

성대 결절 및 폴립 병변 판별 예측모형에 대한 연구

이화여자대학교 대학원 언어병리협동과정,¹ 이화여자대학교 의과대학 이비인후과학교실,² 음성언어치료실³

박수정¹ · 심현섭¹ · 정성민² · 김한수² · 박애경³

= Abstract =

A Study of the Lesional Grade Discrimination Model for Vocal Fold Nodules and Polyps

Soo Jung Park¹, Hyun Sup Shim, PhD¹, Sung Min Chung, MD²,
Han Soo Kim, MD² and Ae Kyung Park³,

¹Interdisciplinary Program of Communication Disorders, The Graduate School, Seoul;

²Department of Otolaryngology and ³Phoniatic Laboratory, College of Medicine,
Ewha Womans University, Seoul, Korea

Background and Objectives : This study is purposed to investigate the statistically significant discrimination model for predicting vocal fold nodule and polyp's lesional grade, with patients' background data and objective voice evaluation parameters.

Materials and Method : The retrospective research was carried out at the Ewha Womans University Hospital. 122 patients' voice examination data had been selected, and lesion screening (Grade I, II, and III) was conducted by 2 ENT specialists, with each patient's vocal fold pictures achieved during the laryngoscopy examination.

Results : The Lesional Grade Discrimination Model with which the lesional grade of vocal fold nodules and polyps could be predicted was derived by the ordinal logistic regression analysis (using SPSS 10.0). With this model the lesional grades of 73 out of 122 patients (59.8%) were correctly predicted to their formerly screened ones.

Conclusion : This model applied the multivariate approach, which statistically combined these currently used parameters, Jitter, Shimmer, MFR, MPT, and patient's background data such as gender and dysphonia period. It might explain the status of benign lesion of vocal folds, and furthermore expect the physiological function of vocal folds.

KEY WORDS : Vocal folds nodules · Polyps · Lesional grade discrimination model · Objective voice evaluation · Ordinal logistic regression analysis.

서 론

1980년대 후반부터 일본음성의학회를 비롯하여 미국과 유럽 등에서 음성의 질과 밀접한 연관이 있는 객관적 검사 수치에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있고, 최근에는 객관적인 검사 수치들을 통합하여 총체적인 음성의 중증도를 계산하여 제시하려는 시도가 이어지고 있다. 다양한 기계 검사들을 통해 환자의 음성상태와 관련된 음향학적, 공기역학

적 변수들이 보고되고 있는데, 대표적으로 Fo, Jitter, Shimmer, vFo, vAm, PPQ, APQ, NHR, MFR, MPT, Psub, frequency range, intensity 등이 있다.¹⁾²⁾⁶⁻¹²⁾ 이러한 변수들은 연구방법상 대부분 음성언어치료사의 청지각적 평가와 통계적으로 유의한 상관을 보이는 변수들로서 임상에서는 이러한 변수들의 측정값의 변화에 주목하면서 진단 및 치료 과정에 활용하고 있으며, 임상가들 사이에서도 이러한 변수들의 수치들은 비교적 객관적으로 통용되고 있다.

하지만 실제 후두 병변의 크기나 중증 정도와 장애음성의 청지각적 평가, 음성검사 결과 간의 관계를 밝히는 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 이비인후과 전문의들 사이에서도 통용될 수 있는 후두병변의 중증도 구분 기준도 명확하게 제시되고 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 음성장애 환자들의 대다수를 차지하고 있는 결절과 폴립 환자들

