

성대결절 환자에서 음성치료 효과를 예측할 수 있는 인자에 대한 연구

가천의과대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실

우주현 · 백민관 · 김동영

= Abstract =

A Clinical Study of Predicable Factors of Voice Therapy Effect in Vocal Nodule Patients

Joo Hyun Woo, MD, Min Kwan Baek, MD and Dong Young Kim, MD, PhD

Department of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, Gachon University of Medicine & Science,
Graduate School of Medicine, Incheon, Korea

Background and Objectives : Vocal nodule is common inflammatory vocal cord lesion which could be improved by voice rest or voice therapy. But some patients, who do not have any improvement after voice therapy, should take laryngomicrosurgery or additional long-term voice therapy. So we try to find prognostic factors which affect the results of voice therapy. **Materials and Methods** : There are 36 patients (response group) whose symptoms improved after initial voice therapy and 16 patients (no response group) whose symptoms did not improve at all. We compared clinical features (durations of symptoms, voice abuse, laryngopharyngeal reflux), GRBAS scale, acoustic analysis, aerodynamic analysis and voice handicap index between the two groups from January, 2006 to June, 2008. **Results** : Response group underwent voice therapy 4.5 times (ave.) and no response group underwent 6.7 times (ave.). No response group has longer duration of symptoms, higher GRBAS scale score, higher N/H ratio, and higher MFR than those of response group. **Conclusion** : This study found that the prognosis of voice therapy in patients who have longer duration of symptoms, high N/H ratio, and bad perceptual test result is not likely to be good. In those cases, we should recommend earlier surgery, voice therapy after surgery, and inform about the necessity of long-term voice rehabilitation or voice therapy in order to get favorable compliance.

KEY WORDS : Vocal cord · Nodule · Voice · Therapy · Prognosis · Factor.

서 론

성대결절은 이비인후과 임상에서 흔히 접하는 성대의 염증성 병변으로 성대결절의 치료에 있어서 가장 중요한 주제는 음성치료의 효율일 것이다. 음성안정 혹은 음성치료로 좋은 치료 효과를 얻을 수 있지만 음성치료에 반응이 없어 수술적 치료를 병행해야 하거나 장기간의 음성치료를 시행해야 하는 경우가 있으며 이러한 경우 환자의 치료 순응도가 떨어지는 경우가 많다. 따라서 치료 전 음성치료의 효과를 예측하기 위한 연구가 필요하며 지금까지 음성검사측면에서 이러한 접근은 없었기에 이에 저자들은 성대결절로

치료받은 환자들의 임상양상 및 음성검사 결과를 분석하여 음성치료 효과에 영향을 미치는 인자를 찾아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

2006년 1월 부터 2008년 6월 까지 성대결절로 진단된 환자 중 초기 음성 치료 전 후 음성검사가 시행되어 치료효과 판정이 가능했던 17세 이상 성인 환자 52명을 대상으로 하였다. 이들 중 음성치료에 반응하여 초기 음성치료 후 치료 종결된 환자 36명을 음성치료반응군으로 하고, 초기 음성치료에 반응이 없어 수술적 치료 및 추가적 음성치료가 필요했던 환자 16명을 음성치료무반응군으로 하여 의무기록을 통한 후향적 연구를 시행하였다. 두군의 유병기간, 직업 및 음성과용유무, 인후두역류유무, 청지각적 검사인 GRBAS scale, 컴퓨터음성검사의 기본주파수(fundamental frequency, F_0), 음강도(amplitude), 주파수의 난폭도

논문접수일 : 2009년 2월 25일

심사완료일 : 2009년 3월 5일

책임저자 : 김동영, 405-760 인천광역시 남동구 구월동 1198

가천의과대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실

전화 : (032) 460-3324 · 전송 : (032) 467-9044

E-mail : hndyk@gilhospital.com

(Jitter), 진폭의 난폭도(Shimmer), 잡음대-조화음비(noise to harmony ratio), 주파수 범위(phonation range), 음강도 범위(dynamic range), 최대발성시간(maximal phonation time, MPT), 평균호기류율(mean flow rate, MFR), 성문하압, 음성장애지수(voice handicap index, VHI) 등의 결과를 분석하여 양 군을 비교하였다.

