기저항도의 급격한 변화를 초래하며 경음에 대해서도 기식음과 마찬가지로 전기저항도의 급격한 상승을 초래한다.

References

- 1) 홍기환, 전동석, 김영중, 정길량 : 한국어 폐쇄음에 대한 후두의 역할. 대한이비인후과학회지. 1992 ; 35 : 770-782
- 2) 홍기환 : *Aerophone II* 및 *Nasometer*를 이용한 공기역학검사 및 비음도 검사. 대한음성언어의학회지. 1995 ; 6 : 165-180
- 3) Berke GS, Moore DM, Hantke DR : *Laryngeal modeling : Theoretical, in vitro, in vivo*. *Laryngoscope*. 1987 ; 97 : 871-881
- 4) Bickley CA, Stevens KN : *Effects of a Vocal tract Constriction on the Glottal Source : Data from Voiced Consonants*. *Laryngeal function in phonation and respiration*, 1991 : 239-253
- 5) Childers DG, Hicks DM, Moore GP : *A model for vocal fold vibratory motion, contact area, and the electroglottogram*. *J Acoust Soc Am*. 1986 ; 80 : 1309-1320
- 6) Childers DG, Paige A, Moore GP : *Laryngeal vibratory patterns : machine-aided measurements from high-speed film*. *Arch Otolaryngology*. 1976 ; 102 : 407-410
- 7) Childers DG, Smith AM, Moore GP : *Relationship between electroglottograph, speech, and vocal cord contact*. *Folia Phoniatrica*. 1984 ; 36 : 105-118
- 8) Dart SN : *An aerodynamic study of Korean stop consonants : Measurements and modeling*. *J Acoust Soc Am*. 1987 ; 81 : 138-147
- 9) Gilbert HR, Potter CR, Hoodin R : *Laryngograph as a measure of vocal fold contact area*. *J Speech Hear Res*. 1984 ; 27 : 178-182
- 10) Hanson DG, Gerratt BR, Karin RR, Berke GS : *Glottographic measures of vocal fold vibration : An examination of laryngeal paralysis*. *Laryngoscope*. 1988 ; 98 : 541-549
- 11) Karnell MP : *Synchronized videostroboscopy and electroglottography*. *J Voice*. 1989 ; 3 : 68-75
- 12) Kemster GK, Mack PR, Larson C : *A preliminary investigation relating laryngeal muscle activity to changes in EGG waveforms*. *Laryngeal function in phonation and respiration*, 1991 : 339-348
- 13) Kitzing P : *Photo-and electroglottographical recording of the laryngeal vibratory pattern during different registers*. *Folia Phoniatrica*. 1982 ; 34 : 234-241
- 14) Lecluse FLE, Brocaar MP, Verschurre J : *The electroglottography and its relation to glottal activity*. *Folia Phoniatrica*. 1975 ; 27 : 215-224
- 15) Lee CY, Smith TS : *A study of subglottal air pressure in Korean stop consonants*. Preliminary version, presented at the 82nd meeting of the Acoustic Society of America, Denver, Colo, 1971
- 16) Lee CY, Smith TS : *Oral and Direct Subglottal Pressure in Korean Stops*. *J Acoust Soc Am Suppl*. 1972 ; 51 : S102
- 17) McFarlane SC, Watterson TL : *Clinical use of the laryngograph and the electroglottogram(EGG) with voice-disordered patients*. *Seminars in Speech and Language*. 1991 ; 12 : 108-114
- 18) Rothenberg M : *A new inverse-filtering technique for deriving the glottal air flow waveform during voicing*. *J Acoust Soc Am*. 1973 ; 53 : 1632-1645
- 19) Shipp T : *Vertical laryngeal position during continuous and discrete vocal frequency change*. *J Speech Hear Res*. 1975 ; 18 : 707-718
- 20) Shipp T, Izdedski K : *Vocal frequency and vertical larynx positioning by singers and nonsingers*. *J Acoust Soc Am*. 1975 ; 58 : 1104-1106

- 21) Smith S : *Research on the principle of electroglottography. Folia Phoniatica. 1981 ; 33 : 1-10*
- 22) Smitheran JR, Hixon TJ : *A clinical method for estimating laryngeal airway resistance during vowel production. J Speech Hear Disor. 1981 ; 46 : 138-146*
- 23) Westbury J : *Enlargement of the Supraglottal Cavity and its Relation to Stop Consonant Voicing. J Acoust Soc Am. 1983 ; 73 : 1322-1336*