논문접수일 : 2004년 10월 5일

심사완료일 : 2004년 10월 22일

책임저자 : 심현섭, 120-750 서울 서대문구 대현동 11-1

이화여자대학교 대학원 언어병리협동과정

전화 : (02) 3277-2120 · 전송 : (02) 2648-5604

E-mail : simhs@mm.ewha.ac.kr

을 대상으로 이비인후과 전문의들이 일차적으로 병변 이상 정도를 판별하는 것과 객관적 음성검사 측정수치들 간에 어떤 관계가 있는지, 나아가 환자의 배경정보와 객관적 음성측정 수치들을 가지고 후두의 병변 상태를 예측할 수 있는지가 가능성을 모색하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 2001년 1월부터 2003년 12월까지 이대목동병원 이비인후과 음성언어클리닉에서 1회 이상 음성치료를 받았던 음성 환자들 726명 가운데, 성대 결절 및 폴립 환자들 452명의 음성검사 및 진료 차트를 추적 조회하여, 그 중에 다음과 같은 연구의 조건에 충족하는 환자를 146명을 선정하였다; 1) 18세 이상, 2) 서울 및 수도권 거주, 3) 결절, 폴립 이외에 다른 후두질환 및 정신과적, 신경과적 질환 동반이 없는 경우, 4) 위 증상으로 초진을 받은 후 음성치료 및 위생교육, 수술치료를 받기 전의 검사자료일 것, 5) 스트로보스코피 또는 후두경 검사 실시 중 촬영한 것으로 병변의 위치 및 크기가 선명한 상태의 성대 사진을 보유할 것, 6) CSL의 MDVP 분석, Voice Range Profile 분석, Phonatory Function Analyser 분석, MPT 측정 기록을 모두 보유할 것, 7) 위 검사가 같은 날 혹은 1주일 이내에 이루어졌을 것.

환자군의 평균 연령은 39.54세로(18~68세), 최저 연령

은 18세로 변성발성이 장애음성 측정에 영향을 주지 않도록 하였다. 반면 상위 연령은 제한하지 않았는데, 노화 효과는 회귀분석에서 연령을 독립변수로서 포함시켜 모형에 부분적으로 반영할 수 있으므로, 또 노화 효과를 배제하기 위해 사례수를 줄여 모형을 정제하는 것보다 다수의 환자들을 대상으로 하여 모형의 설명력을 높이는 것에 우선순위를 두었다.

2. 자료의 수집

146명의 검사기록으로부터 CSL(Computerized Speech Lab, Kay Electronics, Model No. 4300B)의 MDVP(Multidimensional Voice Program) 분석, VRP(Voice Range Profile) 분석, PFA(Phonatory Function Analyzer) 분석 결과 및 최장발성시간(MPT, Maximum Phonation Time) 측정 결과를 분석을 위한 변수로 선택하여 코딩하였다.

이비인후과 전문의에 의한 성대결절 및 폴립의 병변 판별에 있어 병변의 위치, 크기, 형태를 음성장애에 결정적 영향을 주는 요인으로 선택하였고, 그 외에 음성장애 지속 기간 및 환자의 성별, 나이, 음주, 흡연 여부, 직업 등도 보조적으로 판정에 고려하였다.⁶⁾¹³⁻¹⁵⁾ 결절의 경우 점막 표면의 불규칙성(irregularity)이나 부종(edema)의 형태로 편측 혹은 양측으로 나타나는 경우는 1점(mild), 양측으로 나타나면서 red & floppy type은 결절이 본격적으로 발달하는 초기 단계로 간주하여 2점(moderate), 양측으로 나타나되 크기가 비교적 크고 white & thick type은 오래된 결절로 판단되어 3점(severe)으로 평가하였다.

폴립의 경우 부착 형태에 따라 pedunculated type과 ses-

Table 1. Demographic data of samples(N=146)

Age		Occupation	
18-30	36 (24.66%)	Household	26 (17.81%)
31-40	45 (30.82%)	Teaching	26 (17.81%)
41-50	36 (24.66%)	Sales	22 (15.07%)
51-60	22 (15.07%)	Singing	7 (4.8%)
61-68	7 (4.8%)	Business	6 (4.11%)
Sex		Soldiers/policeman	5 (3.42%)
Male	37 (25.34%)	Student	5 (3.42%)
Female	109 (74.66%)	Pastor	3 (2.05%)
		Driver	3 (2.05%)
		Etc.	10 (6.85%)
		No data	33 (22.60%)
Diagnosis		Dysphonia period	
Nodule-unilateral	18 (12.33%)	Less than 2 weeks	9 (6.16%)
Nodule-bilateral	76 (52.05%)	2 weeks-3 months	45 (30.82%)
Polyp-unilateral	36 (24.66%)	3 months-1 year	43 (29.45%)
Polyp-bilateral	10 (6.85%)	1 year-5 years	28 (19.18%)
Nodule & polyp	4 (2.74%)	More than 5 years	13 (8.90%)
Polyp & Reinks'e edema	2 (1.37%)	No data	8 (5.48%)