2. 음성 검사

음향학적 검사는 Computerized Speech Lab(CSL, Kay Elemetrics, USA) 중 Multi-Dimensional Voice Program(MDVP)을 CSL 전용 microphone SM 48을 사용하여 기본주파수, 주파수의 난폭도, 진폭의 난폭도, 잡음대-조화음비를 측정하였다. Microphone를 입에서 3~5 cm 간격을 두고 편안한 자세에서 환자가 평소 사용하는 편안한 목소리로 [a] 발성을 5초 이상, 평균 3회 정도 반복하여 측정하였다. 공기역학적 검사는 aerophone(Kay Electrics, version II, USA)를 사용하여, 최대발성시간, 평균호기류율, 성문하압을 측정하였다. 편안한 자세에서 편안한 목소리로 aerophone mask를 착용하여 평균 3회 정도 실시하였다. 청각심리검사는 널리 쓰이는 GRBAS scale을 사용하였으며 숙련된 음성치료사 1인이 환자의 음성을 청취한 후 판단하였다. 음성장애지수는 1997 Jacobson 등에 의해 고안된 것을 본원에서 한글로 전환하여 사용하였다.

3. 후두스트로보스코피검사

음성치료 전 후두 결절의 진단은 후두스트로보스코피(rhino-laryngeal stroboscope, Kay Electrics, Model 9100, USA)와 CCD camera(parasonic, Japan)를 사용하여 S-VHA(sony, model 9312, Japan)에 녹화, 재생하였다. 고음과 편안함을 번갈아 발성하여 폐쇄기(closing phase)와 개방기(opening phase)에서 후두 상태를 관찰하였다.

4. 위식도역류증의 진단

후두스트로보스코피 시행 중 관찰된 후두의 소견이 Belafsky 등¹⁾이 제안한 The Reflux finding score(RFS)에 맞추어 볼 때 7점 이상인 경우에 위식도 역류증이 있는 것으로 진단하였다.

5. 음성 치료

각 환자마다 주 1회 이상, 6회를 기본으로 하여 각 회기마다 약 30분 정도 음성치료를 실시하였다. 첫 세션에서는 환자가 자신의 음성문제를 인식하도록 하고, 음성사용에 대한 전반적인 배경 정보를 습득하여, 음성 남용과 오용 정도를 파악하고, 평소 환자가 사용하고 있는 목소리의 강도와 음도 수준을 인지하도록 하였다. 이를 바탕으로 환자가 음

성치료 동안에 지켜야 할 금기사항과 주의사항(vocal hygiene), 음성휴식(voice rest)등에 대한 교육을 실시하고, visi-pitch를 사용하여 환자에게 편안한 목소리 사용을 인식하도록 시·청각적 피드백 훈련을 실시하였다. 두 번째 세션부터는 첫 세션 이후 환자의 음성사용 습관과 습관적 음도와 강도 변화를 살펴본 후 직접적인 음성치료 훈련을 실시 하였다. 대부분의 직접적인 음성치료 기법은 효율적으로 음성을 사용할 수 있도록 Daniel Boone의 25가지 음성치료 기법 중 이완기법을 중심으로 사용하였다. 사용한 이완기법은 주로, 하품-한숨 접근법, 심한 성대접촉 제거, 음성배치, 저작기법, 강도변화, 새로운 음도 확립 등의 프로그램을 실시하였다. 또한 청각 및 시각적 피드백을 위하여 visi-pitch도 함께 사용하였다.

6. 치료 효과의 판정

음성 치료 전 후의 음성검사를 기준으로 하였다. 첫째 청각심리검사의 Grade(G)가 1단계이상 좋아지거나 치료 전 점수가 1점에서 치료 후 변화가 없는 경우, 둘째 음향학적 검사 및 공기역학적검사에서 기본주파수, 음강도, 주파수의 난폭도, 진폭의 난폭도, 잡음대-조화음비, 최대발성시간이 정상화 된 경우, 위의 두 경우를 모두 만족할 때 치료 종결하였다.

7. 통 계

음성과용유무, 인후두역류의 유무는 chi-square test를 이용하였으며, 유병기간, 청지각적 검사인 GRBAS척도, 컴퓨터음성검사의 기본주파수, 음강도, 주파수의 난폭도, 진폭의 난폭도, 잡음대-조화음비, 주파수 범위, 음강도 범위, 최대발성시간, 평균호기류율, 성문하압, 음성장애지수등은 독립검정 t-test의 결과를 분석하여 양 군을 비교하였다.

