

병리적 속삭임과 발성의 공기역학적 비교

- 근오용성음성장애를 가진 동일 환자를 대상으로 -

The Aerodynamic Comparisons between Pathologic Whispers and Phonation in Patients with Muscle Misuse Dysphonia

서인효¹⁾ · 황영진²⁾ · 성철재³⁾

Seo, Inhyo · Hwang, Youngjin · Seong, Cheoljae

ABSTRACT

This study compared the aerodynamic multiparameters of whispers and phonation in patients with muscle misuse dysphonia(MMD) to evaluate the voice aerodynamic analysis for discrimination between whispers and phonation. Eleven patients with muscle misuse dysphonia were examined. Whispers were shorter with a maximum phonation time(MPT; $p<.01$), a lower phonatory sound pressure level(SPLp; $p<.01$), a higher phonatory flow rate (PFR; $p<.01$), lower phonatory efficiency(PE; $p<.01$), and a lower phonatory resistance (PR; $p<.05$) than phonation. The subglottal pressure level was not significantly different between whispers and phonation. (P_{sub} ; $p>.05$). The ROC analysis showed that the threshold of 23.83 ppm for PE achieved a good classification for whispers, with the perfect sensitivity(100%) and specificity(100%). Those results indicate PE reliably distinguished between whispers and phonation. The results also suggest that PE may provide a useful tool for studying the laryngeal source.

Keywords: Muscle misuse dysphonia, Aerodynamic, Whispers, Phonation, Phonation Efficiency

1. 서론

음질은 후두, 상후두, 전체적 근긴장도 등의 세 가지 수준을 기준으로 집단화하여 분류할 수 있다(Laver, 1991). 후두는 피열연골 간의 간격, 즉 성문의 닫힘 정도에 따라 다양한 후두음을 산출할 수 있다(Ladefoged, 1971; Alku & Vilkman, 1996; Konnai, 2012). 다양한 후두음은 정상인에게는 조절 가능한 행동이지만 음성장애 환자들에게는 의도적 조절이 불가능한 병리적 행동이다(Gordon & Ladefoged, 2001).

병리적 후두음은 기질적 문제와 기능적 문제로 인해 산출될 수 있는데 근오용성음성장애(muscle misuse dysphonia, MMD)는 정상적 후두구조 하에 의도적 음질조절이 불가능한 음

성장애다(Morrison & Rammage, 1993; 서인효 등, 2011). 이러한 음성장애에 대한 용어는 Morrison 등(1983)이 처음 근긴장성발성장애(muscle tension dysphonia, MTD)라고 정의한 이후 MTD가 지금까지 가장 일반적으로 사용되나 그들은 이후의 문헌들에서 근오용성음성장애(muscle misuse voice disorder, MMVD), 근오용성발성장애(muscle misuse dysphonia, MMD)라는 용어를 사용할 것을 제안하였다(Morrison & Rammage, 1993; Angsuwarangsee & Morrison, 2002). MTD는 근긴장도 문제에 만 초점을 둔 용어라면 MMVD와 MMD는 근긴장도 문제에 부가적으로 발성운동조절적 측면을 강조한 용어이다. 정상적 후두구조 하에 음성장애를 가진 환자들이 적절한 음성을 수의적으로 산출하거나 조절하기 위해서는 후두 내외부근육의 긴장도 문제의 제거뿐 만 아니라 숙련된 후두 운동조절 기술의 재습득이 필요하므로 Morrison 등은 MTD에 대한 대응어로 MMD의 사용을 권하고 있다(Morrison & Rammage, 1993; Angsuwarangsee & Morrison, 2002; 서인효 등, 2011). 따라서 본 연구에서는 MMD라는 용어를 사용한다. MMD는 속삭임(whisper)과 속삭임성(whispery), 기식성(breathy), 긴장성

- 1) 충남대학교, slpseo@hanmail.net, 제 1 저자
2) 루터대학교, yjhwang@lu.ac.kr
3) 충남대학교, cjseong49@gmail.com, 교신저자

접수일자: 2013년 1월 20일
수정일자: 2013년 3월 10일
게재결정: 2013년 3월 26일

(harsh), 튀김성(creaky), 가성(falsetto) 등 다양한 음질로 산출되며 성대진동의 유무에 따라 발생과 속삭임으로 양분할 수 있다. 발생(phonation)은 성대의 규칙적인 점막파동에 의해 산출된 음성으로 성대의 전후 긴장(longitudinal tension), 중앙부 긴장(medial compression), 내전 긴장(adductive tension)의 정도에 따라 다양한 유형으로 산출된다. 속삭임은 성대의 규칙적인 점막파동을 일으키지 못하므로 나타나는 무발성 후두행동으로 성대의 내전 긴장이 매우 낮고 중앙부 긴장과 전후 긴장이 높은 상태에서 산출된다. 발생이 다양한 유형과 강도로 나타날 수 있듯이 속삭임도 성문 및 성문상부의 노력성 정도에 따라서 다양한 유형이 여러 강도로 산출될 수 있다(Solomon et al., 1989; Sundberg et al., 2010).