Table 2. Variables selected for statistic analysis

Variables	Scale or unit
1. Grade of lesion (dependent v.)	1-GI (mild) 2-GII (moderate) 3-GIII (severe)
2. background data	
a. Age	0-18-30 1-31-40 2-41-50 3-50-
b. Sex	0-Female 1-Male
c. Dysphonia period	0-Less than 3 months 1-3-12 months 2-More than 12 months
3. MDVP	
a. Jitter	%
b. Shimmer	%
c. NHR	
d. vFo	%
e. vAm	%
4. Voice ranes profile	
MPFR (Maximum phonational frequency range)	Hz
5. Phonatory function analyser	
a. SPL-loud	dB
b. MFR	ml/sec
c. Psub	mmH ₂ O
6. MPT	sec

sile type을 구분하고, sessile type 중에 성대 앞쪽 1/3 지역을 중심으로 넓은 지역에 퍼진 diffused type 및 Reinke's edema의 경우 심한 경우로 간주하여 최종 평가에 반영하였다. 폴립이 단측성이며 크기가 성대 발성영역(phonatory area)의 1/3 미만이고 pedunculated type인 경우는 1점(mild), 단측성이되 크기가 성대 발성영역의 1/3~2/3를 차지하고 pedunculated type 또는 sessile type인 경우는 2점(moderate), 양측성으로 나타나면서 크기도 성대 발성영역의 2/3 이상인 경우는 3점(severe)으로 평가하였다.

평가사진은 차트에 기록된 후두경이나 스트로보스코피 검사 컬러 사진을 디지털카메라(Digital IXUS II, Cannon, Japan)로 접사 촬영한 후 3×5inch 크기의 유광택지에 컬러 인화하여 평가자와 함께 제시하였다. 평가자는 사진을 보고 평가자에 병변의 위치, 종류, 크기를 표시한 후 종합적인 병변의 상태를 mild일 경우에는 1점, moderate일 경우에는 2점, severe일 경우에는 3점으로 평가하였다. 각 기준점 사이에 0.5점 간격의 평가도 허용하였다. 평가자는 이대목동병원 이비인후과 후두 전문의 2명으로서, 각자 모든 사례에 대해 1차 판정을 한 후 1점 이상 판정 차이가 나는 경우에는 협의 후 재평가하도록 하였다. 재평가 후에도 1점 이상

의 판정 차이가 나는 경우에는 원점수를 그대로 인정하였다. 최종 평가한 점수들의 평균점수가 판별점수가 되는데, 0.5점에서 1.25점까지는 Grade I (mild), 1.5점에서 2.25점까지는 Grade II (moderate), 2.5점에서 3점까지는 Grade III (severe)로 구분하였다. 본 평정의 검사자 간 신뢰도는 1차 판정 후 결정은 67.02%, 폴립은 67.31%로 나타났으며, 재평가 후에는 결정이 94.68%, 폴립은 98.08%로 나타났다.

3. 통계분석

본 연구에서 도출하고자 하는 분류 모형은 환자의 배경정보 및 음성분석 변수들로 이루어진 예측변인들을 통해 실제 병변이 어떤 수준에 있을 것인가를 확률을 통해 예측하는 것이다. 분류 목표가 되는 종속변인 집단이 3개 이상이며 순위 척도를 따르므로 순서 로지스틱 회귀분석(Ordinal Logistic Regression Analysis) 방법을 선택하였다(SPSS 10.1).³⁾ 결측치와 이상치가 있는 경우를 제외하고 최종적으로 122명의 데이터만 분석에 포함되었다. Table 2는 통계분석에 사용하기 위한 변수들고, 임상에서 널리 사용하고 장애음성과 상관이 높은 것으로 보고되는 변수들 가운데 분석 시 결측값이 비교적 적었던 것을 중심으로 선택하였다.

