



## 뇌졸중 환자 대상 흡인 음성의 음향변수 변동 Acoustic parameter delta of an aspirated voice in stroke patients

강 영 애 · 지 성 주 · 구 분 석 · 조 철 우\*

Kang, Young Ae · Jee, Sung Ju · Koo, Bon Seok · Jo, Cheolwoo

### Abstract

The present study aimed to investigate the changes of acoustic parameters of the aspirated voice in stroke patients. The eighty-eight subjects diagnosed with cerebro-vascular accident were divided into 32 penetration/aspiration (P/A) and 56 Non-P/A groups according to the videofluoroscopic swallowing study (VFSS) results, and 26 control subjects participated. All subjects preformed VFSS and vowel /a/ was recorded three times pre- and post VFSS. Since the variation in the acoustic parameters within a single phonation has been observed, we proposed a delta formula for the acoustic parameters which can reflect the temporal changes of the each parameter in an utterance. We measured from the voice data eight acoustic parameters: fundamental frequency (F0), standard deviation of F0 (F0\_SD), Jitter, relative average perturbation (RAP), Shimmer, amplitude perturbation quotient (APQ), harmonic to noise ration (HNR), noise to harmonic ratio (NHR). Then we found parameters which show the meaningful biggest temporal change in an utterance using the suggested delta parameter. Among them, the deltas of shimmer and APQ were significantly different pre- and post VFSS. These deltas of the P/A and the control group were increased after VFSS, while those of the Non-P/A group was descended. The variation patterns of the P/A and the control group were similar but the change width of the P/A group was larger. The large variations in an aspirated phonation of the P/A group are thought to be caused by irregular changes in air resistance due to residual food on the vocal cords.

**Keywords:** Acoustic analysis, swallowing disorders, videofluoroscopic swallowing study, penetration, aspiration

### 1. 서론

삼킴장애(dysphagia) 용어는 그리스어로 ‘어려움’, ‘질병’ 등을 뜻하는 ‘dys’에 먹는 것을 뜻하는 ‘phagia’가 합성된 말로, 음식물이 구강에서 위장까지 이르는 경로 상에서 발생할 수 있는 모든 이상을 총칭한다(최경효, 2011). 이는 해부학적 구조 변화 및 말초 신경 및 중추 신경 기능 저하 등과 같이 자연스러운 노화 과정(aging process)에서 겪는 삼킴 기능 저하(김보혜 외, 2016)와는 구별되며 적극적인 중재와 치료가 필요하다.

삼킴장애는 뇌졸중 환자의 40-80% 에서 나타날 정도로 주요한 문제이며(하정훈 외, 2014) 뇌졸중 사망원인의 1/3 정도가 폐렴일 정도로(최경효, 2011) 삼킴장애로 인한 흡인성 폐렴의 위험성은 매우 높다.

삼킴장애 선별 항목 중 흡인 후 목소리 변화는 대다수 임상가들에게 인정받는 증상이며(Daniel *et al.*, 1998; Groves-Wright *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2015), 삼킴장애 예측 민감도 80%를 보일 정도로 높게 보고된다(Hassan & Aboloyoun, 2014). 하지만 주관적 평가이기에 신뢰도의 문제를 갖고 있어 많은 선행연구에서

\* 창원대학교, cwjo@changwon.ac.kr, 교신저자

Received 28 July 2017; Revised 5 September 2017; Accepted 13 September 2017

삼킴장애 관련 목소리 변화를 객관적으로 증명하게 위해 다양한 접근이 시도되었는데, 음향 변수(RAP, VIT, F0, Shimmer, NHR) 조합으로 삼킴장애 예측 가능성이 보고되었고(Ry *et al.*, 2004), 삼킴장애로 생긴 성도의 이물감을 제거하기 위해 음성 의 애성(Asthenic)과 쥐어짐(Strained) 이 높아지며(Santos *et al.* 2015) 흡인정도가 심각할수록 음성강도가 높아짐이 확인되었다(Bruijn, *et al.*, 2013). 흡인 된 음성의 기본주파수가 상승되며(Malandraki *et al.*, 2011), 음식물이 성도 및 성대에 남게 되면 공기흐름에 와류가 형성되고 이런 기식음(breathy sound)으로 무중상 흡인 (silent aspiration)을 예측 할 수 있다(Shirazi *et al.*, 2012)고 하였다. 하지만 이런 많은 연구 결과에도 불구하고 음향변수는 삼킴후 음성 변화(post-swallow wet voice)를 감별 할 수 있는 신뢰도가 100% 가 아니다. 그래서 잠재적인 흡인 환자를 선별하지 못하는 진단의 타당성 문제를 항상 염두에 두어야한다(Waito *et al.*, 2011).