병리적 속삭임의 치료목표는 속삭임을 기식성과 정상발성으로 개선시키는 데에 있으므로 속삭임의 산출기전에 대한 이해를 통한 객관적 평가와 치료목표행동설정, 진전의 확인이 필요하다(Konnai, 2012). 음질이나 발생유형은 정지각적으로 변별되기 때문에 매우 모호하며 주관적이므로 기기적 측정치를 통한 객관적 변별이 시도되어왔다(Grillo & Verdolini, 2008).

여러 연구자들이 정상인을 대상으로 속삭임을 정상발성과 비교 연구하였다. Luchsinger와 Arnold(1965)는 속삭임이 정상발성에 비해 발생기류(phonatory flow rate, PFR)가 높고 성문하압(subglottal pressure, Psub)은 낮다고 하였다. Konnai(2012)는 정상인 8명을 대상으로 3가지 속삭임 유형을 3가지 강도수준에서 정상발성과 비교 연구한 결과 속삭임은 일반적으로 PFR이 높고 발생저항(phonatory resistance, PR)은 성별과 강도에 따라 차이를 보이지만 일반적으로 발생과 유사하거나 낮고, Psub에서는 일반적으로 차이가 없음을 보고하였다. Sundberg 등(2010)은 정상 성인 남성 1명을 대상으로 4가지 속삭임 유형을 3가지 강도 수준에서 확인한 결과, Psub는 1.3-17cmH₂O로 정상에 비해 매우 높은 정도에서 부터 매우 낮은 정도까지 그 범위가 매우 넓고 PFR은 0.9-1.71L/s로 정상에 비해 매우 높았다. 병리적 속삭임의 PFR, Psub, PR, SPL에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 따라서 병리적 속삭임에서 이러한 공기역학적 변수들이 다양한 유형의 발생과 비교했을 때 유의한 차이가 있는지 그리고 각 변수에 있어서 발생이 산출된 범위에서도 병리적 속삭임이 산출될 수 있는지에 대한 객관적인 연구가 필요하다.

Hillman 등(1990)은 PR과 발생효율(phonatory efficiency, PE)은 강도와 음도에 따라 매우 다양하게 변하므로 음성 과기능을 변별할 수 없다고 하였다. 그러나 최근 여러 연구들(Grillo & Verdolini, 2008; Grillo et al., 2009; 서인호 등, 2012)에서 PR은 정상발성, 기식성, 긴장성 등의 다양한 발생유형에 대한 변별력이 있으며 기식성 발생이 다른 발생유형에 비해 PE가 낮다고 보고하였다. 아직까지 속삭임과 발생에 대한 PE의 비

교연구보고는 없으나 후두수준에서 마찰성 소음이 발생한다는 점에서 속삭임은 기식성과 유사한 특성을 보이며, 발생의 유무에서 차이를 가진다는 점(Laver, 1980, 1994)에서 속삭임이 보다 극단적인 마찰성 소음이므로 PE가 낮을 것으로 예측할 수 있다. 속삭임에서 PE의 범위 및 발생과 구분할 수 있는 최적역치(cut off)를 확인하는 것은 다양한 발생유형으로부터 속삭임을 객관적으로 감별진단할 수 있는 의미 있는 정보를 줄 수 있으므로 이에 대한 비교분석이 필요하다.

속삭임은 정상인에게는 의도적 조절이 가능한 정상적 무발성 후두행동인데 반해, 음성장애인에게는 발생을 위한 과노력에서 나타나는 비의도적이고 조절 불가능 병리적 무발성 후두행동이기 때문에 성문상부의 과도한 전후 압박이나 가성대 압박, 후두상승과 같은 부적절한 보상적 후두행동의 수반여부에 따라 과노력형 속삭임, 일반적 속삭임 등과 같은 다양한 속삭임유형이 있다. 임상에서 속삭임에 대한 감별진단은 정상발성과 정상속삭임의 비교가 아닌 병리적 속삭임과 다양한 발생유형을 비교하게 된다. 따라서 동일한 MMD환자를 대상으로 병리적 속삭임과 다양한 유형의 발생의 공기역학적 비교는 임상적으로 더 직접적이고 의미 있는 정보를 제공할 수 있다.

본 연구자들은 동일 MMD환자의 병리적 속삭임과 발생에 관한 공기역학적 변수의 일반적 특성과 범위의 비교를 통해 병리적 속삭임 산출기전의 다양성을 이해하고 발생으로부터 병리적 속삭임을 객관적으로 감별 진단할 수 있는 의미 있는 변수의 최적역치를 찾아내고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상

이비인후과 전문의 1명에 의해 발생과 관련된 구조 및 신경학적 문제가 없는 것으로 확인된 MMD 중 발생 시도 시 후

<표 - 1> 대상자 특성

Table 1. Characteristics of the subjects

ID	성별	연령	속삭임유형	발성유형
1	2	33	high effort whisper	breathy
2	2	42	low effort whisper	creaky
3	1	40	low effort whisper	creaky
4	2	48	low effort whisper	harsh
5	2	40	high effort whisper	harsh
6	2	56	high effort whisper	harsh creaky
7	2	52	high effort whisper	harsh whispery
8	1	60	high effort whisper	harsh whispery
9	2	48	low effort whisper	modal
10	2	44	low effort whisper	modal
11	1	67	low effort whisper	whispery falsetto

