

The Characteristic of Voice and Speech Intelligibility After Adenotonsillectomy: Focused on Preschool Children

Su Na Park¹, Sung Jae Heo², Jin Ho Sohn^{2*}

¹ Dept. of Otorhinolaryngology, Kyungpook National University Chilgok Hospital, Speech-Language Pathologist

² Dept. of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, School of Medicine, Kyungpook National University, Professor

Purpose: This study hypothesized that changes in the anatomical structure and vocal tract after adenotonsillectomy will change voice, parental voice satisfaction, and speech intelligibility. Each factor was compared and analyzed, and the correlation between the factors was analyzed.

Methods: A total of 82 children (54 boys, 28 girls) from 4 to 7 years of age with stage 3 hypertrophy participated. Evaluation was performed before surgery and 2 months after surgery. The vowels /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ formants were analyzed to understand the change in voice. pVHI was analyzed to understand the change in parental voice satisfaction. In addition, VSA, VAI, FCR, and F2ratio, Area5 were analyzed to understand speech intelligibility.

Results: After adenotonsillectomy /a/ decreased in F1 and F3, and /e/ and /o/ decreased in F3. Thus, change in voice was observed. The score in pVHI decreased. Thus, the voice satisfaction of parents' reports increased. The speech intelligibility parameters VSA, VAI, FCR, F2ratio and Area5 show no significant differences. As a result of correlation analysis between each factor, there was a significant correlation between voice and speech intelligibility. F2/i/ and FCR, F2/u/ and F2ratio showed high negative correlation, while VSA and Area5 showed positive correlation before and after adenotonsillectomy. Before surgery, there was a high positive correlation between F2/u/ and FCR. After surgery, there was a high positive correlation between F2/e/ and VSA, F2/e/ and Area5.

Conclusions: This study is limited to 2 months after surgery. There is a possibility of a voice change after adenotonsillectomy, so it may be considered as a source of evidence to provide to children and caregivers after surgery.

Correspondence: Jin Ho Sohn, PhD

E-mail: sohnjh@knu.ac.kr

Received: June 10, 2020

Revision revised: July 04, 2020

Accepted: July 28, 2020

ORCID

Su Na Park

<https://orcid.org/0000-0002-1127-319X>

Sung Jae Heo

<https://orcid.org/0000-0002-1388-8075>

Jin Ho Sohn

<https://orcid.org/0000-0002-7447-3471>

Keywords: Adenotonsillectomy, formant, pVHI, speech intelligibility

1. 서 론

편도아데노이드수술(adenotonsillectomy)은 소아에서 흔히 시행되는 수술로써 코골이나 수면무호흡과 같은 수면장애, 구어호흡, 편도 염증, 비폐색 등의 이유로 진행되었다. 수술 후 상기 증상들은 대부분 해소되나 출혈, 감염, 음성 변화 등의 부작용이 보고되고 있다(Kim et al., 2000).

후두에서 생성된 원음은 성도를 거쳐 감으로써 개인의 특징적인 음성이 산출되는데, 편도아데노이드수술은 상후두의 해부학적 구조 및 성도의 변화를 야기 시키고 이로 인한 공명강의 용적 변화가 음성에 영향을 끼칠 수 있다. 이미 여러 연구들에 서 편도아데노이드수술과 음성과의 관계를 보고하였다.

Mora 등(2008)은 jitter, shimmer, NHR의 파라미터가 줄어

들어 음질의 향상, 과대비성의 감소, 조음의 향상을 보고하였으며, Park 등(2019)은 /아/, /이/, /우/ 각 모음에 따른 F1, F2, F3, F4를 비교 분석하고 /이/가 F2에서 유의하게 감소하여 음향학적 특성의 변화가 관찰되었다고 하였다. 공기역학적 측면에서도 연구가 진행되었는데, Liu 등(2014)은 최대발성시간이 증가하고 성문 하압이 감소되어 수술 전에 비해 힘을 덜 들이고도 음성 산출이 용이해졌다고 하였다. 반면, Chuma 등(1999)은 기본주파수, F1과 F2, 교호운동, 부모평가 등의 음성과 관련한 양적 평가를 실시하였고 /이/와 /아/가 F2에서 증가, /오/가 F1에서 감소하였으나 그 외의 모든 변수들에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았으며 편도아데노이드수술은 음성 측면에서 거의 영향을 끼치지 않는다고 해석하였다. Dimatos 등(2015)은 수술 후 1개월에 모음 /우/에서 shimmer와 NHR이 감소하였으나 수술 후 3개월에는 수술 전과 차이가 없다고 하였으며, Nam 등(1999)도 비음도가 일시적으로 증가하였으나 수술 후 2개월에는 수술 전과 차이가 없다고 하였다.

이러한 선행연구들은 편도아데노이드수술 후 발생할 수 있는

Copyright 2020 © Korean Speech-Language & Hearing Association.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

음성 변화를 수치로 표현하여 객관적인 음성평가를 실시하였고, 연구자마다 상이한 결론이 도출되었다. 따라서 객관적인 평가 외에 아동이나 부모가 느끼는 음성 변화에 대한 주관적인 평가를 함께 실시함으로써 전반적인 음성 평가에 대한 고찰이 요구되었다(Dimatos et al., 2015; Ilk et al., 2002; Mora et al., 2008; Salami et al., 2008). 또한 음성의 변화 정도가 미미하거나 거의 없다 하더라도 개인에 따라 느끼는 정도가 다르므로(Ilk et al., 2002) 아동이나 보호자가 인식하는 주관적인 음성 변화를 파악해 둘 필요가 있다.

편도아데노이드수술 후의 성도의 변화는 음성뿐만 아니라 혀의 위치 및 움직임에 영향을 주고, 조음과 연속적인 구어 산출에 영향을 끼친다(Salami et al., 2008). 편도수술 후에 말소리의 변화가 나타날 수 있음을 보고한 Hori 등(1996)은 음성의 변화와 함께 말소리의 변화를 고려해야 함을 시사한다. 하지만 음성 연구에서 이루어진 바에 의하면 말소리 연구는 상대적으로 적었고, Mora 등(2008)이 편도 수술 후 조음의 향상을 보고하였으나 이 또한 자음 위주의 오류 양상에 대한 내용 분석 위주로 진행되었다.

