

비폐색 부위에 따른 비강자음의 음향학적 특성 및 비음도의 변화

성균관대학교 의과대학 이비인후과학교실, 삼성서울병원
손영익 · 정유석 · 이은경 · 정원호

= Abstract =

Acoustic Characteristics of Nasal Consonants and the Change of Nasalance according to the Sites of Nasal Obstruction

Young-Ik Son, M.D., Yoo-Seok Jung, M.D.,
Eun-Kyung Lee, Won-Ho Chung, M.D.

*Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine,
Sungkyunkwan University, Samsung Medical Center, Seoul, Korea*

Nasal sounds include nasalized vowels and consonants. Nasal cavity is important for the acoustics of nasal sounds. Evaluating the effects of site-specific nasal obstruction on nasal sound will help us to understand the importance of nasal geometry for the nasal sound and to foretell voice change after nasal surgery.

This study was designed to analyze the change of nasality and formant characteristics of nasal sound by obstructing different sites around the ostiomeatal unit(OMU).

Ten adult male and female volunteers participated. The nasal formants and bandwidths of nasal consonant /n/ were checked in various conditions of nasal obstruction. The nasalance of rabbit, baby, and mama passages were compared in each conditions.

Nasalance of all passages decreased when anterior portion of OMU was obstructed. Center frequency of first nasal formant(NF1) of /n/ has decreased in the order of anterior, inferior obstruction. The bandwidth of NF1 decreased in female with anterior obstruction.

Anterior portion of OMU is most critical to the change of nasality and acoustics of nasal consonant. When anterior portion of OMU is obstructed, the shift of NF1 to a lower frequency and the narrowing of NF1 bandwidth are the major acoustic changes of nasal consonant /n/.

KEY WORDS : Nasal obstruction · Nasalance · Formant.

서 론

비강음이란 발성시 음성 에너지가 일부 또는 전부 비

강내로 전해지면서 공명되어 나는 소리이다. 비강음은 비강의 길이나 비강내의 구조, 또는 부비동의 개폐여부에 민감하게 변화하게 되는데, 감기에 걸렸거나 비강내 용종증이 있는 경우 누구나 쉽게 목소리의 변화를

인지하는 것이 그 좋은 예이다. 최근 홍¹⁾ 등이 다발성 비음 수술 전후의 비강음의 변화에 대한 연구에서, 수술 후 비음도가 정상적으로 회복되고, 비강자음의 제1 비음형태의 의미있는 감소등을 보고하여, 비폐색 여부에 따른 비음의 음향학적인 변화에 대한 이해에 많은 도움이 된 바 있다. 하지만 비강내 병변의 부위나 위치에 따른 비음도의 변화나 음향학적인 변화에 대한 보고는 찾아 보기가 쉽지 않다.

비폐색 부위에 따른 비음도(nasality)의 변화정도를 파악하는 것은 부비동염이나 비강내 용종, 비강종물 등의 수술 이후의 음성변화 정도를 예측하거나, 변화된 비음으로 인지하는데 중요한 영향을 주는 부위를 예측하는 데에 도움이 될 수 있으리라 기대된다.

이에 저자들은 동일한 부피를 갖는 물질로 인위적으로 비강내의 특정부위들의 비폐색을 유발하여, 폐색부위에 따르는 비음도의 변화 정도와 치조비강자음 /L/의 음향학적인 변화를 측정함으로써 어느 부위의 폐색에서 가장 뚜렷한 변화가 일어나는지, 어떠한 음향학적인 변화가 주로 나타나게 되는지 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

이비인후과적 이학적 검사상 비강구조 및 성대에 음

성에 영향을 줄만한 특이소견이 없는 20~30대의 성인 남녀 각 10명을 대상으로 하였다.

1. 비음형태 측정

비음형태의 측정을 위하여, CSL™, model 4300B (KAY Elemetrics Corp., USA)를 사용하였으며, /나/의 발성을 3회 연속 발성하게 한 뒤, 48000Hz로 sampling하였다. 모음사이의 /L/중 안정된 spectrogram을 보이는 nasal murmur 부위를 선택하여 12000Hz로 down-sampling한 뒤, 선택된 구간의 제 1, 2, 3비음형태의 중심주파수와 bandwidth의 평균값을 측정하였으며, 남녀별로 분리하여 paired *t*-test로 비교 분석하였다.