결 과

1. 치료과정

52명에서 음성치료 전 후 음성검사재검이 가능하였다. 반응군 36명은 음성치료 후 시행한 음성검사가 정상화되어 치료를 종결하였으며 이들은 평균 4.5(3~7)회의 음성치료를 받았다. 무반응군 16명은 평균 6.7회의 음성치료(5~9) 후에도 증상이 지속되어 12명에서 후두미세수술을 시행하였으며 수술 후 6명에서는 3~4회의 추가적인 음성치료를 시행하였다. 4명은 추적관찰 되지 않았다.

2. 성별 및 연령 분포

전체 52명의 환자 중 남자는 7명, 여자가 45명으로 남녀

비는 1 : 6.4이었다. 반응군은 36명 중 남자 4명, 여자 32명으로 남녀비는 1 : 8, 무반응군은 16명 중 남자 3명, 여자 13명으로 남녀비는 1 : 4.3이었다. 평균연령은 반응군은 42.4세, 무반응군은 40.6세였다.

3. 증상 및 유병기간

증상은 반응군 및 무반응군 모두에서 여성이 가장 흔했으며 다음으로 이증음성 또는 음성피로를 호소하는 경우가 많았다. 유병기간은 반응군은 평균 3.6개월 이었으며, 무반응군은 평균 12.6개월로 통계적으로 유의하게 차이가 있었다(Table 1).

4. 직업 및 음성 습관

문진에서 음성과용 또는 오용이 있다고 대답한 사람은 반응군 36명 중에서 21명(58.3%), 무반응군 16명 중에서 10명(62.5%)으로 통계학적 차이는 없었다($p=0.073$). 직업은 반응군 중 13명(36.1%)에서 음성과용과 관계가 있는 것으로 나타났는데, cashier, 상담(2명), 영업직, 놀이동산, 장사, 교사, 학습지교사, 피아노강사, 과외강사, 유치원교사, 보육원교사, 수영강사 등으로 다양하게 나타났으며 교육관련 직업을 자기고 있는 사람이 7명으로 가장 많이 나타났다. 그 외 통념적으로 음성 과오용과 관련이 없을 것으로 여겨지는 전업주부 중에서도 1명은 육아에 의해, 1명은 음악활동, 다른 3명은 신앙활동과 관련해서 음성과용이 있다고 보고하였다. 무반응군에서는 음성과오용이 있다고 대답한 10명 중 교사(2명), 목사, 실용음악전공자, 장사, 시끄러운작업 환경 근로자 등으로 6명(37.5%)이 음성과용과 관련된 직업을 가진 것으로 나타났다. 그 외 전업주부로 노래를 즐기는 환자가 2명이 있었다.

5. 인후두역류의 유무

반응군에서는 5명(13.9%), 무반응군에서는 6명(37.5%)에서 인후두역류가 동반된 것으로 진단되었지만 통계학적으로 유의성은 없었으며 RFS에서도 두군에 차이가 없었다(Table 2).

Table 1. Distributions and durations of symptoms

	Response group N (%)	No response group N (%)
Hoarseness	33 (63.5)	14 (63.7)
Diplophonia	7 (13.5)	2 (9.1)
Voice fatigue	6 (11.5)	4 (18.2)
Pain	4 (7.7)	1 (4.5)
Globus sensation	2 (3.8)	1 (4.5)
Durations of symptoms (ave.)*	3.6 month	12.6 month

* : $p=0.001$

6. 정지각적 검사

GRBAS scale의 총점을 비교해 보았을 때 반응군은 평균 점수가 3.2(sem±0.31) 무반응군은 평균 4.9(sem±0.77)로 무반응군에서 점수가 유의하게 높게 나왔다($p=0.017$).

7. 음향학적 검사

기본주파수의 평균을 비교해 보았을 때 여자, 남자 모두 반응군 무반응군에서 통계학적인 차이를 보이지는 않았다. 주파수의 난폭도와 진폭의 난폭도도 양군에서 통계적 유의성은 없었다. 잡음대-조화음비의 평균값을 비교해 보았을 때 반응군은 0.136, 무반응군은 0.304로 두군에 유의한 차이가 있었다. 주파수 범위($p=0.941$)나 음강도 범위($p=0.885$)에서도 통계학적 유의성은 없었다(Table 3).