결 과

먼저 13개의 독립변수들(Table 2)의 모든 가능한 쌍끼리 Spearman 상관분석을 실시한 결과 Jitter와 vFo($\rho = .737, p < .01$), MFR과 Psub($\rho = .590, p < .01$), Jitter와 NHR($\rho = .527, p < .01$), shimmer와 vAm($\rho = .511, p < .01$)가 변수 간 상호의존도가 높게 나타남에 따라 다중공선성(multicollinearity)이 발생하여 회귀계수가 왜곡되지 않도록 상관성이 높은 변수 중 하나를 제거하였다.^{3,4)} 따라서 최종 로지스틱 회귀분석에는 연령, 성별, 음성장애기간, Jitter, Shimmer, MFR_{loud}, MPFR, SPL, MPT 등 9개 변수가 투입되었다. 이와 함께 상호작용 효과를 반영하기 위해(연령, 성별, 음성장애기간) × (Jitter, Shimmer, MPT, MFR_{loud}, MPFR, SPL)로 구성할 수 있는 18개의 상호작용 변수를 추가로 생성하여 분석에 포함시켰다. 이상 27개의 모든 변수들을 투입하여 순위 로지스틱회귀분석을 실시하여 Table 3의 최종 모형을 산출하였고, 각 독립 변수들의 β 추정값을 계수로 하고, 한계치의 β 추정값은 상수항으로 하는 선형방정식을 이용하여 다음과 같은 다항 함수식을 산출하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Logit}(P\{G \geq \text{III}\}) \\ & = -1.303 - 0.184\text{MPT} + 0.448\text{Jitter} + 0.193\text{Shimmer} \times \\ & \quad \text{Sex} - (0.582\text{Jitter} - 0.006\text{MFR}_{\text{loud}}) \times \text{Period} \end{aligned}$$

Table 3. Final output of ordinal logistic regression analysis

	β estimated	S. E.	Wald	D. F	PAR significance probability
Limit					
G=III (severe)	1.917	.798	5.767	1	.016
G=II (moderate)	-1.303	.828	2.473	1	.116
MPT	.184	.061	9.013	1	.003
Period * Jitter	.582	.160	13.310	1	.000
Jitter	-.448	.153	8.618	1	.003
Period * MFR	-.006	.002	11.414	1	.001
Sex * Shimmer	-.193	.064	9.098	1	.003

* : link function : cauchit

Logit (P {G ≥ II})

$$= 1.917 - 0.184MPT + 0.448 \text{ Jitter} + 0.193Shimmer \times Sex - (0.582Jitter - 0.006MFR_loud) \times Period$$

주의할 점은 본 함수식에서 각 변수값을 대입하여 구한 값을 곧 중증도 점수로 해석해서는 안 된다는 것이다. 또한 각 변수들의 계수를 단순회귀분석의 회귀계수 β 값처럼 해석해 각 변수들의 가중된 기여도로 해석할 수 없다. 왜냐하면 로지스틱 회귀분석에서는 확률에 대해 로그 변환을 시킨 값이므로, 직접해석은 불가능하기 때문이다.³⁾ 위 회귀식은 단지 최종 분류확률을 계산하는 중간 단계일 뿐이며 최종적인 판별모형이 되기 위해서는 위 식을 연결함수를 누적확률식으로 역변환시켜야 한다.