2. 비음도 측정

비음도의 측정을 위하여 Nasometer™, model 6200-3(KAY Elemetrics Corp.,USA)를 사용하였으며, 표준비음비율이 알려져 있는 아래와 같은 3종류의 문장들을 읽게 하여, 문장별 비음도값을 측정하였고, 남녀를 합한 20명에 대하여 비폐색 전후를 paired *t*-test를 이용 비교하였다.

1) Rabbit passage(표준 비음비율 : 17.4%)

거북이와 토끼의 달리기 이야기죠 토끼가 자기하고

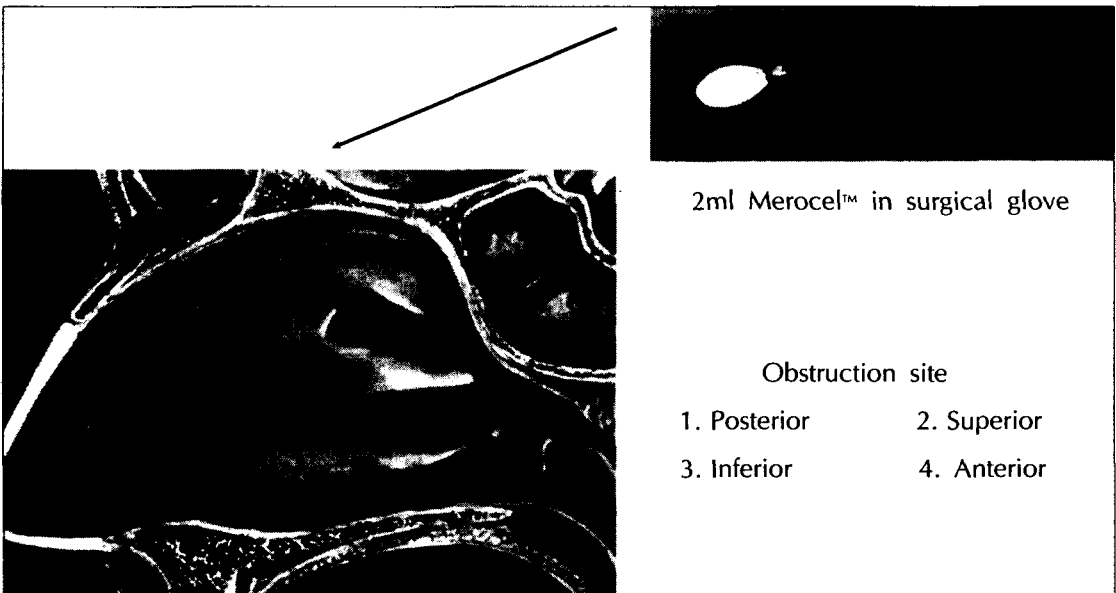


Fig. 1. Four different sites around the ostiomeatal unit was alternatively obstructed with 2ml volumetric material which made of Merocel™ put in surgical glove(right upper small figure).

달리기 시합하자고 크게 소리치자 거북이가 그러자고 했어요

결 과

2) Baby passage(표준 비음비율 : 32.6%)

아기가 엄마품에 잠들어 있을까요 우리 아기 예쁜 아기 새근새근 잠자요

3) Mama passage(표준 비음비율 : 54.7%)

엄마는 항상 레몬잼을 만들어 이모랑 누나랑 나누어 줍니다. 우리 엄마 좋은 엄마

3. 비폐색 유발

수술용장갑에 Merocel™을 넣어 2ml의 부피를 갖도록 한 뒤 ostiomeatal unit(OMU)을 중심으로 전후상하 4부위에 위치시켜, 각각의 조건에서 비음형태 및 비음도를 측정하여 비폐색 유발전의 조건과 비교하였다(Fig. 1).