두내시경 소견 상 성대부전내전 및 점막파동의 부재, 청지각적으로 무발성의 난기류성 소음, EGG(Electroglottograph, Model 6103, Kay-Pentax)에서 피치와 파형이 나타나지 않는 환자를 속삭임유형의 MMD로 진단하였다. 속삭임유형의 MMD로 진단을 받은 환자 중 음성치료를 통해 발성을 회복한 환자로서 속삭임과 발성에 대한 공기역학적 분석을 모두 시행한 환자 11명(남:여=3:8)을 대상으로 하였다. 평균연령은 48.18세였으며 연령범위는 33세에서 67세였다.

2.2 연구도구 및 절차

첫 평가 시 속삭임음성의 음성샘플과 치료 중 처음 의도적 발성이 가능해졌을 때 수집한 음성샘플을 분석하였다. 발성유무의 판단은 청지각적 특성과 EGG에서 피치와 파형의 유무에 따라 결정하였다. 분석에 포함된 음성은 속삭임(whisper), 정상발성(modal), 속삭임성(whispery), 기식성(breathy), 긴장성(harsh), 튀김성(creaky), 가성(falsetto) 등이었다. 속삭임 및 발성유형은 Solomon 등(1989)과 Laver(1991)의 기준에 따라 분류하였다. 공기역학적 분석을 위하여 Aerophone II(F-J Electronics)를 이용하여 최대연장발성과제(maximum sustained phonation task)와 음성효율과제(voice efficiency task)로 샘플수집하였다. 최대연장발성과제는 환자에게 최대한 깊이 숨을 들이 마시게 한 후, 코와 입이 완전히 덮이도록 마스크를 착용하여 공기가 새지 않게 한 상태에서 습관적 음도와 강도로 모음 /아/를 최대한 길고 편안하게 발성하게 하였다. 동일한 방법으로 3번 반복한 후 발성시간이 가장 긴 음성을 분석하였다. 음성효율과제는 구강내압측정을 위한 실리콘 튜브를 입에 삽입하여 앞니로 움직이지 않게 가볍게 물고 코와 입이 완전히 덮이도록 마스크를 착용하여 공기가 새지 않게 한 상태에서 습관적 음도와 강도로 /이피피/를 5번 반복하게 하고 3번째 음성을 분석하였다.

2.3 자료분석

최대연장발성과제를 통해 얻은 음성샘플에서 음성의 시작과 끝 구간을 선택하여 최대연장발성시간(maximum phonation time, MPT)을 측정하였다.

음성효율과제는 분석하고자하는 목적에 따라 mean flow rate, mid press flow rate, phonatory flow rate, target flow rate 등의 4가지 flowmode를 선택할 수 있는데, 본 연구는 모음구간의 발성 유무에 따른 특성을 정확히 측정하기 위하여 phonatory flow rate를 flowmode로 설정하였다. 이 flowmode는 <그림 1>과 같이 모음의 최대강도 6dB 구간을 분석함으로써 /p/에서 /i/로의 전이구간을 분석에서 제외한 안정적 모음구간을 측정할 수 있다. <그림 1>은 음성효율과제분석 화면으로 SPL, PRESS, FLOW의 3개 층으로 구성되어있다. SPL층에 가로로 그려진 두 점선 사이가 모음의 최대강도 6dB 구간이다.

세로로 그려진 6개의 점선 사이의 연한 회색구간은 /이피피/에 포함된 세 개의 모음 /i/에서 최대 강도 6dB 구간을 나타내고 있다. 모음의 최대강도 6dB 구간의 평균값으로 발성기류율(phonatory flow rate; PFR)과 소리의 크기(phonatory sound pressure level; SPLp), 발성저항(phonatory resistance; PR), 발성효율(phonatory efficiency; PE)을 측정하였다. 최대성문하압(maximum subglottal pressure; Psub)은 /p/구간에서 최대 구강내압의 평균값이다. 분석에 사용된 각 파라미터는 다음과 같이 산출된다.