P III (severe) = (Logit (P {G = III}))의 Cauchit 함수 역변환값)

P II (moderate) = (Logit (P {G = II}))의 Cauchit 함수 역변환값) - P III

P I (mild) = 1 - P II - P III

최종적으로 유도된 확률식에 각 측정치들을 대입하면 특정 사례가 G I, G II, G III 집단으로 각각 분류될 확률이 계산되게 된다. 최종 병변 수준 판별은 세 확률 중에 가장 확률값이 높은 집단으로 예측하여 이루어지게 된다. 예를 들어 한 여성 환자가 (sex=0) 음성장애 기간이 4개월 (period=1), MPT 7초, Jitter 1.21%, Shimmer 12.48%, MFR_loud 183ml/sec일 경우, 집단별 예측 가능 확률은 P I 이 18%, P II 가 65%, P III 가 17%로서 최종적으로 G II (moderate) 집단으로 분류하는 것으로 예측하게 된다. 본 계산은 연결함수의 역변환을 이용해야 하므로 상당히 복잡한 과정을 거쳐야 하지만, SPSS 분석에서는 자동으로 샘플들의 집단별 예측 확률을 계산해준다.

본 판별 모형과 샘플데이터와의 적합도 (goodness-of-

Table 4. Crosstabulation b/w observed and predicted lesional grade (N=122)

		Predicted grade			Total
		GI mild	GII moderate	GIII severe	
Observed grade	GI mild	23	17	2	42
	GII moderate	11	43	3	57
	GII severe	4	12	7	23
Total		38	72	12	122

fit)에 대해 알아보기 위해 예측값과 실측값 사이의 편차에 근거한 카이제곱 검정을 실시한 결과, 편차 카이제곱 통계량의 유의확률이 0.812로 나타남으로써 모형과 데이터가 차이가 없다는 영가설을 기각할 수 없게 되었다. 즉, 모형과 데이터가 매우 잘 적합되어 있다는 것을 보여주고 있다. 모형을 통한 예측값과 실제 측정값 사이의 교차분석을 통해 적중률 (hit-ratio)을 분석한 결과 (Table 4), 전체적으로는 122명 가운데에서 총 73명을 실측값과 일치하게 정확하게 예측함으로써, 전체 예측 정확도는 59.8%로 나타났다. 각 집단별로 살펴보면 G I 집단에서는 42명 가운데 23명 (54.8%), G II 집단에서는 57명 중 43명 (75.4%), G III 집단에서는 23명 중 7명 (30.4%)을 정확하게 예측하였다.

고 찰

본 연구에서는 총 122명의 성대 결절 및 폴립 환자들의 음성검사 정보를 수집하여 이비인후과 전문의의 병변 정도 판정과의 회귀분석을 실시한 결과, 전체 샘플 사례 중 59.8%를 정확하게 예측할 수 있는 병변 판별 예측모형을 산출하였다. 특히 병변의 수준이 G II (moderate)인 경우에는 75.4% 수준으로 보다 정확하게 예측 판별을 할 수 있다. 한편 “diagnosal plus one off-diagnosal”¹⁰⁾ 분류방법을 적용하여 바로 옆 집단으로 예측하였을 때에도 정반응으로 간주하면, G I 집단에서는 전체 42명 중 40명 (95.2%)을 G I 이나 G II 집단으로, G III 집단에서는 전체 23명 중 19명 (82.6%)을 G II 나 G III 집단으로 예측할 수 있다. 전체 정확도는 122명 중 116명에 해당하는 95.1%로, 이는 적어도 2단계 넘어 전혀 다른 범주로 (G I 를 G III 로, 혹 G III 를 G I 으로) 오분류 (misclassification) 할 확률이 4.9%로 매우 낮다는 것을 의미한다.

본 판별모형을 평가함에 있어서, 이와 유사한 주제를 다루는 선행연구들²⁾⁵⁾¹⁰⁻¹²⁾과는 모형 산출의 기준과 통계분석적 방법이 다르기 때문에 직접 비교하는 것은 불가능하다. 다만, 임상에서 본 모형을 사용한다면 후두 병변의 상태와 음성장애를 연관지어 해석하는 것이 보다 가능해지면서, 이비인후

과 전문의들과도 보다 상호보완적인 관계에서 음성장애의 평가와 치료를 진행할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 판별모형은 선행연구들과 달리 지수를 산출하여 경계값을 기준으로 중증도를 나누는 방법이 아니라, mild, moderate, severe 집단으로 포함될 예측확률을 집단별로 모두 제시하는 방법으로서, 임상에서 환자를 분류할 때 더욱 신중한 판단을 내리도록 도울 수 있다.