수술 후 성도와 공명강의 용적 변화로 인한 조음 변화를 살펴보기 위해서는 성도를 지나가는 기류가 방해받지 않고 생성되는 모음에 대한 연구도 필요하다. 모음은 성도와 혀의 위치를 고려하여 모음공간 즉, 모음운동공간을 형성하는데, 이는 말소리 명료도와 밀접한 관련이 있어 모음공간이 확장되면 말소리 명료도가 높아진다(Lee, 2010). 말소리 명료도는 화자가 한 말을 청자가 이해한 정도로 청각적 판단에 의해서 이루어지는 것이나 모음공간면적과 함께 말소리 명료도를 예표하는 네 가지 파라미터들을 이용하여 음향학적 측면에서 객관적 분석이 가능하다(Sapir et al., 2010; Sapir et al., 2011).

말소리 명료도는 구어장애가 있는 다양한 장애 영역에서 정상 화자와의 감별진단을 하는데 사용되었지만(Park et al., 2014; Shim et al., 2012; Shim et al., 2018), 최근에는 정상 아동을 대상으로 성도 길이 변화에 따른 모음공간 및 말 명료도 특성에 대한 연구도 진행되었으며(Shim et al., 2016), 편도아데노이드수술 후 성도의 변화 역시, 말소리 명료도에 영향을 끼칠 것이라고 예상할 수 있다.

따라서 본 연구는 편도아데노이드수술 전후에 음성 변화를 확인하고, 수술이 생활에 미치는 정도를 파악하기 위해 보호자의 주관적 평가인 음성만족도를 알아보았으며, 성도 면적 변화가 조음에 미치는 영향을 살펴보기 위해 말소리 명료도를 분석하였다. 나아가 위 요소들 간에 어떠한 관련성을 가지는지 살펴보고자 하였다. 각 연구문제에 대한 고찰을 통해 수술을 고려하고 있거나 수술 후의 환자와 보호자들에게 적절한 정보를 제공하고 상담이 이루어질 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

구체적인 연구문제는 다음과 같다. 편도아데노이드수술 전후에 첫째, 음성에 변화가 있는가? 둘째, 부모의 음성만족도에 변화가 있는가? 셋째, 말소리 명료도에 변화가 있는가? 넷째, 음성, 부모의 음성만족도, 말소리 명료도 간에 상관관계가 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2018년 10월부터 2020년 1월까지 대구소재 대학 병원 이비인후과에서 편도아데노이드수술을 받은 만 4~7세 아동 82명(남자 54명, 여자 28명)을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 선정 기준은 다음과 같다. 인두의 조직 변화가 클수록 음성의 변화가 두드러질 것이라는 선행연구(Ilk et al., 2002)를 참고하여 편도의 비대가 3단계 이상에 해당되며, 조음기관의 구조적 결함이나 신체적, 감각적, 신경학적 결함이 없고, 우리말 조음음운평가(Urimal Test of Articulation and Phonology: U-TAP, Kim & Shin, 2004)에서 정상 범주에 해당되는 아동이었다. 대상자들의 성별, 연령에 대한 기술통계 분석을 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Participant's information

The patient (n=82)	
Gender (boy : girl)	54 : 28
Age (year)	6.12 (1.41)

Note. Values are presented as mean (SD).

2. 자료수집

모든 검사는 수술 전과 수술 후 2개월에 실시하였다. 이비인후과 음성검사실 내 부모 참석 하에 실시하였다.

Kay Elementrics의 Computerized Speech Lab(CSL4500)의 CSL main program을 사용하여 직접 입력하였다. 마이크는 아동의 입에서 10cm 떨어진 위치에서 90도 각도로 고정하였다. 표본추출률 11,025Hz, 양자화 16bit mono 조건에서 음성을 녹음하였다. 자연스러운 발성을 위하여 각 모음 당 3회의 사전 연습을 한 뒤, /아/, /에/, /이/, /오/, /우/의 각 모음을 2회씩 5초 이상 연장발성하였다. 편도아데노이드수술 전후에 따른 부모의 만족도를 측정하기 위하여 소아음성장애지수(pediatric voice handicap index: pVHI, Park et al., 2011)를 사용하였다.

3. 자료 분석

1) 음성

/아/, /에/, /이/, /오/, /우/ 각 모음연장발성에서 포먼트가 수평이 되는 부분의 1.5초를 분석하여 F1, F2, F3을 구하였다. 모음 별 2회 반복한 값 중에서 포먼트가 더 안정적으로 관찰된 값을 통계에 적용시켰다.

2) 부모의 음성만족도

pVHI는 0점(전혀 그렇지 않다)에서 4점(항상 그렇다)까지 5점 척도로 0점부터 92점까지 산출될 수 있도록 하였으며, 점수가 높을수록 음성에 대한 만족도가 낮은 것으로 해석할 수 있다.

3) 말소리 명료도

/아/, /에/, /이/, /우/ 각 모음연장발성에서 구해진 F1과 F2를 이용하여 모음공간면적(vowel space area: VSA), 모음조음지수(vowel articulation index: VAI), 모음중앙화비율(formant centralization ratio: FCR), F2ratio(F2_{/i/}/F2_{/u/})를 구하였다(Sapir et al., 2010; Sapir et al., 2011). VSA는 /아/, /에/, /이/, /우/ 각 모음의 F1과 F2를 토대로 포먼트 값에 해당되는 꼭짓점 네 개를 선으로 이어서 만들어지는 모음사각도의 넓이를 의미한다. VAI는 조음 운동성 관련 변수로 값이 커질수록 조음 운동능력이 높은 것이고, FCR은 모음 중앙화에 최대 민감한 측정치로 모음이 중앙화 될수록 값이 커지고, 확장되면 감소한다. VAI는 FCR과 역수 관계에 있으며, 화자 간 변동성을 줄이는 방법으로 비율로 표현되도록 하였다. F2ratio는 혀의 앞뒤 움직임과 입술의 원순성과 평순성에 민감하며, 조음 움직임이 향상되면 증가한다. 모음사각도 넓이에 해당하는 VSA보다 한국어 모음공간 형태를 보다 정밀하게 표현하기 위해(Kang et al., 2010) 모음 /오/를 추가하여 모음오각도 면적을 구하였고, Area5로 표현하였다.