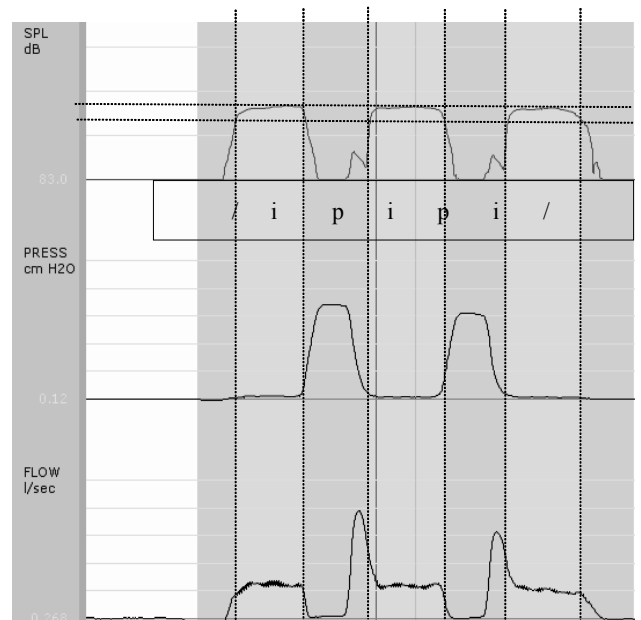


그림 1. 모음의 최대강도 6dB 구간
Figure 1. The period of the loudest 6dB of vowel

- PFR = 기류량 / 지속시간 (l/s) (1)
- SPLp = 모음구간의 평균 소리크기 (dB) (2)
- PR = Psub / PFR [cmH₂O / (l/s)] (3)
- PE = 음향학적 출력 / 기류역학적 입력 (SPLp / Psub * PFR; dB / cmH₂O * l/s) (4)
- Psub = 최대구강내압평균 (cmH₂O) (5)

(1)~(4)는 앞에서 언급한 것처럼 모음의 최대강도 6dB구간에서, (5)는 /p/구간에서 자동으로 측정한다(F-J Electronics, 2005).

2.4 결과처리 및 통계분석

모든 공기역학적 변수에 대해 <표 2>와 같이 평균과 표준편차를 구하였다. <표 3>은 p <.05수준에서 각 변수들에 대한 Shapiro-Wilk 정규성 검정 결과다. MPT, SPLp, Psub는 정규성이 유효하여 paired-t 검정을 하였고 PFR, PR, PE는 정규성이

표 2. 속삭임과 발성 간의 공기역학적 변수의 비교
Table 2. The aerodynamic parameter comparisons between whispers and phonation

	N	속삭임	발성	p
MPT(s)	11	3.38±1.79(1.10-6.91)	11.69±3.90(6.91-18.08)	.000***
SPLp(dB)	11	67.94±6.49(55.50-79.00)	84.67±5.77(75.40-94.20)	.000***
Psub(cmH ₂ O)	11	13.80±8.20(4.56-32.00)	11.45±4.62(5.64-19.64)	.197
PFR(l/s)	11	0.52±0.49(0.14-1.84)	0.20±0.15(0.05-0.59)	.010*
PR(cmH ₂ O/[l/s])	11	37.41±27.20(11.42-86.71)	63.62±24.61(27.47-104.91)	.021*
PE	11	5.98±7.07(.25-23.83)	288.59±96.49(181.96-480.96)	.003***

*** $p < .001$, paired-t test; ** $p < .01$, * $p < .05$, Wilcoxon Signed Ranks test

위배되어 Wilcoxon Signed Ranks 검정을 실시하여 각 변수들에 대한 속삭임과 발성의 차이를 비교하였다.

속삭임에 대한 공기역학적 변수의 진단적 가능성을 평가하기 위해 ROC 곡선(receiver operating characteristics curve) 분석을 하여 Youden index를 구하고 진단변수의 유효성 평가와 각 변수에 대한 최적역치(구분점; cutoff point)를 확인하였다.

표 3. 공기역학적 변수의 정규성 검정
Table 3. Normality test of aerodynamic parameters

		Shapiro-Wilk		
		통계량	자유도	유의확률
MPT	속삭임	.895	11	.161
	발성	.898	11	.177
SPLp	속삭임	.976	11	.937
	발성	.968	11	.864
Psub	속삭임	.916	11	.283
	발성	.915	11	.278
PFR	속삭임	.823	11	.019*
	발성	.747	11	.002**
PR	속삭임	.963	11	.806
	발성	.803	11	.010*
PE	속삭임	.911	11	.254
	발성	.797	11	.009**

** $p < .01$, * $p < .05$

3. 연구 결과

3.1 공기역학적 분석

공기역학적 분석 결과는 <표 2>에 제시하였다. 속삭임은 발성에 비해 유의하게 MPT가 짧고, SPLp가 작고, Psub는 유

의한 차이가 없었다(MPT, $p < .001$; SPLp, $p < .001$; Psub, $p = .197$). 속삭임의 PFR은 높았으며, PR과 PE는 낮았다[PFR $W(10) = 66$, $Z = -2.578$, $p = .010$; PR $W(10) = -2.312$, $p = .021$; PE $W(10) = -2.934$, $p = .003$].