본 모형에서는 Jitter, Shimmer, MPT, MFR과 같이 일반적으로 널리 쓰이는 단일 변인들에 각각 가중치를 부여하여 결합시킴으로써 보다 종합적으로 성대의 병변 상태, 더 나아가 성대의 기능을 예측할 수 있는 다변인적 접근을 시도하였다. 이는 실제 발생생리와 매우 밀접한 관계를 보여주는 것으로서, 성대 결절이나 폴립, 부종과 같은 조직상 extra mass가 존재하는 경우 정상적인 성대진동을 방해하여 주파수 및 진폭의 변이성(perturbation)이 높아지면서 Jitter와 Shimmer가 높아지고, 발성을 위해 호흡을 더 많이 사용하게 되면서 MPT는 낮아지고 MFR은 높아지게 되는데, 본 모형에서는 이러한 장애음성의 발생생리가 종합적으로 반영되고 있다. 또한 환자의 성별과 음성장애 기간도 독립변수로 포함시켰는데, 이같은 시도는 선행연구에서는 찾아볼 수 없었던 것으로서, 모형의 정확도를 높이는 동시에 임상적으로도 하나의 모형을 가지고 성별이나 연령에 관계 없이 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 모형은 성대 결절과 폴립이라는 비교적 동질적인 환자 집단의 자료를 중심으로 개발되었다. 선행연구들에서 제시하는 분류모형은 대부분 정상, 장애 여부를 판별하는 모형으로 장애의 범주를 따로 규정하지 않고 있다. 그러나 결절이나 폴립과 같은 과대기능성(hyperfunctional) 장애군과 성대 마비와 같은 과소기능성(hypofunctional) 장애군, 경련성발성장애(Spasmodic dysphonia) 등과 같은 장애들은 장애음성의 공기역학적, 음향학적 변수들의 측정값이 상반되는 결과를 보일 수 있고,⁶⁾¹⁶⁾¹⁷⁾ 따라서 이 모든 장애를 연구 대상으로 포함시키는 것은 자료의 동질성 확보에 제약을 줌으로써 극단의 데이터값으로 인해 모형의 적합도를 떨어뜨리는 결과를 낳게 된다.³⁾⁴⁾

음성치료 현장에서 환자 상태의 변화를 예측하고자 하거나, 보호자 및 보험기관과 같은 이해관계자들에게 진단 결과나 치료 효과를 보고함에 있어, MPT, Jitter, Shimmer, MFR_{loud}와 같이 4개의 음성검사 자료와 성별, 음성장애 기간과 같은 기초 환자 정보만 있으면 본 모형을 사용해 객관적이고 종합적으로 후두 병변 상태를 예측하여 보고할 수 있다. 환자의 음성만을 귀로 듣고 음성장애의 정도를 판단하는 주관적인 청지각적 평가에만 의존하던 한계에서 벗어

나, 후두의 병변 정도와 직접적으로 연관을 지어서 음성장애의 중증도를 해석할 수 있으며 환자에게도 종합적, 객관적 정보 전달을 통해 자신의 상태에 대해 쉽게 이해시키고 인정하도록 하는 데 도움을 줄 수 있다.

본 모형을 실제 임상에서 사용하기에는 계산의 한계가 따르므로 웹 기반으로 테스트 프로그램을 개발하여 인터넷을 통해 접속하여 자유롭게 사용할 수 있도록 공개하였다(<http://ewha.giveu.net/pathology>). 다만 중속변인으로 삼은 이비인후과 전문의의 병변 중증도 판정이 과거 환자 기록 가운데 후두경을 이용한 2차원적 검사소견 및 환자의 배경정보만을 근거로 이루어졌으므로 임상에서 적용함에 있어 주의가 필요하다.