또한 많은 선행연구의 공통된 문제점은 환자와 동일 환경에서 조사된 대조군이 없기 때문에, 삼킴장애로 인한 음성변화와 질병특성으로 인한 음성변화 간 구분이 어렵다는 해석의 문제가 있다. 질병요인의 음성변화를 배제하고 삼킴장애 본연의 음성변화를 연구하기 위해서는 대조군을 모집하고 질병군별로 대상자 선별한 후 다양한 접근의 음성 분석이 시도되어야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 대조군과 뇌졸중 환자군만을 선별하여 비디오투시조영삼킴검사(videofluoroscopic swallowing study, VFSS) 전후의 음성을 분석하여 흡인 상태를 반영하는 음향 변수를 조사하고자 하며 세부적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 역동적 삼킴동작을 반영할 역동적 음향변수가 있는가?

둘째, 대조군과 뇌졸중 환자군 간 VFSS 전후 음성의 음향적 분석정보에 차이가 있는가?

셋째, 뇌졸중 환자군 중 흡인군과 비흡인군 간 음성의 음향적 분석정보에 차이가 있는가?

## 2. 연구 방법

### 2.1. 연구대상자

본 연구는 2015년 9월~2017년 2월까지 VFSS 검사가 의뢰된 340명 환자를 1차로 모집하였고, 이중 두경부암, 호흡기 질환, 당뇨, 파킨슨 병 등과 보청기 및 기관루(stoma) 존재자, L-tube 착용자, 성대마비, 전반 실어증 및 구어 실행증 환자를 제외시켰고, 뇌혈관질환(cerebro-vascular accident, CVA)만을 선별하여 최종 88명을 선택하였다. 대조군으로 최근 5년 간 의학적 진단 병력이 없으며 일상생활에 문제가 없는 정상군 26명을 모집하였고, 모든 대상자는 연구 목적과 방법을 안내 받고 동의하였으며 삼킴 기능 진단을 위해 VFSS와 음성녹음을 진행하였다. 참고로 본 연구는 임상연구심의위원회의 승인(IRB No. CNUH 2016-05-02 0-001) 하에 이루어졌다.

VFSS는 방사선 기기(Shimadzu Flexavision FD RF X-ray system, 2012)를 사용하였고, 다양한 검사 식이(요거트, 죽, 물

5mL, 물 10 mL, 밥)에 조영제(레딕스액, 황산바륨, 동인당제약 주식회사, 40%w/v)를 일정비율(음식물 3: 조영제 7)로 섞어 환자에게 순차적으로 제공하였다. 제공받는 음식을 환자가 씹어 삼키는 동안 검사자는 실시간 촬영 모니터를 보면서 MPAS (modified penetration and aspiration scale) 등급을 매겼다. 특정 식이 단계에서 흡인을 보일 경우 다음 식이 단계로 넘어가지 않고 환자의 안전을 위해 검사는 중단되었다.

MPAS는 PAS의 수정판으로 5 점(1~5) 척도이고 구체적 내용은 다음과 같다. 1 점-기도 흘러들어감 없음, 2 점-기도로 들어가며 성대위쪽에 남음, 3 점-기도로 흘러들어가 성대에 닿음(침습 상태), 4 점-기도로 흘러들어가고 성대 아래쪽까지 내려가며 빼내기 위한 노력 반응 보임(기침 반사 등) (증상 흡인상태), 5 점-기도로 흘러들어가서 성대아래쪽까지 내려가지만 빼내려는 반응 없음(무증상 흡인상태) (Kweon *et al.*, 2016).

본 연구에서는 VFSS 결과를 바탕으로, MPAS 1 점인 대조군 (control group) 26 명, MPAS 1 점인 정상삼킴 뇌졸중 환자군 (Non-P/A group) 56 명, 그리고 MPAS 4~5 점인 삼킴장애 뇌졸중 환자군(P/A group) 32 명으로 구성하였다. 삼킴장애 뇌졸중 환자군 내에는 무증상 흡인을 보인(MPAS 5 점) 경우는 23 명이었고 증상 흡인은 (MPAS 4 점) 9 명이였다(<표 1> 참조).