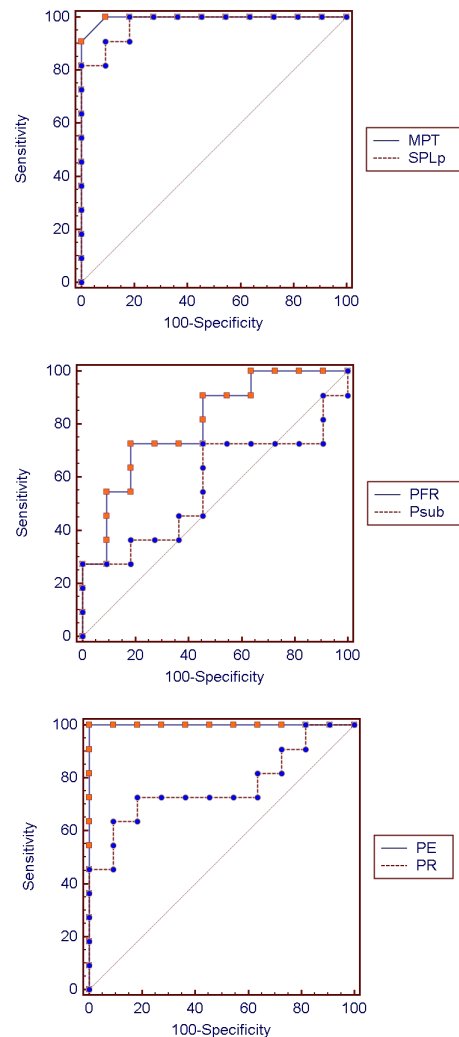


그림 2. 공기역학적 변수들의 ROC 커브
Figure 2. The ROC curve of aerodynamic parameters

표 4. 공기역학적 변수들의 ROC 분석
Table 4. ROC analysis of aerodynamic parameters

변수	AUC†	SD	Asymptotic P	Asymptotic 95% CI	
				Lower Bound	Upper Bound
MPT(s)	0.996	0.009	0.000	0.000	1.000
SPLp(dB)	0.802	0.095	0.017	0.013	0.384
PFR(l/s)	0.975	0.027	0.000	0.000	1.000
Psub(cmH ₂ O)	0.570	0.128	0.577	0.178	0.681
PE	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000
PR(cmH ₂ O/[L/s])	0.769	0.107	0.033	0.56	0.978

† ROC 곡선 아래 면적(Area under the ROC curve)

3.2 ROC 분석

발성으로부터 속삭임의 감별진단 가능성에 대해 공기역학적 변수들로 ROC분석을 실시하였고 그 결과는 <그림 2>와 <표 4>에 제시하였다.

ROC 커브 아래의 면적(AUC 값)은 MPT는 .996, PFR은 .802, SPLp는 .975, Psub는 .570, PR은 .769, PE는 1.000이었다. PE는 속삭임의 진단에 있어서 완전하고 가장 유용한 변수였다. ROC 커브에 따르면 최적 역치값은 23.83ppm이었으며, 민감도 1.000, 특이도 1.000으로 발성으로부터 속삭임을 감별할 수 있는 역치로 사용할 수 있음을 확인하였다. PE의 Youden index는 1.000으로 6개의 변수들 중 가장 높았다.

4. 논의 및 결론

MMD의 속삭임은 발성에 비해 MPT는 짧고, PFR은 높았으며, SPLp가 작고, PR은 낮았고, Psub는 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 정상인을 대상으로 한 여러 선행연구결과와 일치하였다(Luchsinger & Arnold, 1965; Sunderberg et al., 2010; Konnai, 2012). 즉, 병리적 속삭임이든 정상적 속삭임이든 이와는 무관하게 위의 특성이 속삭임의 일반적 특성임을 알 수 있었다.

MPT, PFR, SPLp, PR은 통계적으로 유의한 차이는 보였을 지라도 <그림 3>에서 볼 수 있듯이 속삭임과 발성에 대한 집단 간 비교 시 속삭임이 발성범위로 나타나는 사례도 있었다. 그럼에도 불구하고 개인 내 비교 시 <그림 4>에서 볼 수 있듯이 모든 사례에서 속삭임은 발성보다 MPT가 짧고, SPLp은 낮았다. PE를 제외한 모든 변수들 MPT, SPLp, PFR, PR, Psub는 속삭임과 발성 모두 집단 내 개인 간 편차가 매우 심했다. 특히 PFR과 PR, Psub는 개인 내에서도 속삭임이 발성에 비해 높거나 낮음이 다양하게 나타났다. 이러한 현상은 MPT,

SPLp, PFR, PR, Psub는 저노력형 속삭임, 과노력형 속삭임 등의 속삭임유형과 긴장성, 기식성 등의 발성유형, 소리의 강도에 영향을 받는데(Solomon et al., 1989; Grillo & Verdolini, 2008; Grillo, et al., 2009; Konnai, 2012), 본 연구는 MMD환자의 의도적 조절이 불가능한 자연음성을 분석하는데 목적이 있었으므로 이에 대한 통제가 없었기 때문으로 보인다. 따라서 이 변수들이 속삭임의 일반적 특성을 반영하긴 하지만 완전한 감별진단 변수는 될 수 없다.

PE는 속삭임이 발성에 비해 유의하게 낮았으며 속삭임에 대한 완벽한 예측력(AUC=1.000)을 보였다. <그림 3>과 <그림 4>에서 볼 수 있듯이 속삭임의 PE는 개인 간 편차가 매우 낮았으며, 개인 내 비교에서도 모든 사례에서 속삭임이 발성에 비해 현격히 낮았다. PE는 입력된 공기역학적 에너지를 얼마만큼의 음향학적 에너지로 출력하는지를 나타내는 효율성에 대한 변수로, Grillo와 Verdolini(2008)에 따르면 기식성이 다른 발성유형에 비해 PE가 유의하게 낮았다. 그들은 성대부 전폐쇄 상태에서의 기류방출로 인해 발성효율성이 떨어지는 것으로 해석하였다. 속삭임은 성대부전폐쇄상태에서 마찰성 소음이 발생한다는 점에서 기식성과 유사하나(Laver, 1980, 1994), 성대 내전력(adductive tension)이 기식성보다 더 낮다.