$$VSA=0.5[(F2_{/i/} \times F1_{/e/} + F2_{/e/} \times F1_{/a/} + F2_{/a/} \times F1_{/u/} + F2_{/u/} \times F1_{/i/}) - (F1_{/i/} \times F2_{/e/} + F1_{/e/} \times F2_{/a/} + F1_{/a/} \times F2_{/u/} + F1_{/u/} \times F2_{/i/})]$$

$$VAI=(F2_{/i/} + F1_{/a/}) / (F1_{/i/} + F1_{/u/} + F2_{/u/} + F2_{/a/})$$

$$FCR=(F2_{/u/} + 2_{/a/} + F1_{/i/} + F1_{/u/}) / (F2_{/i/} + F1_{/a/})$$

$$F2ratio=F2_{/i/} / F2_{/u/}$$

$$Area5=0.5[F1_{/e/}(F2_{/i/} - F2_{/a/}) + F1_{/i/}(F2_{/u/} - F2_{/e/}) + F1_{/u/}(F2_{/o/} - F2_{/i/}) + F1_{/o/}(F2_{/a/} - F2_{/u/}) + F1_{/a/}(F2_{/e/} - F2_{/o/})]$$

4. 자료 처리

편도아데노이드수술 전후에 따른 음성의 변화를 살펴보기 위한 /아/, /에/, /이/, /오/, /우/의 각 모음포먼트(F1, F2, F3), 부모의 음성만족도(pVHI), 말소리 명료도 다섯 가지 매개변수들(VSA, FCR, VAI, F2ratio, Area5)에서 차이가 있는지 살펴보기 위하여 대응표본 t-검정을 실시하였다. 각 파라미터들 간 상관관계를 분석하기 위해 pearson 상관분석을 시행하였고, 유의수준 .05 혹은 .01 수준에서 상관계수가 .60이상일 경우, '높은 상관관계'로 분류하였다(Seong & Shi, 2006). 모든 자료의 통

계처리는 IBM SPSS 25.0 프로그램을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 편도아데노이드수술 전과 후의 음성의 변화

편도아데노이드수술 전과 후의 /아/, /에/, /이/, /오/, /우/의 각 모음포먼트 분석에 대한 내용은 Table 2와 같다. 통계적으로 유의미한 변화를 보인 모음은 /아/, /에/, /오/였다. /아/는 F1과 F3에서 수술 전에 비해 수술 후 유의미한 감소가 있는 것으로 나타났고, /에/와 /오/는 F3에서 유의미한 감소가 있는 것으로 나타났(p<.05).

Table 2. F1, F2, F3 of /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ before and after adenotonsillectomy

		Before adenotonsillectomy		After adenotonsillectomy		t	p
		M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)		
a	F1	1173.69 (301.08)	1104.03 (159.28)	2.061*	.042		
	F2	1876.28 (312.83)	1851.88 (413.73)	.425	.671		
	F3	3764.56 (418.68)	3420.77 (589.71)	4.694*	.000		
e	F1	891.45 (207.49)	865.49 (292.92)	.651	.517		
	F2	2400.13 (368.35)	2456.22 (415.57)	-1.025	.305		
	F3	3899.08 (360.79)	3796.91 (395.76)	2.166*	.033		
i	F1	442.20 (107.76)	428.42 (60.37)	1.019	.311		
	F2	3019.21 (419.83)	3073.93 (449.02)	-.849	.374		
	F3	3962.35 (312.85)	3967.52 (324.53)	-.116	.908		
o	F1	546.04 (104.22)	543.05 (102.26)	.227	.821		
	F2	1129.78 (417.09)	1145.78 (364.86)	-.263	.793		
	F3	3700.35 (374.87)	3574.69 (454.40)	2.173*	.033		
u	F1	474.92 (97.61)	483.48 (85.62)	-.667	.507		
	F2	1263.97 (574.28)	1189.13 (310.93)	1.039	.302		
	F3	3680.51 (445.30)	3643.27 (425.74)	.653	.515		

Note. F1=first formant frequencies; F2=second formant frequencies; F3=third formant frequencies.
*p<.05

2. 편도아데노이드수술 전과 후의 부모의 음성만족도 변화

편도아데노이드수술 전과 후의 pVHI 분석에 대한 내용은 Table 3과 같다. pVHI는 수술 전에 비해 수술 후 유의미하게 감소하였다(p<.01).

Table 3. pVHI before and after adenotonsillectomy

	Before adenotonsillectomy		After adenotonsillectomy		t	p
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)		
pVHI	5.65 (7.57)	3.54 (6.03)	3.288**	.001		

Note. pVHI=pediatric voice handicap index.
**p<.01

3. 편도아데노이드수술 전과 후의 말소리 명료도의 변화

편도아데노이드수술 전과 후의 말소리 명료도 분석에 대한 내용은 Table 4와 같다. 말소리 명료도 변화는 모든 영역에서 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($p>.05$). 평균치에 대한 기술통계를 비교해 볼 때, 수술 전에 비해 FCR은 줄어들었으며, VAI와 F2 ratio는 증가하였다. VSA가 술 전에 비해 증가한 반면, Area5는 수술 전에 비해 수술 후 감소한 결과가 나타났다. VSA과 Area5의 모음공간면적을 Figure 1과 2로 표현하였다.