표 1. 대상자 정보

Table 1. Demographic data of study patients

	Group (N = 114)			
	Control	Non-P/A	P/A	
Number	26	56	32	
Male : Female	8:18	28:28	26:6	
Age(yrs.) Mean ± SD	77.1±6.3	71.9±9.5	69.9±12.1	
MPAS	1 level (all)	1 level (all)	5 level (23) 4 level (9)	
Pathogenesis				
C V A	unspecified	-	14	8
	CI	-	3	-
	ACA	-	16	11
	MCA	-	5	8
	BA	-	2	-
	PCA	-	8	1
	ICH	-	6	4
SAH	-	2	-	
diffuse injury	-	-	-	

Abb. : P/A (penetration/aspiration), CVA (cerebro-vascular accident), CI (cerebral infarction), ACA (anterior cerebral artery), MCA (middle cerebral artery), BA (basilar artery), PCA (posterior cerebral artery), ICH (intracerebral hemorrhage), SAH (subarachnoid hemorrhage), MPAS (modified penetration and aspiration scale)

P/A군에 23 명의 무증상 흡인과 9 명의 증상 흡인이 혼재되었지만 동질적인 군으로 묶은 이유는 VFSS 검사시 흡인이 확인되

고 기침 반사가 없는 경우라도 환자의 안전을 위해 기침을 하도록 유도하였기 때문에 MPAS 4점과 5점은 모두 동일한 기침발사 조건이 후두에 주어졌기 때문이다.

## 2.2. 음성녹음 및 분석방법

음성녹음은 VFSS 직전과 직후에 동일 조건/장소에서 실시하였고, 편안한 발성으로 모음/아/를 3회 녹음하였고 모두 분석하였다. 음성녹음은 VFSS 방사선기기의 소음이 최대한 통제 되도록 방음문을 닫은 상태에서 진행하였으며 삼킴 후 녹음은 VFSS 직후에 바로 실시하여 성대에 묻은 황산바륨과 식이가 제거되지 않은 상태를 최대한 유지시켰다.

녹음은 보이스 레코더(PCM-50, Sony corporation Tokyo, Japan)에 헤드셋 마이크(Sennheiser pc151, Sennheiser electronic GmbH & Co, KG, Germany)를 꽂아 입술에서 10 cm 내외 위치에서 실시하였다(input 4 level, 48 kHz Sampling rate, 24 bit Quantization). 분석도구는 PRAAT(ver. 6021)을 사용하여 총 8 개 변수 [fundamental frequency (F0), standard deviation of F0 (F0\_SD), Jitter, relative average perturbation (RAP), Shimmer, amplitude perturbation quotient (APQ), harmonic to noise ratio (HNR), noise to harmonic ratio (NHR)]를 측정하였다(Hamming window, cross-correlation).

본 연구팀은 예비연구로 현재의 동일 음성샘플을 갖고 발성 구간 전체를 선택하여 VFSS 전후 집단 간 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 확인하였다. 따라서 음성변수의 단일 구간 내 비교인 일반적인 분석법에는 한계를 인식하고 이를 개선하여 역동적인 성대진동이 포함된 삼킴장애 현상을 반영해 줄 변수 개발이 필요했다. 음성샘플 관찰결과 환자군에서 시간적 변화에 따른 음향변수의 양상이 달랐고, 이를 토대로 정량화할 수 있는 분석법의 도출을 시도하였다. 즉, 단일 구간의 분석에서는 의미 있는 결과를 얻지 못하더라도 시간적인 변화량에서 차이가 있음을 발견한 것을 근거로 하여 다음과 같은 파라미터 도출을 시도하였다.

이런 파라미터 개발을 한 이유는 임상적 소견이 음성분석에 반영 될 필요가 있어서였다. 흡인 된 환자의 성대진동을 내시경으로 관찰해 보면 성문이 닫히면서 고인 음식이 성대상부를 덮고 성문이 열리면서 성대가장자리로 묻어 흐른다. 이를 빠른 동작으로 살펴보면 성대진동시작으로 음식물이 흩어지고 발성 끝부분에서 호기압력이 낮아지면서 성대주위로 잔여음식물이 다시 고여 성문으로 내려가는 삼킴 후 흡인 현상이 관찰되었다.

인후두에 남은 음식잔여물은 성대진동 중간에도 흘러들어갈 수 있으며 발성 중 흡인이 생기면 음성파형의 변화를 보인다. 그 현상을 <그림 1>에 제시하였다. 노란 부분에서 흡인된 음성(wet voice)이 선명하게 들리며 그 부분에 파형의 변형이 관찰된다.