본 연구에서 모든 대상자의 속삭임이 발성보다 PE가 극단적으로 낮게 나온 결과는 속삭임의 본질적인 성대부전폐쇄상태에서의 무발성에 대한 생리적 특성을 반영한다고 할 수 있다. 따라서 PE가 MMD를 발성유무에 따라 속삭임과 발성으로 구분할 수 있는 객관적인 변수가 될 수 있으며 특히 속삭임의 진단에 있어서 가장 유용하면서도 완전한 변수임을 보여준다.

Psub, PFR, MPT, SPLp, PR은 개인 간 편차가 컸는데, 이는 속삭임유형 및 발성유형의 다양성과 관련이 있다. 병리적 속삭임의 유형별 특성에 대해 더 면밀히 비교하고 산출 특성을 알아보기 위해서는 과노력형 속삭임, 저노력형 속삭임 등과 같은 노력성의 정도를 객관적으로 규명할 수 있는 후속연구가 필요할 것으로 보인다.

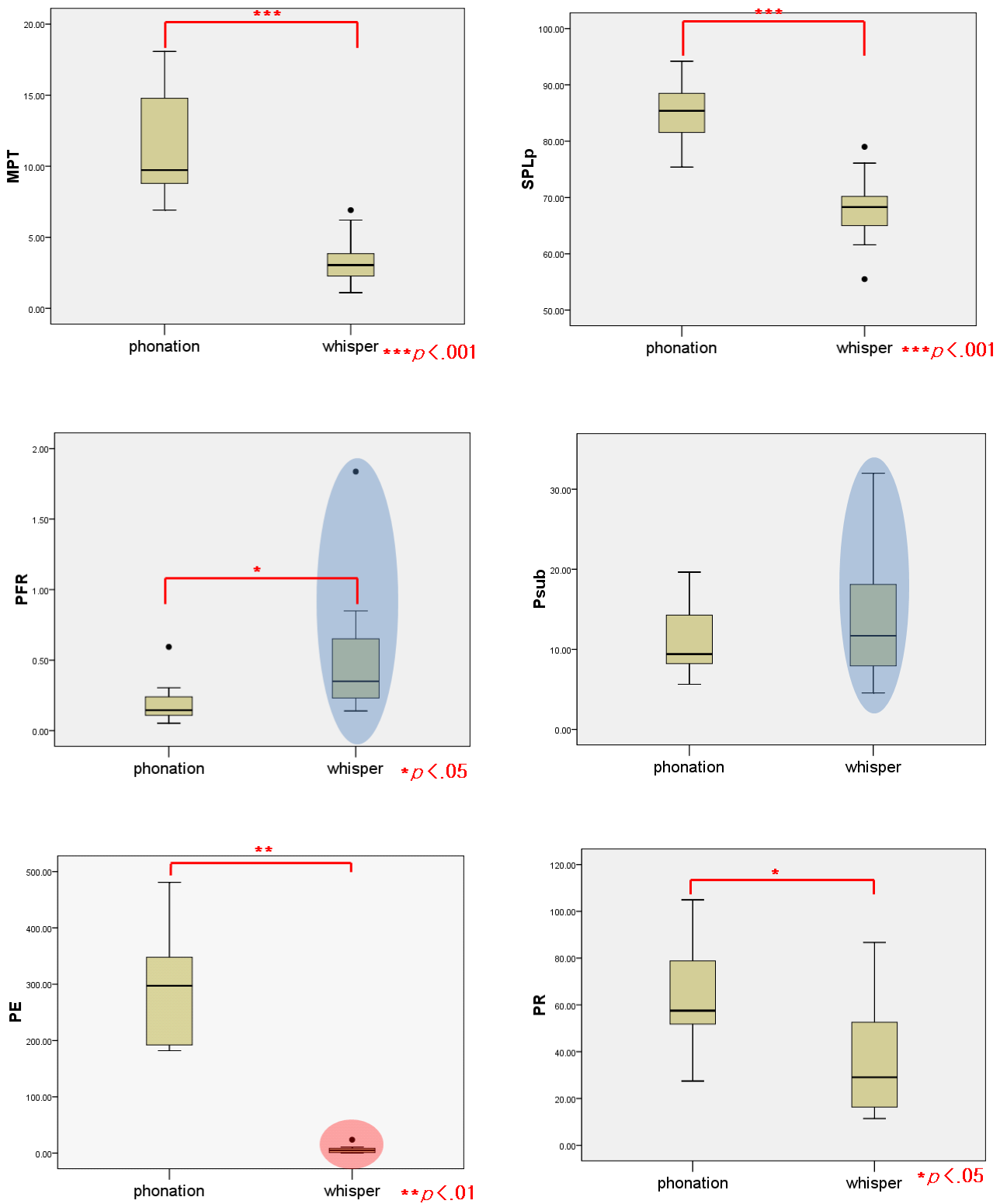


그림 3. 속삭임과 발성에 대한 집단 간 비교
Figure 3. The comparisons of intergroups for whispers and phonation