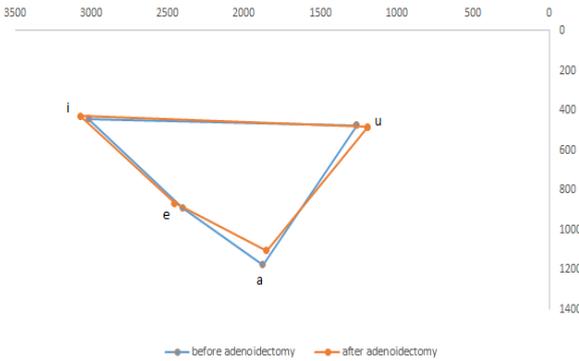


Figure 1. Vowel angle before and after adenotonsillectomy

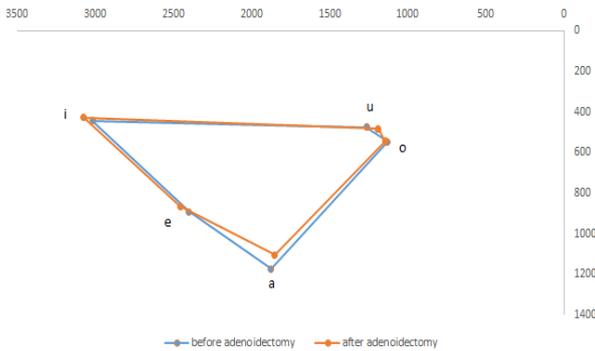


Figure 2. Vowel pentagon before and after adenotonsillectomy

4. 편도아데노이드수술 전과 후의 음성, 부모의 음성만족도, 말소리 명료도 간 상관관계

편도아데노이드수술 전과 후의 음성, 부모의 음성만족도, 말소리 명료도 간 상관관계는 Appendix 1과 2에 제시하였다. 먼저, 음성과 말소리 명료도 간의 상관관계를 살펴보면, 수술 전에는 유의한 상관을 보인 26개의 항목 중 $F2_{/a/}$ 와 FCR, $F2_{/u/}$ 와 FCR, $F2_{/y/}$ 와 F2ratio, VSA와 Area5에서만 .60이상의 상관성을 보였고, 수술 후에는 유의한 상관을 보인 23개의 항목 중 $F2_{/e/}$ 와 VSA, $F2_{/ə/}$ 와 Area5, $F2_{/i/}$ 와 FCR, $F2_{/y/}$ 와 F2ratio, VSA와 Area5에서만 .60이상의 상관성을 보였다. 이 중 $F2_{/a/}$ 와 FCR, $F2_{/u/}$ 와 F2ratio은 술 전과 술 후 동일하게 높은 부적 상관관계

를 보였고, VSA와 Area5는 높은 양적 상관관계를 보였다. 수술 전에는 $F2_{/y/}$ 와 FCR 간 높은 양적 상관관계를 보인 반면, 수술 후에는 $F2_{/e/}$ 와 VSA, $F2_{/ə/}$ 와 Area5에서 높은 양적 상관관계를 보였다. 음성과 부모의 음성만족도 간, 말소리 명료도와 부모의 음성만족도 간 상관관계에는 변수들 간에 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 4. VAS, FCR, VAI, F2ratio, Area5 before and after adenotonsillectomy

	Before	After	t	p
	adenotonsillectomy	adenotonsillectomy		
	M (SD)	M (SD)		
VSA	660937.25 (377040.24)	663666.22 (302720.65)	-.504	.957
VAI	1.05 (.19)	1.08 (.18)	-.661	.510
FCR	.98 (.21)	.95 (.18)	.782	.430
F2ratio ^a	2.64 (.78)	2.71 (.68)	-.629	.531
Area5	713243.71 (343244.36)	699600.62 (298696.67)	.726	.470

Note. VSA=vowel space area (/a/, /e/, /i/, /u/); VAI=vowel articulation index; FCR=formant centralization ratio; Area5=vowel space area (/a/, /e/, /i/, /o/, /u/).

^a F2ratio= $F2_{/a/}/F2_{/y/}$

IV. 논의 및 결론

본 연구는 편도아데노이드수술을 한 4~7세 아동에 대하여 음성, 부모의 음성만족도, 말소리 명료도 변화를 알아보기 위하여 모음포먼트를 측정하였고, pVHI와 VSA, VAI, FCR, F2ratio, Area5를 비교 분석하였다. 각 연구 문제에 따라서 아래와 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 편도아데노이드수술 전후에 따른 음성의 변화가 관찰되었다. 이는 편도아데노이드수술 후 성도 내 공명강의 용적 변화가 음성에 영향을 끼쳤음을 의미한다. 후두에서 생성된 원음은 성도를 통과하면서 특정 주파수 대역에서 공명이 되며, 공명되는 첫 번째 주파수를 F1, 두 번째 주파수를 F2, 세 번째 주파수를 F3라고 한다. 연결된 헬름홀츠 공명기(coupled Helmholtz Resonator)이론은(Helmholtz, 1954) 공명강의 용적과 포먼트 주파수의 관계를 설명하였다. 큰 용적은 낮은 주파수에서 공명하고 작은 용적은 높은 주파수에서 공명하며, 인두강의 용적이 구강의 용적보다 크기 때문에 낮은 주파수에서 공명된다고 하였다. 편도아데노이드수술 후에는 수술 전에 비해 상대적으로 인두강이 확장되어 모든 모음에서 F1의 감소가 예상되나 모음 /a/만 감소하였다. 편도수술을 진행한 7~36세를 대상으로 모음포먼트를 분석한 Lee 등(1999)의 연구에서도 F1은 낮아지고, F2는 높아질 것이라고 추측하였으나 모음 /u/에서 F1은 낮아지고, /e/에서 F2가 높아진 것 외에 변화는 관찰되지 않았다. 편도수술만으로는 음성의 변화가 미흡하거나 다른 요인이 작용하였을 수 있다고 하였다. 실제로 사람의 성도 모양은 불규칙하고 특히 아동은 성인과는 달리 편도와 아데노이드가 비대하여 제거하였을 때, 공명강의 변화가 더 가변적

일 수 있다. 또한 음성 녹음 시 화자의 발화 특징이 민감하게 반영되었을 수도 있다고 판단된다.

모음 /아/, /에/, /오/에서 F3의 감소는 Ilk 등(2002)의 선행 연구 결과와 유사하였다. Ilk 등(2002)은 편도 수술 전과 수술 후 4주에 모음 /아/, /에/, /이/, /오/ 네 개의 모음포먼트를 분석하였고, 모음 /오/에서 F3가 감소하였다. 수술 후 4주는 새로운 조직으로 대체되고 회복되어 음성의 변화가 나타날 시기가 아니라고 하였으나, 편도 크기가 3단계 이상으로 큰 경우는 음성 변화가 생길 수 있다고 하였다. 본 연구 역시 대상자의 조건 중 편도 크기를 3단계 이상으로 선정하여 모음포먼트를 분석하였고, F3에서 변화가 두드러졌다. F3는 성도 길이와 밀접한 관련이 있는 바, 편도아데노이드수술이 직접적으로 성도 길이를 증가시키지는 않았으나 성도 길이에 영향을 주었다고 판단된다.