음성분석구간을 모음/아/의 첫 신호(impulse of wave signal) 부터 끝 신호까지를 선택하고, 이 발생시간을 균등하게 네 등분한 후, 이중 중간부분을 안정구간 개념으로 처리하여, 앞부분(1 부분), 중간부분(2~3 부분), 끝부분(4 부분)으로 구분하였다(<그림 2> 참조). 한 발화의 앞부분, 중간부분, 끝부분에서의 정상 화자와 삼킴장애 환자 간에 시간적인 변화에 따른 음향변수의 변화를 예비연구에서 확인한 결과를 토대로 이를 파라미터화 하여 비교를 시도한 것이다.

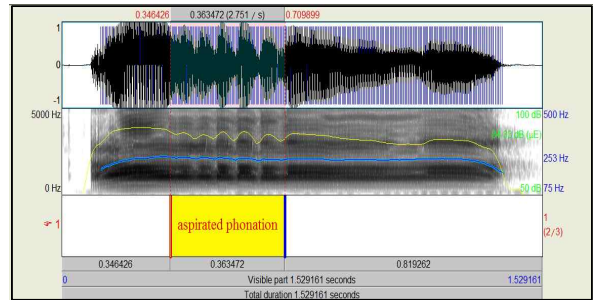


그림 1. 흡인으로 인한 음성파형의 변화 예

Figure 1. Example of voice waveform changed due to aspiration

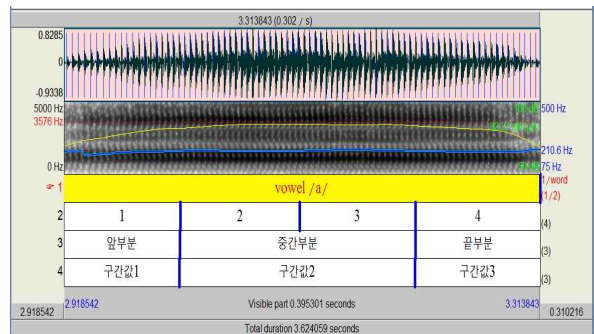


그림 2. 발성 내 분석구간

Figure 2. Selected parts within a phonation

삼킴장애 환자의 경우 발성의 세 부분에 걸친 파라미터 변동이 큰 반면, 비삼킴장애 화자(speaker)는 상대적으로 파라미터의 변화가 적게 관찰되었다. 이런 임상적 관찰소견과 예비연구를 토대로 발화 시작구간과 종료구간의 파라미터의 변화를 측정한다면 성대운동 상태의 변화를 나타내 줄 수 있는 것으로 판단하였으며 이를 일관되게 반영해 줄 수 있는 단일 척도를 개발했다. 이런 현상을 반영할 수 있는 파라미터 계산식을 도출하기 위해 시간대별(구간별)로 측정된 파라미터의 시간적 변동치를 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$\text{파라미터 변동치} = (\text{구간값3} - \text{구간값2}) - (\text{구간값2} - \text{구간값1}) \quad (1)$$

식 (1)은 초기 구간과 끝 구간의 값의 변화를 계산해 준다.

1 본 음성자료는 2017년 한국음성학회 춘계학술대회에서 구두발표로 소개하였음

(구간값 3-구간값 2)는 종료구간의 파라미터 값의 변화를 반영하며, (구간값 2-구간값 1)은 시작구간의 파라미터의 변화를 반영한다. 이 두 값의 차이를 구함으로써 파라미터 변화값의 변동치(delta, 델타) 즉, 파라미터의 2 차 미분에 해당하는 값을 구할 수 있고 이를 통하여 동일 파라미터 값의 전체 변동률을 대표하는 하나의 값으로 구할 수 있다. 제한한 파라미터 변동치 식을 통해 삼킴장애 환자의 발성 특성의 시간적 변화를 단일한 식에 의해 기술 할 수 있다는 것에 의의가 있으며 이 계산식을 통하여 시간에 따른 파라미터 변화의 정도를 비교적 단순한 계산 과정을 통해서 일관되게 비교할 수 있다는 장점이 있다.

### 2.3. 통계분석

VFSS 전후 각각 모음/아/ 3회 발성을 모두 분석하였고 평균값 처리 하여 파라미터 변동치(delta)를 구하고 SPSS(ver. 22.0, IBM Corp.)를 사용하여 통계검증을 하였다. 세 집단(P/A, Non-P/A, Control)의 VFSS 전후 파라미터 변동치의 변화를 반복측정 분산분석(mixed repeated measures analysis of variance, RM-ANOVA)을 적용하였고, VFSS 전과 후 각 상태에서 세 집단 간의 차이를 확인하기 위해 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 적용하였고, 대응표본 t-검정(paired sample t-test)을 통해 시간에 대한 파라미터 변동치의 변화를 살펴보았다. 참고로, 성별 인자에 민감한 F0 변수는 성별을 나누어 통계검정을 하였고 사후검정은 Tukey HSD로 선택하였다.