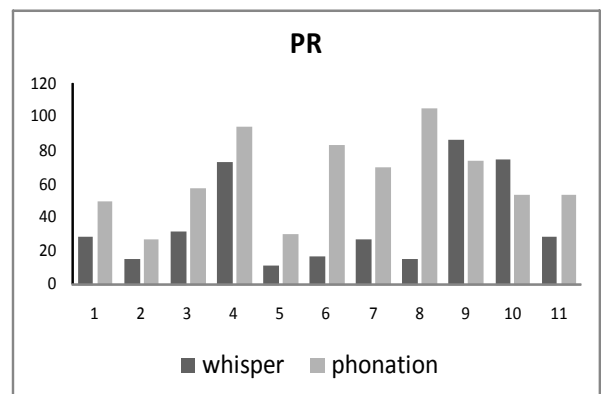
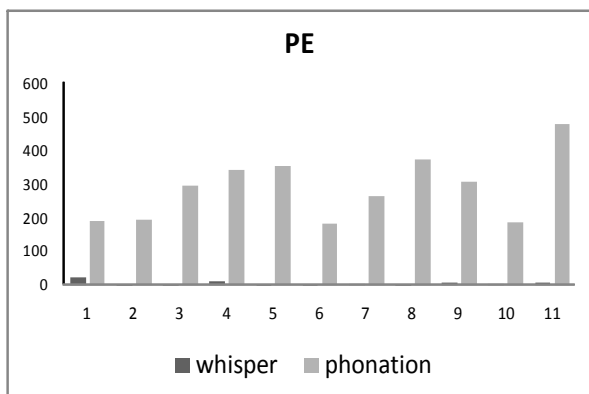
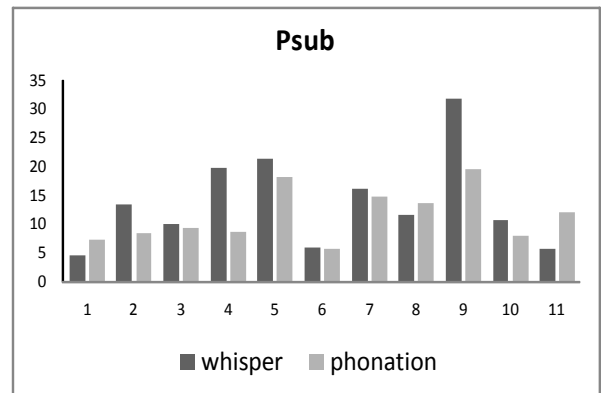
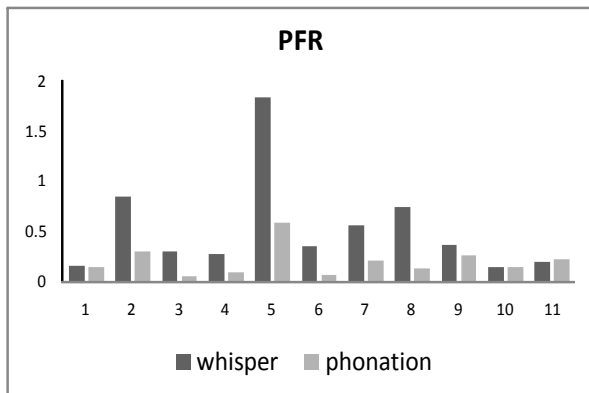
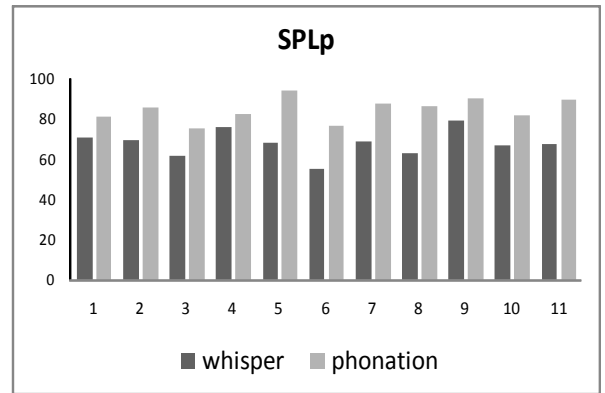
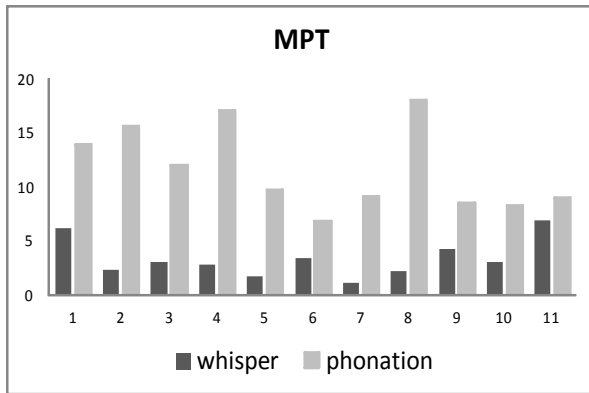