둘째, 편도아데노이드수술 후, pVHI가 낮아졌고, 이는 부모의 음성만족도가 높아졌다는 것을 의미한다. Atan 등(2017)은 잦은 편도염으로 인해 편도수술을 한 26명의 성인을 대상으로 VHI-30을 시행하였다. 수술 전 1.96 ± 2.23 에서 술 후 1개월에는 2.53 ± 2.19 로 증가하였고, 술 후 3개월에는 다시 1.73 ± 2.27 로 감소하여 주관적 음성 평가가 편도절제술 후 초기에는 음성이 악화되었다가 장기적으로 개선되었다고 해석하였다. 또한 Chuma 등(1999)은 4~15세 아동의 부모를 대상으로 설문지를 통한 주관적 음성평가를 시행하였다. 수술 후 3주에는 32명 중 6명(19%)의 아동에게서 음도 증가가 관찰되었으며, 수술 후 3개월에는 2명만 음도 증가를 보고하였다. 편도아데노이드수술 후, 비인강의 면적이 확대되면서 비음도가 증가하여 과대비성이 관찰되었으나 수술 후 3개월에는 비폐색으로 인한 과소비성이 사라진 것 외에 변화는 없다고 하였다. 또한, 32명 중 26명(72%)은 수술 전에 비해 보다 음성이 명료해졌다고 하였으며, 전반적으로 수술 결과에 대해 만족한다고 하여 본 연구 결과를 지지하였다.

셋째, 편도아데노이드수술 전후로 말소리 명료도의 변화는 관찰되지 않았다. 이는 편도아데노이드수술 후의 성도 내 공명강의 용적 변화가 말소리 명료도에 영향을 끼치지 않았음을 의미한다. Mora(2008) 등은 편도 수술을 받은 18~60세 남자 40명을 대상으로 그림 이음대기를 통한 조음검사를 실시하였다. 수술 전 /r, s, l, d, t/를 발음할 때에 혀끝이 앞니와 입술 사이에 위치하여 왜곡이 관찰되었고, /sch/를 발음할 때에는 충분한 마찰 없이 발음하여 왜곡이 관찰되었다. 수술 후에는 모든 음소에서 조음정확도가 100%로 평가되었다고 하였다. 수술 전에 관찰된 음소 왜곡은 편도 비대로 인해 성도가 좁아져 기류의 흐름이 방해받았기 때문이라고 하였다. 편도아데노이드수술로 구인두의 공간이 확장되고 수술 전에 비해 혀가 움직일 수 있는 공간이 넓어지게 되면서 조음 오류 현상은 사라졌다고 하였다. Heffernan과 Rafferty(2010)도 편도 비대는 혀를 전방화 시켜서 /k/, /g/, /ŋ/를 발음할 때에 조음 방법은 같으나 위치만 다른 소리들인 /t/, /d/, /n/로의 대치가 관찰된다고 하였다. 이는 편도 비대가 혀의 뒤쪽 일부의 공간을 차지하게 되어 상대적으로 혀를 전방화 시킨다고 하였다.

보고된 선행연구들에서 편도수술 후의 조음정확도 향상이 관찰되었으나 본 연구에서는 의미 있는 변화가 관찰되지 않았다. 선행연구와의 차이점으로 우선, 연구대상 선정에서의 차이를 들 수 있다. 선행연구는 조음정확도에 대한 전제 조건 없이 편도수술을 받은 성인을 대상으로 진행되었기 때문에 수술 전의 조음 오류에 대한 사전 분석이 이루어지지 않은 상태에서 진행되었던 반면, 본 연구는 발음검사에서 정상 범주에 있는 아동을 대상으로 선정하였기 때문에 수술 전에 특징적인 조음 오류가 관찰되는 경우는 드물었다. 따라서 선행연구들처럼 수술 후의 두드러진 조음정확도 향상이 관찰되지는 않았다. 두 번째, 선행연구들은 자음을 분석한 반면, 본 연구는 모음을 분석하였다는 것에 차이가 있다. 모음은 성대에서 생성된 기류가 성도를 지나면서 아무런 방해받지 않고 산출되는 소리로, 모음의 특성을 나타내는 포먼트 주파수를 분석함으로써 성도 변화로 인한 공명강의 용적 변화가 혀의 움직임과 운동공간에 어떠한 영향을 끼치는지 순수하게 파악할 수 있었다.

말소리 명료도 파라미터들의 유의미한 변화는 관찰되지 않았지만 기술통계상, 혀의 운동능력과 움직임이 향상되었으며, 혀가 중앙화에 머물러 있지 않고 확산되었다. 하지만 모음공간면적은 모음사각도로 분석하였으나 모음오각도로 분석하였느냐에 따라 결과가 다르게 산출되었다. 모음사각도(/아/, /에/, /이/, /우/)로 분석하였을 때는 수술 전에 비해 모음공간면적이 확장되었으나 모음오각도(/아/, /에/, /이/, /오/, /우/)로 분석하였을 때는 수술 전에 비해 면적이 줄어들었다. 후설모음에 해당하는 /오/와 /우/ 모두 수술 후 후방화를 예상하였으나 상이한 결론이 도출되었다. /우/는 수술 전에 비해 수술 후 후방화 하여 모음공간면적을 확장시키는 역할을 하였지만 /오/는 상대적으로 전방화 하여 모음공간면적 확대를 야기 시키지 못하였다. 편도아데노이드수술 후, 인두강 면적 확대에 의한 혀의 전방화가 모음 /오/에도 적용이 되어 F2가 커짐으로써 전체적인 모음공간면적을 줄여들게 만들었을 가능성이 있다고 판단된다.

넷째, 측정 변인 간의 상관성 비교 결과, 수술 전후에 따른 변화 없이 높은 상관관계를 가진 항목은 $F2_{/o/}$ 와 FCR, $F2_{/u/}$ 와 $F2_{ratio}$, VSA와 Area5였다. 먼저 $F2_{/o/}$ 와 FCR을 보면, F2는 혀의 위치에 대한 정보를 제공해 주며, 혀가 전방화 될수록 높아진다. 모음 /이/는 대표적인 전설고모음으로 모음 중 F2값이 가장 크다. FCR은 혀가 중앙화 될 때, 값이 커지며, $F2_{/o/}$ 와 FCR이 음의 상관관계를 나타내는 것은 당연하다. 다음으로 $F2_{/u/}$ 와 $F2_{ratio}$ 의 상관성을 분석해 보면, 모음 /우/는 원순 후설고모음으로 혀가 뒤에 위치하고 F2값이 낮다. $F2_{ratio}$ 는 $F2_{/o/}$ 에서 $F2_{/u/}$ 를 나눈 값으로 $F2_{/u/}$ 의 값이 커질수록 $F2_{ratio}$ 는 작아지게 됨으로 두 파라미터 간에 음의 상관관계를 나타내는 것은 예상한 바와 같다. 또한 모음사각도의 공간이 확장될수록 모음오각도의 공간이 확장되는 것 역시 예상할 수 있는 바이다.