## 3. 결과

### 3.1. VFSS 전 세 집단 간 차이

VFSS 전 음성에서 세 집단 간 델타 값의 차이를 확인해 본 결과, Shimmer( $p<.001$ ), APQ( $p<.001$ ), HNR( $p<.001$ ), NHR( $p=0.027$ ), F0\_SD( $p=0.017$ ) 변수에서 유의미한 차이를 보였다(<표 2> 참조). VFSS 전 단계에서 델타 값이 세 집단 내 차이를 보였고, 차이를 보인 변수들 모두 P/A군이 다른 두 집단과 다른 양상을 보인 점이 주목할 만하다. 또한 HNR 변수는 세 집단 모두에서 서로의 집단 간 차이를 나타내었는데, 이는 삼킴 활동 전부터 환자군과 대조군, 또 환자군내 흡인군과 비흡인군 간 음성의 질적 차이를 있다는 점을 의미한다. 한 가지 유념해야 할 점은 현재 본 연구에 제시한 모든 통계검정은 델타값을 적용한 것이므로 한 발성 내 음향변수의 변화로 해석해야한다. 단순히 음향변수 값의 비교가 아니다.

### 3.2. VFSS 후 세 집단 간 차이

VFSS 후 음성에서 세 집단 간 델타 값을 확인해 본 결과, Shimmer( $p=0.005$ ), APQ( $p<.001$ ), HNR( $p=0.024$ ) 변수에서 유의미한 차이를 보였다(<표 3> 참조). 삼킴 활동 후 세 집단 간 유의미한 변수가 삼킴 전과 조금 달랐지만 Shimmer와 HNR 변수에서 P/A 군이 다른 집단과 다른 양상을 보인 것은 VFSS 전 결과와 동일하다.

표 2. VFSS 전 일원 분산분석 결과  
Table 2. Results of one-way ANOVA before VFSS

Parameter	F	p	post hoc <sup>#</sup>	
			Group	p
F0 in male	0.56	0.572	-	-
F0 in female	1.32	0.275	-	-
F0_SD	4.24	0.017	P/A vs. Control	0.012*
Jitter	0.04	0.960	-	-
RAP	0.03	0.964	-	-
Shimmer	19.65	<.001**	P/A vs. Control	<.001**
			P/A vs. Non P/A	<.001**
APQ	14.70	<.001**	P/A vs. Control	<.001**
			P/A vs. Non P/A	0.002**
HNR	16.90	<.001**	P/A vs. Control	<.001**
			P/A vs. Non P/A	0.001**
NHR	3.73	0.027*	Control vs. Non P/A	0.008**
			P/A vs. Control	0.012*

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ ; <sup>#</sup> Tukey HSD

표 3. VFSS 후 일원 분산분석 결과  
Table 3. Results of one-way ANOVA after VFSS

Parameter	F	p	post hoc <sup>#</sup>	
			Group	p
F0 in male	1.29	0.282	-	-
F0 in female	1.91	0.159	-	-
F0_SD	3.13	0.057	-	-
Jitter	0.14	0.864	-	-
RAP	0.37	0.685	-	-
Shimmer	5.60	0.005*	P/A vs. Control	0.005**
			P/A vs. Non P/A	0.022*
APQ	8.46	<.001**	Non P/A vs. Control	<.001**
HNR	3.87	0.024*	P/A vs. Control	0.031*
NHR	0.16	0.848	-	-

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ ; <sup>#</sup> Tukey HSD

### 3.3. VFSS 전후 변수의 변화

집단 정보를 배제하고 시간에 따른(VFSS 전후) 음향변수의 델타의 변화를 확인하기 위해 대응표본 t-검정한 결과, Shimmer( $p=0.025$ ), APQ( $p=0.006$ ), NHR( $p=0.008$ ) 변수가 유의미한 차이를 보였다(<표 4> 참조). 하지만 대응표본 검정은 집단 정보를 배제한 상태의 음향변수의 델타 값의 차이를 살펴본 것에 불과하다. 처치 전후(삼킴)로 차이를 살펴볼 수는 있지만 집단 간 어떠한 차이점이 있는지 알 수는 없다.