결 론

본 연구는 환자의 배경정보 및 객관적 음성검사 수치들을 가지고 성대 결절과 폴립 환자들의 병변 정도를 판별, 예측할 수 있는 모형을 제공하고 있다. 비록 임상적으로 사용하는 데 제약이 따르기는 하지만 적합도 및 정확도가 높은 예측모형 산출의 가능성을 보여주었으므로, 보다 많은 샘플을 대상으로 스트로보스코피 검사를 통한 성대 점막의 역동적인 움직임과 환자의 전반적인 성대 위생상태, 직업, 성격 등에 대한 변수들을 추가로 고려하여 모형을 발전시킨다면 보다 정확하고 종합적으로 음성장애의 중증도를 감별할 수 있는 모형을 개발할 수 있을 것으로 사료된다.

중심 단어 : 성대결절 · 폴립 · 병변 판별 예측모형 · 객관적 음성검사 · 순서 로지스틱회귀분석.

REFERENCES

- 고도홍. 개별화자의 음성파라미터 추출에 관한 연구: 음성파라미터의 상관관계를 중심으로. *음성과학* 2004;10:129-43.
- 권택균. 다채널 음성분석과 다변량 로지스틱 분석을 통한 포괄적 음성지표의 개발. 이비인후과학 석사학위논문. 서울: 서울대학교 대학원;2004.
- 김순귀 · 정동빈 · 박영술. 로지스틱 회귀모형의 이해와 응용. 서울: (주)데이터솔루션;2003.
- 이군희. 사회과학연구방법론. 서울: 법문사;2001.
- 홍기환 · 김현기 · 양윤수. 음성장애에 대한 음향학적 중증도 지표. *음성과학* 2003;10:201-13.
- Kiliç MA, Okur E, Yildirim I, Güzelsoy S. The prevalence of vocal fold nodules in school age children. *Int J Ped Otorhinolaryngol* 2004;68:409-12.
- Holmberg EB, Doyle P, Perkell JS, Hammarberg B, Hillman RE. Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: variation in baseline and changes across voice therapy. *J Voice* 2003;17:269-83.
- Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Buchman LC, Friedrich G, et al. A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical)

- treatments and evaluating new assessment techniques. *European Arch Otorhinolaryngol* 2001;258:77-82.
- 9) Jones TM, Trabold M, Plante F, Cheetham BMG, Earis JE. *Objective assessment of hoarseness by measuring jitter. Clin Laryngol* 2001;26: 29-32.
 - 10) Wuyts FL, De Bodt MS, Molenberghs G, Remacle M, Heylen L, Millet B, et al. *The Dysphonia Severity Index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. J Speech Language Hearing Res* 2000;43:796-809.
 - 11) Piccirillo JF, Painter C, Fuller D, Fredrickson JM. *Multivariate analysis of objective vocal function. Ann Otolaryngology Rhinology Laryngology* 1998;107:107-12.
 - 12) Wolfe V, Flich J, Martin D. *Acoustic measures of dysphonic severity across and within voice types. Folia Phoniatica et Logopaedica* 1997; 49:292-9.
 - 13) Mann EA, McClean MD, Gurevich-Uvena J, Barkmeier J, McKenzie-Garner P, Paffrath J, et al. *The effects of excessive vocalization on acoustic and videostroboscopic measures of vocal fold condition. J Voice* 1999;13:294-302.
 - 14) Colton R, Casper JK. *Understanding Voice Problems. 2nd edition. Baltimore: Williams and Wilkins:1996.*
 - 15) Aronson AE. *Clinical Voice Disorders. 3rd edition. New York: Thieme:1990.*
 - 16) Wallis L, Jackson-Menaldi C, Holland W, Giraldo A. *Vocal fold nodule vs. vocal fold polyp: answer from surgical pathologist and voice pathologist point of view. J voice* 2004;18:125-9.
 - 17) Kim YJ, Wang SG, Kim GR, Kwon SB, Jeon KR, Back MJ, et al. *Development of parameters for diagnosing laryngeal diseases. Speech Sci* 2003;10:117-29.