보다 관심 있게 살펴볼 점은 수술 전에 $F2_{/u/}$ 와 FCR의 상관성이 높았던 반면, 수술 후에는 $F2_{/e/}$ 와 VSA, $F2_{/e/}$ 와 Area5의 상관성이 높아졌다는 점이다. 수술 전의 $F2_{/u/}$ 와 FCR의 관계에서 $F2_{/u/}$ 의 값이 커진다면 혀가 전방화 되어 중앙화에 가까워

침으로 FCR과 밀접한 관련이 있을 것이다. 수술 후에는 두 변인 간의 상관관계가 .60 이상은 아니었지만 수술 전과 후의 차이가 .10 이하의 근소한 차이를 보였다. 수술 후에는 F2_{/에/}와 VSA, F2_{/에/}와 Area5 간에 높은 상관성을 보였는데, 모음공간면적을 형성하는 /아/, /이/, /우/, /에/, /오/ 중에서 모음 /에/가 모음공간 면적을 넓히는 주요 요인이 된다고 해석할 수 있다. 또한 /에/ 발화 시, 수술 전에 비해 혀가 두드러지게 전방화 되었음을 의미한다.

Chuma 등(1999)은 모음 /아/, /이/, /오/의 포먼트 분석을 한 결과, 수술 후 /이/와 /아/가 F2에서 증가하였고, /오/는 F1에서 감소하였다고 하였다. Jacobson 등(1969, as recited in Chuma et al., 1999)의 변별자질 이론(distinctive theory)과 관련지어 모음 /이/의 변화에만 의미 있는 해석을 하였다. 모음 /이/가 다른 모음들에 비해 상대적으로 분산되어 혀의 위치가 더 높고 더 앞으로 진전되었다고 하였다. 본 연구에서는 모음 /이/의 의미 있는 변화가 관찰되지 않았으나 조음위치가 인접한 /에/에서 선행연구와 유사한 결과가 나타났다.

편도아데노이드수술은 소아에서 흔히 시행되는 수술로서 음성과 말소리 명료도가 변화할 것이라는 가정 하에 본 연구를 진행하였다. 수술 후, 해부학적 구조 및 성도의 변화로 인해 음향학적 파라미터들에서 변화가 관찰되었고 부모의 음성만족도가 향상되어 음성이 변화하였다고 해석할 수 있으나 말소리 명료도 파라미터들은 수술 전후에 따른 변화가 관찰되지 않았다. 이는 아동이나 보호자에게 제공할 수 있는 근거 자료가 될 것으로 생각되나 수술 후 2개월에 국한된 결과이다. 주위 조직의 손상으로 인한 반흔(scar)이 완성되는 데까지 걸리는 시간은 약 6개월 이상으로 장기적인 관찰 및 연구가 필요하다고 생각된다.

또한 본 연구에서는 말소리 명료도를 평가할 때, 주관적으로 아동의 말소리를 듣고 평가하는 과정 없이 음향학적 파라미터들만 분석을 진행하여 선행 연구들과의 비교 분석에 어려움이 있었다. 따라서 이러한 제한점을 보완하여 후속 연구에서는 말소리 명료도평가 시, 조음과 음성의 총체적인 관점에서 실시하고 평가자 간/내 분석을 통해 연구의 신뢰성을 높여야 할 것으로 사료된다.

Reference

Atan, D., Apaydın, E., Özcan, K. M., İkinçioğulları, A., Çetin, M. A., & Dere, H. (2017). Does tonsillectomy affect voice in early or late postoperative periods in adults? *Journal of Voice*, 31(1), 131-e5. doi:10.1016/j.jvoice.2015.11.023

Chuma, A. V., Cacace, A. T., Rosen, R., Feustel, P., & Koltai, P. J. (1999). Effects of tonsillectomy and/or adenoidectomy on vocal function: Laryngeal, supralaryngeal and perceptual characteristics. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 47(1), 1-9. doi:10.1016/S0165-5876(98)00162-1

Dimatos, S. C., Neves, L. R., Beltrame, J. M., Azevedo, R. R., & Pignatari, S. S. N. (2016). Impact of adenotonsillectomy on vocal emission

in children. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 82(2), 151-158. doi:10.1016/j.bjorl.2015.11.005

Heffernan, C. B., & Rafferty, M. A. (2011). Effect of tonsillectomy on the adult voice. *Journal of Voice*, 25(4), e207-e210. doi:10.1016/j.jvoice.2010.05.006

Helmholtz, H. V. (1954). *On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music* (A. J. Ellis, Trans.). New York: Doyer.

Hori, Y., Koike, Y., Ohya, G., Otsu, S. Y., & Abe, K. (1996). Effects of tonsillectomy on articulation. *Acta oto-laryngologica, Supplementum*, 523, 248-251.

Ilk, H. G., Eroğul, O., Satar, B., & Ozkaptan, Y. (2002). Effects of tonsillectomy on speech spectrum. *Journal of Voice*, 16(4), 580-586.

Kang, Y., Yoon, K. C., Lee, H. S., & Seong, C. J. (2010). A comparison of parameters of acoustic vowel space in patients with Parkinson's disease. *Phonetics and Speech Sciences*, 2(4), 185-192.

Kim, Y. T., & Shin, M. J. (2004). *Urimal Test of Articulation and Phonology* (U-TAP). Seoul: Hakjisa.

Kim, I. T., Song, S. Y., Chang, K. H., Jeon, J. H., & Kim, H. J. (2000). The effect of tonsillectomy and adenoidectomy on nasality in children. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 43(6), 615-619.

Lee, O. B. (2010). Speech intelligibility and vowel space. *Cogito*, 68, 7-26. uci:G704-SER000011366.2010.68.011

Liu, X., Zheng, Y., Tian, P., Yang, J., & Zou, H. (2015). The impact of tonsillectomy with or without adenoidectomy on voice: Acoustic and aerodynamic assessments. *Journal of Voice*, 29(3), 346-348. doi:10.1016/j.jvoice.2014.08.014

Mora, R., Jankowska, B., Mora, F., Crippa, B., Dellepiane, M., & Salami, A. (2009). Effects of tonsillectomy on speech and voice. *Journal of Voice*, 23(5), 614-618. doi:10.1016/j.jvoice.2008.01.008

Nam, S. Y., Suh, S. B., & Chang, Y. (1999). The effect of tonsillectomy and adenoidectomy on nasality. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 42(3), 354-357.