표 4. VFSS 전후 대응표본 t-검정분석 결과

Table 4. Results of paired sample t-test before and after VFSS

Parameter	t	p
F0 in male	0.85	0.394
F0 in female	-0.20	0.842
F0_SD	0.34	0.731
Jitter	-0.65	0.512
RAP	-0.24	0.804
Shimmer	-2.27	0.025*
APQ	-2.82	0.006**
HNR	1.92	0.057
NHR	-2.71	0.008**

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

### 3.4. VFSS 전후 세 집단 간 변화

시간의 흐름이 반영된 VFSS 전후 세 집단 간 델타 값을 확인하기 위해 RM-ANOVA 분석 결과, 8개 음향변수 중 Shimmer ( $p=0.004$ ), APQ( $p=0.001$ ) 변수가 통계적으로 유의미하였다(<표 5> 참조). 앞선 결과 3.1과 3.2 에서 언급된 변수의 변화는 시간의 흐름 즉, 처치(삼킴)의 영향을 배제한 각 상태의 정보라면 본 3.4결과는 처치 전후 음성의 변화를 살펴본 것으로 본 연구목적에 부합하는 최종 통계검증이다.

표 5. VFSS 전후 반복측정 분산분석 결과

Table 5. Results of RM-ANOVA before and after VFSS

Parameter	df	F	p	post hoc <sup>#</sup>	
				Group	p
F0 in male	2	1.29	0.281	-	-
F0 in female	2	1.02	0.367	-	-
F0 SD	2	0.77	0.464	-	-
Jitter	2	0.17	0.841	-	-
RAP	2	0.29	0.741	-	-
Shimmer	2	5.79	0.004**	P/A vs. Non P/A	0.003**
APQ	2	7.15	0.001**	P/A vs. Non P/A	0.001**
HNR	2	2.85	0.062	-	-
NHR	2	1.74	0.180	-	-

\*\* $p < 0.01$ ; <sup>#</sup> Tukey HSD

두 변수 모두 사후검정에서 P/A군과 Non\_P/A군 간 차이를 보였다(Shimmer, P/A vs. Non\_P/A,  $p=0.003$ ), (APQ, P/A vs. Non-P/A,  $p=0.001$ ). 유의미한 두 변수(Shimmer, APQ)의 VFSS 전후 파라미터 변동량을 살펴보면, P/A군이 VFSS 전후 변화치는 컸고 Control 군의 변화치는 적었다. 두 변수 모두 P/A 군이 VFSS 후에 Control군과 비슷한 양상으로 변화를 보였다(<그림 3-4> 참조). 즉, Non-P/A군이 VFSS 후에 P/A군과 Control과 다른 양상을 보였다. 이는 델타값의 수치를 보인 그림이므로 Non-P/A 군이 VFSS 후에 한 발성 내 음성의 음향 변수 폭이 감소하였고, 다른 두 군은 증가하였다고 해석된다.

### Shimmer

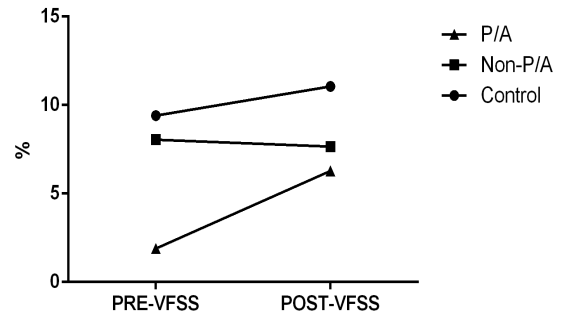


그림 3. VFSS 전후 유의미한 변수 (Shimmer)의 변동량

Figure 3. Delta of significant parameter (Shimmer) pre-& post-VFSS

### APQ

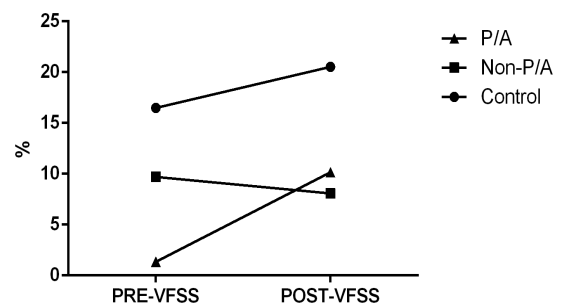


그림 4. VFSS 전후 유의미한 변수 (APQ)의 변동량

Figure 4. Delta of significant parameter (APQ) pre-& post-VFSS

## 4. 논의 및 결론

본 연구는 뇌졸중 환자와 정상인의 VFSS 전후 음성을 대상으로 흡인된 음성의 음향학적인 변화를 조사한 것으로 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 발성구간을 3 구간으로 나누어 음향변수의 시간적 변동치(델타)를 구하여 세 집단 간 VFSS 전후 음향적 분석을 실시한 결과, Shimmer, APQ 변수가 VFSS 전후 집단 간 차이를 보였다. 이를 통해 본 논문에서 제안한 시간적 변동치를 반영한 파라미터가 이들 파라미터 군에서 유효함을 확인할 수 있었다.