8. 공기역학적 검사

최대발성시간은 반응군과 무반응군 각각 27명, 10명에서 측정되었는데 평균값은 통계적 유의성이 없었으며, MFR은 반응군과 무반응군 각각 20명, 9명에서 측정되었는데 평균값은 각각 128.5, 174.8로 유의하게 차이가 있었지만 모두 정상치에 해당되어 임상적으로 실질적인 의미는 없는 것으로 판단하였다. 성문하압은 반응군과 무반응군 각각 20명, 8명에서 측정되었는데 평균값은 양군에서 통계적 차이가 없었다(Table 4).

9. 음성장애지수

음성장애지수는 반응군과 무반응군 각각 19명, 9명에서

Table 2. Distributions of laryngopharyngeal reflux (LPR) and the reflux finding score (RFS)

	Response group	No response group	p-value
LPR	5/36 (13.9%)	6/16 (37.5%)	0.073
RFS (ave.)	9 (sem±0.70)	9.5 (sem±0.76)	0.648

Table 3. Distributions of acoustic analysis

	Response G Ave. (sem)	No response G Ave. (sem)	p-value	
F0 (Hz)	Female	190.0 (3.26)	206.4 (10.60)	0.057
	Male	141.7 (20.42)	129.2 (9.76)	0.645
Amplitude (dB)	70.77 (0.28)	70.32 (0.32)	0.419	
Jitter (%)	2.12 (0.27)	2.12 (0.37)	0.997	
Shimmer (%)	4.17 (0.40)	5.39 (0.87)	0.149	
N/H ratio	0.136 (0.009)	0.304 (0.105)	0.019	

Table 4. Distributions of aerodynamic test

	Response G Ave. (sem)	No response G Ave. (sem)	p-value
MPT (sec)	14.9 (0.68)	13.3 (1.90)	0.371
MFR (ML/sec)	128.5 (8.9)	174.8 (18.9)	0.018
Psub (CmH ₂ O)	2.616 (0.227)	3.049 (0.345)	0.313

Table 5. Distributions of voice handicap index score

	Response G Ave. (sem)	No response G Ave. (sem)	p-value
Functional	7.1 (1.40)	9.9 (2.80)	0.319
Physical	19.5 (1.97)	22.7 (1.89)	0.321
Emotional	12.5 (2.14)	10.4 (2.39)	0.56
Total	39.1 (4.69)	43.0 (6.14)	0.825

검사가 이루어 졌는데 기능적, 신체적, 감정적 검사에서 모두 두 군에 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 5).

고 찰

성대 결절은 성대와 후두내외근의 과기능에 의한 성대조직의 외상으로 발생한다. 대부분 막성 성대의 중간부분에서 양측성으로 발생하며 이는 발성을 할 때에 이 부분에서 양측 성대가 가장 강한 힘으로 접촉되기 때문이다.^{2,3)} 결절에 의해 완전한 성대접촉이 이루어지지 않으면 성문을 통과하는 기류에 와류가 증가한다. 이로 인해 발성시에 근긴장과 성문하압이 증가하고, 동시에 성대의 접촉속도와 접촉시 충격력이 증가되면서 성대 손상을 더욱 유발시키는 악순환이 일어난다.⁴⁾ 본 연구의 무반응군에서 증상이 있었던 기간이 평균 12.6달로 반응군의 3.6달에 비해 유의하게 길었다. 유병기간이 길수록 성대 손상을 일으킬 수 있는 악순환에 오랫동안 노출되어 결절의 섬유화가 진행되었을 것으로 예상할 수 있으며 이와 같은 이유로 음성치료에 반응이 떨어졌을 가능성이 있다. 본 연구에서 시행하지는 않았지만 유병기간에 따른 성대결절의 크기나 섬유화 정도를 측정한다면 유병기간과 음성치료의 반응에 대한 관계를 규명하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 음향학적평가 중 잡음대-조화음비는 성대의 종괴나 긴장도의 변화, 생체역학적인 특징을 평가하며⁵⁾ 성대 결절에서는 잡음대-조화음비가 증가한다.⁶⁾ 본 연구의 결과 음성치료 무반응군에서 잡음대-조화음비가 유의하게 높게 나타났는데 이는 장기간의 손상에 의해 성대의 긴장도가 더욱 증가했기 때문일 것이다. 잡음대-조화음비는 거친 음성의 정도와 관계가 있으며⁷⁾ 이와 관련된 GRBAS scale 점수도 무반응군에서 높게 나타났으므로 이러한 결과는 두 검사의 연관성과 신뢰성에 도움을 줄 수 있는 것으로 생각된다. 즉 유병기간이 오래된 환자에서 잡음대-조화음비가 높고 청지각적 검사상 음질이 좋지 못한 경우 음성치료의 효과가 좋지 않을 것으로 예상할 수 있으며 이러한 경우 조기 수술을 시행하고 수술 후 음성치료를 통한 음성재활을 시행하거나 환자에게 장기간의 음성치료가 필요함을 알려주는 것이 치료 순응도를 높이는 데 도움

이 될 것이다.