Park, G. H., Kwon, S. B., Koh, T. K., Koo, S. K., Lee, S. H., Lee, H. B., & Ji, C. L. (2019). The effect of adenotonsillectomy on Korean children's voice. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 62(11), 637-641. doi:10.3342/kjorl-hns.2019.00178

Park, H., & Huh, M. (2014). Vowel space area and speech intelligibility of children with cochlear implants. *Phonetics and Speech Sciences*, 6(2), 89-96. doi:10.13064/KSSS.2014.6.2.089

Park, S. S., Choi, S. H., Hong, Y. H., Jeong, N. G., Sung, M. W., Kim, K. H., & Kwon, T. K. (2011). Pediatric voice handicap index-Korean (pVHI-K): A pilot study for standardization. *The Journal of the Korean Society of Logopedics and Phoniatrics*, 22(2), 137-142.

Salami, A., Jankowska, B., Dellepiane, M., Crippa, B., & Mora, R.

- (2008). The impact of tonsillectomy with or without adenoidectomy on speech and voice. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72(9), 1377-1384. doi:10.1016/j.ijporl.2008.05.019
- Sapir, S., Ramig, L. O., Spielman, J. L., & Fox, C. (2010). Formant centralization ratio: A proposal for a new acoustic measure of dysarthric speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(1), 114-125. doi:10.1044/1092-4388(2009)08-0184
- Sapir, S., Ramig, L. O., Spielman, J., & Fox, C. (2011). *Acoustic metrics of vowel articulation in Parkinson's disease: Vowel space area (VSA) vs. vowel articulation index (VAI)*. In Seventh International Workshop on Models and Analysis of Vocal Emissions for Biomedical Applications, Italy, Florence.
- Seong, T. J., & Shi, K. J. (2006). *Research methodology*. Seoul: Hakjisa.
- Shim, H. J., Lee, H. J., & Seo, C. W. (2018). The effect of articulation therapy using visual phonics to improve the speech intelligibility and vowel space of children with impaired hearing. *Phonetics and Speech Sciences*, 10(2), 85-96. doi:10.13064/KSSS.2018.10.2.085
- Shim, H. J., Park, W. K., & Ko, D. H. (2012). A comparison of parameters of acoustic vowel space in patient with Parkinson's disease. *Phonetics and Speech Science*, 4(3), 161-169. uci:G704-SER000000671.2012.4.3.003
- Sim, H. Y., Choi, C. H., & Choi, S. H. (2016). Characteristics of vowel formants, vowel space, and speech intelligibility produced by children Aged 3-6 years. *Audiology and Speech Research*, 12(4), 260-268. doi:10.21848/asr.2016.12.4.260

Appendix 1. Correlation between voice, parental voice satisfaction and speech intelligibility before adenotonsillectomy

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1																						
2	.077																					
3	-.048	-.038																				
4	.181	.075	.453***																			
5	.019	-.027	.422***	.481***																		
6	.297**	.110	-.010	.019	.019																	
7	-.089	.322**	-.040	-.283*	-.214	-.077																
8	.032	.162	-.147	-.047	-.081	-.017	.345**															
9	-.118	.371**	-.066	.221	.006	.060	.025	.047														
10	-.081	-.067	-.027	-.037	.121	-.006	-.050	.102	-.013													
11	.200	.101	-.027	-.017	-.047	.186	.002	.126	-.083	-.069												
12	.115	.194	.023	-.012	-.013	.196	.526***	.401***	.084	.128	.328**											
13	.037	.117	-.066	.054	.132	.096	.163	.709***	.024	.209	.156	.352**										
14	-.111	.287**	-.036	.027	-.035	.058	.124	.360**	.272*	.097	.193	.293**	.285**									
15	.124	-.057	-.114	-.202	.117	.050	-.040	.154	-.122	.271*	.278*	.131	.254*	.352**								
16	.483***	.443**	-.323**	-.163	-.401***	-.005	.497***	.332**	.066	-.558***	.171	.267	.110	.081	-.056							
17	.320**	.085	-.305**	-.121	-.368**	-.310**	.238*	.526***	-.060	-.577***	.132	.096	.238*	.073	-.030	.801***						
18	-.159	-.152	.203	.055	.272*	.316**	-.298***	-.607***	.013	.607***	-.138	-.147	-.264*	-.159	.092	-.740***	-.947***					
19	.042	.027	-.132	-.135	-.335**	-.052	.227*	.453***	-.070	-.726***	.119	.082	.239*	.062	-.081	.627***	.824***	-.828***				
20	.079	-.039	-.010	-.043	-.037	.034	.102	-.001	-.089	.013	.124	.022	-.062	.085	.035	.068	.008	-.016	-.016			
21	.557***	.350***	-.333***	-.234	-.427***	0.000	.540***	.407***	-.279	-.178	.177	.348**	.199	.051	.077	.849***	.554***	-.561***	.403***	.140		

Note. 1=F1/아/; 2=F1/에/; 3=F1/이/; 4=F1/오/; 5=F1/우/; 6=F2/아/; 7=F2/에/; 8=F2/이/; 9=F2/오/; 10=F2/우/; 11=F3/아/; 12=F3/에/; 13=F3/이/; 14=F3/오/; 15=F3/우/; 16=VSA; 17=VAI; 18=FCR; 19=F2ratio; 20=VHI; 21=Area5.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Appendix 2. Correlation between voice, parental voice satisfaction and speech intelligibility after adenotonsillectomy