둘째, VFSS 전, 세 군 중 흡인 환자군의 Shimmer, APQ 변동치가 가장 낮았고 그 다음은 비흡인 환자군이였다. 대조군이 가장 높은 수치를 보였다. 진폭변동률이 크다는 것은 발성 전후의 변화량이 크며 안정성이 적음을 의미할 수 있지만, 변동치가 높은 군이 대조군이었으므로, 반대로 환자군의 변동치가 병리적인데 이어 발성 내 변화, 다시 말해, 발성의 시작점, 안정구간, 발성 끝부분의 진폭(강도) 변화가 비역동적이라고 해석할 수 있다. VFSS 전 검증에서 P/A군이 다른 두 집단과 다른 양상을 보였는데 이는 삼킴 전부터 뇌졸중 흡인군의 음질이 다른 군과 다름을 보여주는 것이다. 특히 HNR 변수의 델타값은 VFSS 전에서 모든 세 군 간 차이를 보여주었다.

셋째, VFSS 후, 흡인 환자군과 대조군의 Shimmer, APQ 변동치는 상승하였고 비흡인 환자군은 하강하였다. 본 결과에서 비흡인 뇌졸중군은 한 발성 내에 진폭변동률의 변동치가 삼킴 (swallowing) 이후 감소하였고 흡인 뇌졸중군과 대조군은 증가하였기에 이런 변화는 흡인으로 인한 변화가 아닌 질병요인으로 인한 변화로 판단한다. 즉 뇌졸중군의 삼킴 후 발성 내 진폭변동률 변화량이 감소함을 알 수 있다.

넷째, VFSS 전후, 흡인 뇌졸중군과 대조군의 음향변수 변동치는 모두 상승패턴을 보였고 흡인 뇌졸중군의 변화 폭이 더 컸다. 위에서 주장한 바대로 비흡인 뇌졸중군의 진폭변동률 변화치가 삼킴 후 하강한 것이 질병요인의 반영이듯이, 흡인 뇌졸중군의 삼킴 후 대조군과 같은 증가패턴을 보인 것은 삼킴장애로 인한 흡인요인으로 판단한다. 비흡인 뇌졸중군과 달리 삼킴 이후 진폭변동률의 변동이 증가하여, 한 발성 내 변수의 변화양상이 커졌고 이는 삼킴 전과 달리 삼킴 후에 대조군과 같게 증가했고 또한 그 증가폭이 유의미하게 크다는 점이 주목할 만하다. 변동치가 증가했다는 것은 한 발성내 일정한 진폭변동률을 유지 하지 못하고 변동이 심했다는 것으로 해석된다. 즉, 흡인된 음성은 발성구간 내 진폭변동률의 차이가 크며 이는 삼킴장애로 인하여 성대 혹은 인후두의 음식잔여물로 인해 공기흐름의 저항 값에 불규칙한 변화를 초래하였기 때문으로 생각한다.

흡인 된 음성의 음향연구는 흡인을 음향변수로 예측가능하다는 연구와 그렇지 못하다는 반대 주장이 혼재된 상태이고 그 현상을 알아가고 있는 수준이다. 많은 선행연구에서는 선형분석 및 청지각 평가로 흡인된 음성 특징을 구하지 못하였고 (Chang et al., 2012; Gonzalez-Fernandez et al., 2014; Groves-Wright et al., 2010; Teramoto et al., 2000; Waito et al., 2011) 본 연구의 예비연구에서도 같은 결과를 보였다. 하지만 본 연구에서는 정적인 분석만을 적용한 기존 연구들의 틀을 벗어나 시간적인 변동률을 반영한 변동치 측정 방식을 접목시켜 유의미한 결과를 얻었다. 제안한 공식을 이용할 경우 Shimmer, APQ 변수가 유의미한 식별자로 확인되었다. 이는 다른 연구와 차별화되면서 본 연구만의 의의라고 생각한다.

## 감사의 글

녹음에 협조해주신 모든 환자분들께 감사드리고, 본 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (NRF-2016S1A5B6914201).