일반적으로 성대결절과 같은 종양성 병변에서는 기본주파수가 낮게 나타나는 것으로 알려져 있지만⁸⁾ 개인에 따라 정상보다 높게도, 낮게도 나타날 수 있다.⁹⁾ 본 연구에서도 평균 기본주파수 값이 여성, 남성 모두에서 반응군, 무반응군에 관계 없이 정상 범주에 포함되었고 오히려 무반응군 여성의 기본주파수가 반응군 여성에 비해 유의 수준에 가까운 정도($p=0.057$)로 높게 나타났다. 주파수의 난폭도나 음역대 역시 반응군과 무반응군에서 차이가 없어 주파수에 대한 평가가 성대의 병변 상태나 음성치료의 예후를 나타내지는 못하는 것으로 나타났다.

성대결절환자는 편안한 상태에서 말할 때나 큰소리로 말할 때 모두에서 음강도와 성문하압이 정상보다 높게 나타난다.⁹⁾ 음강도를 결정하는 일차 요인은 성문하압이며¹⁰⁾ 정상 발성시에 성문하압과 음강도는 강한 양성 관계를 나타낸다.¹¹⁾ 큰 목소리에 의해 성대결절이 생긴 것인지 성대결절에 의해 목소리가 크게 된 것인지, 즉 어떤 것이 원인이고 어떤 것이 보상기전에 의해 발생한 것인지 알 수 없지만 이러한 작용이 악순환 되면서 근긴장이 증가하고 성대 손상이 발생한다.⁴⁾ 따라서 결절과 같이 과기능성 원인에 의한 성대 병변에서 음강도나 음강도의 난폭도를 낮추는 것이 음성치료의 목표가 되므로 음강도가 음성치료에 대한 반응의 예상인자로 사용될 수 있을 것으로 추정했지만 분석 결과 음성치료에 대한 반응군과 무반응군에서 모두 차이가 없었으며 성문하압도 유의한 차이가 없었다.

음성장애지수는 음성질환으로 인한 환자의 사회심리적 영향을 측정하는 유용한 방법으로 사용되고 있다.^{12,13)} 그러나 본 연구에서 음성치료 반응군과 무반응군에서 치료 전 음성장애지수는 유의한 차이가 없었으며 이는 환자의 주관적 증상의 정도로 음성치료의 효과를 예측할 수는 없고 또한 주관적 증상이 치료 효과에 영향을 미치지 않는 것으로 판단할 수 있겠다.

위식도역류는 성대결절의 병인 중 하나로 알려져 있지만¹⁴⁾ 위식도 역류의 유무와 음성치료의 효과를 규명한 연구는 없다. 본 연구에서는 위식도역류의 진단을 후두내시경검사나 후두스트로보스코피를 시행하는 중에 reflux finding score(RFS)를 이용하여 진단하였다. Belafsky 등¹⁾은 RFS 7점 이상인 환자들의 경우 24시간 이중탐침산도검사에 양성일 가능성이 높으며 약 95%에서 식도의 역류증(extrasophageal reflux, EER)이 있는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 RFS 7점 이상으로 위식도역류증으로 진단된 환자는 전체적으로 21.2%였으며, 반응군은 13.9%, 무반응군은 37.5% 통계적으로 유의성은 없었지만 무반응군에서 높

은 빈도를 보였다. 두군의 점수를 비교해 보았을 때도 유의한 차이는 없었는데 표본수가 너무 작아 유의성이 적을 것을 생각된다. 추후 RFS를 이용한 추가적인 연구를 시행한다면 위식도역류의 심한 정도와 성대결절의 발생 관계뿐만 아니라 성대결절의 예후를 규명하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