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1																						
2	.102																					
3	.045	.037																				
4	.096	.092	.250*																			
5	.189	.139	.285**	.452***																		
6	.556***	.022	.088	.094	.108																	
7	.459***	.279*	.001	.097	.107	.312**																
8	.224*	-.123	.116	.140	.073	.147	.219*															
9	.042	.143	.127	.325**	.136	.112	-.031	.103														
10	.133	.104	-.042	.095	.393***	.275*	.085	-.023	.111													
11	.350**	-.058	.108	.017	.051	.159	.189	.109	.050	.151												
12	.479***	.276*	.135	.136	.185	.299**	.817***	.306**	.023	.111	.323**											
13	.097	-.073	.119	.207	.026	.148	.117	.611***	.138	.085	.230*	.228*										
14	.278*	.244*	.117	.216	.052	.162	.255*	.085	.450***	.049	.137	.371**	.146									
15	.275*	.345**	.042	-.092	.070	.074	.107	.032	-.183	.210	.226*	.245*	.027	.195								
16	.442***	.323**	-.227*	-.042	-.182	.007	.707***	.406**	-.011	-.358**	.099	.590***	.142	.220*	.092							
17	-.060	-.164	-.165	-.086	-.348**	-.508***	-.018	.587***	-.093	-.575***	-.084	.009	.249*	-.043	-.073	.540***						
18	.023	.180	.104	.063	.262**	.471***	.001	-.636***	.072	.588**	.047	-.040	-.274*	.043	.108	-.536***	-.971***					
19	.026	-.184	.141	-.041	-.402***	-.144	.050	.578***	-.023	-.758***	-.027	.098	.261*	.051	-.099	.493***	.809***	-.812***				
20	.128	.066	.090	-.103	-.111	.153	.009	.093	.068	.108	.101	.046	.154	.094	.042	.011	-.042	.032	.019			
21	.432***	.265**	-.310*	-.084	-.208	.063	.723***	.364**	.341**	.085	.114	.581**	.133	.101	.185	.896***	.404***	-.385**	-.283**	.041**		

Note. 1=F1/아/; 2=F1/에/; 3=F1/이/; 4=F1/오/; 5=F1/우/; 6=F2/아/; 7=F2/에/; 8=F2/이/; 9=F2/오/; 10=F2/우/; 11=F3/아/; 12=F3/에/; 13=F3/이/; 14=F3/오/; 15=F3/우/; 16=VSA; 17=VAI; 18=FCR; 19=F2ratio; 20=VHI; 21=Area5.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

편도아데노이드수술 후 음성과 말소리 명료도 특성: 취학 전 아동을 중심으로

박수나¹, 허성재², 손진호^{2*}

¹ 칠곡경북대학교병원 이비인후과 언어치료사

² 경북대학교병원 의과대학 이비인후-두경부외과학교실 교수

목적: 본 연구는 편도아데노이드수술 후 상후두의 해부학적 구조 및 성도의 변화로 인해 음성, 부모의 음성만족도, 말소리 명료도가 변화할 것이라는 가정 하에 진행되었다. 각 요인들을 비교하고 요인들 간 상관관계를 분석하였다.

방법: 편도 비대가 3단계 이상의 4-7세 아동 82명(남자 54명, 여자 28명)을 대상으로 수술 전과 수술 후 2개월에 평가를 진행하였다. 음성의 변화는 모음 /아/, /에/, /이/, /오/, /우/ 포먼트를 분석하였고, 음성만족도는 부모를 대상으로 pVHI를 시행하였다. 또한 말소리 명료도를 파악하기 위하여 VSA, VAI, FCR, F2ratio, Area5를 구하였다.

결과: 편도아데노이드수술 후, /아/는 F1과 F3에서 감소하였고, /에/와 /오/는 F3에서 감소하였으며 음성의 변화가 관찰되었다. pVHI에서 점수가 낮아져 부모 보고의 음성만족도가 높아졌다. 말소리 명료도 매개변수 VSA, VAI, FCR, F2ratio, Area5는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 각 요인들 간 상관관계 분석 결과, 음성과 말소리 명료도 간 유의미한 상관관계가 나타났다. 수술 전과 수술 후에는 F2/이/와 FCR, F2/우/와 F2ratio에서 모두 높은 음의 상관관계를 보였고, VSA와 Area5는 높은 양의 상관관계를 보였다. 수술 전에는 F2/우/와 FCR에서 높은 양의 상관관계를 보였고, 수술 후에는 F2/에/와 VSA, F2/에/와 Area5에서 높은 양의 상관관계를 보였다.

결론: 본 연구는 수술 후 2개월에 국한된 결과이나 편도아데노이드수술 후 음성의 변화 가능성이 있으니 수술을 고려하고 있거나 수술 후 아동과 보호자에게 제공할 수 있는 근거 자료가 될 수 있을 것이다.

교신저자: 손진호(경북대학교병원 의과대학)

전자메일: sohnjh@knu.ac.kr

게재신청일: 2020. 06. 10

수정제출일: 2020. 07. 04

게재확정일: 2020. 07. 28

ORCID

박수나

<https://orcid.org/0000-0002-1127-319X>

허성재

<https://orcid.org/0000-0002-1388-8075>

손진호

<https://orcid.org/0000-0002-7447-3471>

검색어: 편도아데노이드수술, 포먼트, 소아음성장애지수, 말소리 명료도

참고 문헌

- 강영애, 윤규철, 이학승, 성철재 (2010). 파킨슨병 환자의 음향 모음 공간 파라미터 비교. **말소리와 음성과학**, 2(4), 185-192.
- 김영태, 신문자 (2004). **우리말 조음·음운 평가**. 서울: 학지사.
- 김익태, 송상운, 장기현, 전진형, 김형중 (2000). 소아에서 편도 및 아데노이드 적출술 후 비음도의 변화. **대한이비인후과학회지**, 43, 615-619.
- 남순열, 서석범, 장영 (1999). 편도 및 아데노이드적출술이 비음도에 미치는 영향. **대한이비인후과학회지**, 42, 354-357.
- 박성신, 최성희, 홍영혜, 정년기, 성명훈, 김광현, 권택균 (2011). 한국어 판 소아음성장애지수(pVHI-K: Pediatric Voice Handicap Index-Korean): 표준화를 위한 예비연구. **대한음성언어의학회지**, 22(2), 137-142.
- 박혜미, 허명진 (2014). 인공와우이식 아동의 모음공간면적과 말명료도. **말소리와 음성과학**, 6(2), 89-96.
- 성태제, 시기자 (2006). **연구방법론**. 서울: 학지사.
- 심화영, 최철희, 최성희 (2016). 만 3-6세 아동의 모음 포먼트, 모음 공간 및 말 명료도 특성. **한국청각언어재활학회지**, 12(4), 260-268.
- 심희정, 박원경, 고도홍 (2012). 파킨슨병 환자의 말 명료도와 모음 공간 특성. **말소리와 음성과학**, 4(3), 161-169.
- 심희정, 이효주, 서창원 (2018). 비주얼파닉스를 활용한 조음장애가 청각 장애아동의 말 명료도와 모음공간에 미치는 영향. **말소리와 음성과학**, 10(2), 85-96.
- 이옥분 (2010). 말소리 명료도와 모음공간면적의 상관성. **코기토**, 68, 7-26.