## 참고문헌

Bruijn, M., Rinkel, R., Cnossen, I., Witte, B., Langendijk, J., Leemans, C., & Verdonck-de Leeuw, I. (2013). Associations between voice quality and swallowing function in patients treated for oral or oropharyngeal cancer. *Support Care Cancer*, 21(7), 2025-2032.

Kim, B., & Jung, E. (2016). Oropharyngeal dysphagia in the elderly.

*Journal of the Korean Dysphagia Society*, 6, 49-53. (김보혜·정은재 (2016). 노인에서의 구강인두 연하장애. *대한연하장애학회지*, 6, 49-53.)

Chang, H., Torng, P., Wang, T., & Chang, Y. (2012). Acoustic voice analysis does not identify presence of penetration/aspiration as confirmed by videofluoroscopic swallowing study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93, 1991-1994.

Choi, K. (2011). Epidemiology of dysphagia. *Journal of the Korean Dysphagia Society*, 1, 1-8. (최경효 (2011). 연하장애의 역학적 고찰. *대한연하장애학회지*, 1, 1-8.)

Daniels, S., Brailey, K., Priestly, D., Herrington, L., Weisberg, L., & Foundas, A. (1998). Aspiration in patients with acute stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79, 14-19.

Gonzalez-Fernandez, M., Humbert, L., Winegrad, H., Cappola, A., & Fried, L. (2014). Dysphagia in old-old women: Prevalence as determined according to self-report and the 3-ounce water swallowing test. *Journal of American Geriatrics Society*, 62, 716-720.

Groves-Wright, K., Boyce, S., & Kelchner, L. (2010). Perception of wet vocal quality in identifying penetration/aspiration during swallowing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53, 620-632.

Hah, J., & Chang, H. (2014). Interventional management of post-stroke dysphagia. *Journal of the Korean Dysphagia Society*, 4, 11-17. (하정훈·장현 (2014). 뇌졸중 후 연하장애의 중재적 치료. *대한연하장애학회지*, 4, 11-17.)

Hassan, H., & Aboloyoun, A. (2014). The value of bedside tests in dysphagia evaluation. *Egyptian Society of Ear, Nose, Throat & Allied Sciences*, 15, 197-203.

Kweon, S., Koo, B., & Jee, S. (2016). Change of swallowing in patients with head and neck cancer after concurrent chemoradiotherapy. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 40(6), 1100-1107.

Malandraki, G., Hind, J., Gangnon, R., Logemann, J., & Robbins, J. (2011). The utility of pitch elevation in the evaluation of oropharyngeal dysphonia: Preliminary findings. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 20, 262-268.

Ryu, J., Park, S., & Choi, K. (2004). Prediction of laryngeal aspiration using voice analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(10), 753-757.

Santos, K., Scheeren, B., Maciel, A., & Cassol, M. (2015). Vocal variability post swallowing in individuals with and without oropharyngeal dysphagia. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 19, 61-66.

Shirazi, S., Buchel, C., Daun, R., Lenton, L., & Moussavi, Z. (2012). Detection of swallows with silent aspiration using swallowing and breath sound analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 50, 1261-1268.

Teramoto, S., & Fukuchi, Y. (2000). Detection of aspiration and swallowing disorder in older stroke patients: simple swallowing provocation test versus water swallowing test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 1517-1519.

Waito, A., Bailey, G., Molfenter, S., Zoratto, D., & Steele, C. (2011). Voice-quality abnormalities as a sign of dysphagia: validation against acoustic and videofluoroscopic data. *Dysphagia*, 26, 125-134.

• **강영애 (Kang, Young Ae)** 제 1저자

충남대학교병원 이비인후과

대전광역시 중구 문화로 282

Email: kangyoungae1@naver.com

관심분야: 음성장애, 신경말장애, 공명장애

• **지성주 (Jee, Sung Ju)**

충남대학교병원 재활의학과

대전광역시 중구 문화로 282

Email: drjeesungju@cnuh.co.kr

관심분야: 심장재활, 뇌졸중재활, 연하장애, 호흡재활

• **구본석(Koo, Bon Seok)**

충남대학교병원 이비인후과

대전광역시 중구 문화로 282

연락처: bskoo515@cnu.ac.kr

관심분야: 갑상선암, 후두질환, 음성장애

• **조철우(Jo, Cheolwoo)** 교신저자

창원대학교 메카트로닉스대학 전기전자제어공학부

경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20

Email: cwjo@changwon.ac.kr

관심분야: 음성신호처리, 음성분석 및 합성