그림 4. 속삭임과 발성에 대한 대상자 내 비교
 Figure 4. The comparisons of intrasubjects for whispers and phonation

참고문헌

- Seo, I. H., Lee, O. B., Lee, S. J., & Chung, P. S. (2011). The effect of the Motor Learning Guided Laryngeal Motor Control Therapy for Muscle Misuse Dysphonia. *Phonetics and Speech Sciences*, Vol. 3, No. 3, 133-140.
(서인효, 이옥분, 이상준, 정필상 (2011). 운동학습이론에 기초한 발성운동조절법이 근오용성발성장애의 음성에 미치는 효과. 말소리와 음성과학 3권 3호, 133-140.)
- Seo, I. H., Jung, M. S., Choi, H. S., & Seong, C. J. (2012). The Relationship between Perceptual, Acoustic, and Aerodynamic Characteristics of Functional Dysphonia. *Proceedings of 2012 Spring Conference of Korean Society of Speech Sciences*, 163-164.
(서인효, 정명심, 최홍식, 성철재 (2012). 근오용성음성장애 환자의 음성특성-공기역학적 분석을 중심으로, 2012 한국음성학회 봄 학술대회 발표논문집, 163-164.)
- Alku, P., & Vilkman, E. (1996). A comparison of glottal voice source quantification parameters in breathy, normal and pressed phonation of female and male speakers. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, Vol. 48, No. 5, 240-254.
- Angsuwarangsee, T., & Morrison, M. (2002). Extrinsic laryngeal muscular tension in patients with voice disorders. *Journal of Voice*, Vol. 16, No. 3, 333-343.
- F-J Electronics. (2005). Operating manual for voice function analyzer Aerophone II for windows. [Computer Software].
- Gordon, M., & Ladefoged, P. (2001). Phonation types: a cross-linguistic overview. *Journal of Phonetics*, Vol. 29, 383-406.
- Grillo E. U., Perta K., Smith L. (2009). Laryngeal resistance distinguished pressed, normal, and breathy voice in vocally untrained females. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, Vol. 34, No. 1, 43-8.
- Grillo, E. U., & Verdolini, K. (2008). Evidence for distinguishing pressed, normal, resonant, and breathy voice qualities by laryngeal resistance and vocal efficiency in vocally trained subjects. *Journal of Voice*, Vol. 22, No. 5, 546-552.
- Hillman, R. E., Holmberg, E. B., Perkell, J. S., Walsh, M., & Vaughan. C. (1990). Phonatory function associated with hyperfunctionally related vocal fold lesions. *Journal of Voice*, Vol. 4, 52-63.
- Konnai, R. M. (2012). Whisper and phonation: aerodynamic comparisons across adduction and loudness levels. Ph.D. Dissertation, Bowling Green State University.
- Ladefoged, P. (1971). *Preliminaries to linguistic phonetics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Laver, J. (1980). *The phonetic description of voice quality*. New York: Cambridge University Press.
- Laver, J. (1991). *The gift of speech: papers in the analysis of speech and voice*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Laver, J. (1994). *Principles of phonetics*. Cambridge; New York, NY: Cambridge University Press.
- Luchsinger, R., & Arnold, G. E. (1965). *Voice, speech, language; clinical communicology: its physiology and pathology*. Belmont, Calif.: Wadsworth Pub. Co.
- Morrison, M. D., Rammage, L. A., Belisle, G. M., Pullan, C. B., & Nichol, H. (1983). Muscular tension dysphonia. *Journal of Otolaryngology*, Vol. 12, No. 5, 302-306.
- Morrison, M. D., & Rammage, L. A. (1993). Muscle misuse voice disorders: description and classification. *Acta Oto-laryngologica*, Vol. 113, No. 3, 428-434.
- Solomon, N. P., McCall, G. N., Trosset, M. W., & Gray, W. C. (1989). Laryngeal configuration and constriction during two types of whispering. *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 32, No. 1, 161-174.
- Sundberg, J., Scherer, R., Hess, M., & Muller, F. (2010). Whispering--a single-subject study of glottal configuration and aerodynamics. *Journal of Voice*, Vol. 24, No. 5, 574-584.
- 서인효(Seo, Inhyo), 제1저자
충남대학교 대학원 언어병리학과 박사과정
대전광역시 유성구 공동 220
Tel: 041) 550-6599
E-mail: slpseo@hanmail.net
관심분야: 마비말장애, 음성장애
 - 황영진(Hwang, Youngjin)
루터대학교 언어치료학과
용인시 기흥구 상갈동 17번지
Tel: 031) 679-2351
E-mail: yjhwang@ltu.ac.kr
관심분야: 음성장애, 신경언어장애
현재 언어치료학과 교수
 - 성철재(Seong, Choeljae), 교신저자
충남대학교 인문대학 언어학과
대전광역시 유성구 대학로 99번지
Tel: 042) 821-6395
E-mail: cjseong49@gmail.com
관심분야: 분절음 및 운율분석
현재 충남대학교 인문대학 언어학과 교수