성대결절에는 음성치료가 가장 효율적인 치료로 받아들여진다. 저자들은 성대 결절 환자들에 대해 이완요법을 중심으로 음성치료를 시행하는데, 본 연구의 무반응군처럼 치료 효과가 떨어지는 경우가 있었으며 이런 경우 추적 관찰이 되지 않거나 환자의 순응도가 떨어지는 경우를 종종 경험하였다. 최근 양성 성대 질환에 대한 많은 연구들이 질환 위험군에 대한 사회적 요인, 음향학적 공기역학적 특징을 규명하고 효율적인 음성치료의 방법을 고안하거나 치료후의 음성 호전에 대한 객관적 평가 방법을 찾는데 초점을 두고 있다. 하지만 치료전의 음성검사를 이용하여 치료 효과에 대해 예측 할 수 있다면 치료 효율을 높이는 데 도움이 될 것이라 생각된다. 비록 저자들의 연구에 모집단의 수가 작고 비대칭적이며, 시행된 음성치료의 횟수가 작다는 점, 치료 평가의 관정이 적절했느냐에 대한 한계가 있을 수 있겠지만 이제까지 이와 같은 연구들은 드물었고 음향학적 평가에 대한 접근은 처음으로 시도 되었기에 저자들의 연구에 의의를 두고자 한다.

결 론

음성질환의 진단과 치료를 위해 문진, 이학적검사, 청지각검사, 객관적 음성분석, 음성장애검사 등 다양한 접근들이 시행되는데, 본 연구에서는 이들 검사들 중 유행기간, 청지각검사, 잡음대-조화음비가 성대결절의 음성치료 효과를 예측할 수 있는 인자가 될 수 있는 것으로 나타났다. 추가적

인 연구를 통해 좀더 자세한 예측인자를 밝혀 낼 수 있으면 환자의 치료와 교육에 도움이 될 것으로 사료된다.

중심 단어 : 성대 · 결절 · 음성 · 치료 · 예후 · 인자.

REFERENCES

- 1) Belafsky PC, Postma GN, Koufman JA. *The validity and reliability of the reflux finding score (RFS)*. *Laryngoscope* 2001;111:1313-7.
- 2) Titze IR. *Mechanical stress in phonation*. *J Voice* 1994;8:99-105.
- 3) Jiang JJ, Titze IR. *Measurements of vocal fold pressure and impact stress*. *J Voice* 1994;8:132-45.
- 4) Hillman RE, Holmberg EB, Perkell JS, Walsh M, Vaughan C. *Objective assessment of vocal hyperfunction: an experimental framework and initial result*. *J Speech Hear Res* 1989;32:373-92.
- 5) Colton RH, Casper JK. *Differential diagnosis of voice problem*. In: *Understanding voice problems*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins;1996. p.12-57.
- 6) Murry T, Doherty ET. *Selected acoustic characteristic of pathologic and normal speakers*. *J Speech Hear Res* 1980;23:361-9.
- 7) Woodson GE, Cannito M. *Voice analysis*. In: *Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ, Richardson MA, Schuller DE, editors. Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 3rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book;1998. p.1876-90.
- 8) Rosen CA, Lombard LE, Murry T. *Acoustic, aerodynamic, and videostroboscopic features of bilateral vocal fold lesions*. *Am Otol Rhinol Laryngol* 2000;109:823-8.
- 9) Holmberg EB, Doyle P, Perkell JS, Hamarberg B, Hillman RE. *Aerodynamic and acoustic voice measurements of patients with vocal nodules: variation in baseline and changes across voice therapy*. *J of Voice* 2003;17:269-82.
- 10) Stevens KN. *Physics of laryngeal behavior and larynx modes*. *Phonetica* 1977;34:264-79.
- 11) Holmberg EB, Hillman RE, Perkell JS, Gress C. *Relationships between intra-speaker variation in aerodynamic measures of voice production and variation in SPL across repeated recordings*. *J Speech Hear Res* 1994;37:484-95.
- 12) Rosen CA, Murry T, Zinn A, Zullo T, Sonbolina M. *Voice handicap index change following treatment of voice disorder*. *J Voice* 2000;14:619-23.
- 13) Choi DY, Choi SM, Lim GC, Nam SY. *Usefulness of voice handicap index in patients with hoarseness*. *Korean J Otolaryngol* 2002;45:706-10.
- 14) Kuhn J, Toohill RJ, Ulualp SO, Kulpa J, Hofmann C, Armdorfer R, et al. *Pharyngeal acid reflux events in patients with vocal cord nodules*. *Laryngoscope* 1998;108:1146-9.