1. 비음형태 측정

비폐색을 유발시키지 않은 조건에서, /나나/라고 발성된 중간부위 치조비강자음 /n/의 제1비음형태는 남성에서는 301Hz, 여성에서는 352Hz이었다. 비폐색 후 대부분의 모든 조건에서 제1비음형태 및 제2비음형태의 중심주파수가 감소되는 경향을 관찰할 수 있었으며, 통계적으로는 남성에게서는 OMU의 하방부위와 전방부위를 폐색시킨 경우에 각각 264Hz 및 255Hz로 의미 있는 감소를 나타내었으며, 여성에게서는 전방부위의 폐색에서 277Hz로 역시 의미있는 감소의 소견을 관찰할 수 있었다. 후방이나 상방의 비폐색은 상대적으로 제1비음형태의 변화에 적은 영향을 주었으며, 하방에 비

Table 1. Nasal formants of /n/ on the midportion of /nana/ phonation. Values are obtained before and after obstructing four different sites around the ostiomeatal unit, which are expressed as mean±standard deviation in hertz(Hz)

		Obstruction sites				
		Before	Posterior	Superior	Inferior	Anterior
Male	NF1*	301±59	288±52	305±65	264±28[§]	255±60[§]
	NF2 [†]	1515±184	1460±215	1405±178	1429±324	1354±176
	NF3 [‡]	2585±147	2519±183	2569±139	2597±193	2626±130
Female	NF1*	352±60	333±53	334±53	312±78	277±55[§]
	NF2 [†]	1837±574	1761±376	1808±361	1651±457	1716±382
	NF3 [‡]	2724±355	2938±298	2731±972	2850±356	2891±220

*NF1 : the first nasal formant.

[†]NF2 : the second nasal formant.

[‡]NF3 : the third nasal formant.

[§]Significant change was found in NF1 after obstruction of anterior and inferior sites in male, and anterior site in female($p < 0.05$).

Table 2. Bandwidths of the nasal formant /n/ on the midportion of /nana/ phonation. Values are obtained before and after obstructing four different sites around the ostiomeatal unit, which are expressed as mean±standard deviation in hertz(Hz)

		Obstruction sites				
		Before	Posterior	Superior	Inferior	Anterior
Male	B1*	89.5 ± 45.6	77.7 ± 40.6	94.3 ± 44.4	78.1 ± 36.7	75.7 ± 41.2
	B2 [†]	339.1 ± 169.4	276.4 ± 135.3	401.7 ± 137.2	362.1 ± 149.6	347.4 ± 157.5
	B3 [‡]	197.0 ± 77.4	276.8 ± 104.5	251.5 ± 124.9	212.3 ± 151.1	158.2 ± 77.2
Female	B1*	83.3 ± 44.0	65.0 ± 22.3	72.0 ± 22.9	64.7 ± 12.7	54.2 ± 11.9 [§]
	B2 [†]	272.9 ± 184.8	144.3 ± 83.2	666.5 ± 974.9	293.9 ± 229.8	255.5 ± 126.0
	B3 [‡]	243.8 ± 59.9	330.6 ± 172.4	244.6 ± 139.2	279.5 ± 172.4	248.2 ± 159.5

*B1 : the first bandwidth.

[†]B2 : the second bandwidth.

[‡]B3 : the third bandwidth.

[§]Significant change was found in B1 after obstruction of anterior site in female($p < 0.05$).

Table 3. Nasalance of rabbit, baby, and mama passage. Values are obtained before and after obstructing four different sites around the ostiomeatal unit, which are expressed as mean±standard deviation in percent(%)

	Rabbit	Baby	Mama
Before	16.9±6.7	34.8±6.8	52.4± 5.0
Posterior	15.9±7.9	34.1±7.7	53.0± 5.6
Superior	15.5±6.6	33.8±6.3	52.0± 5.5
Inferior	17.6±8.4	33.6±8.5	50.3± 9.5
Anterior	13.6±6.2*	29.6±6.8*	44.5±11.1*

*Significant changes were found after anterior obstruction in all passages ($p < 0.05$).

하여 전방부위의 비폐색을 유발한 경우가 통계적으로도 의미있는 차이를 나타낼을 알 수 있었다(Table 1).

제 1 비음형대의 bandwidth는 남성에게서는 폐색전 89Hz에서 폐색 후 75~94Hz로 의미있는 변화가 없었으나, 여성에서는 폐색전 83Hz에서 폐색 후 모든 조건에서 감소되는 경향이 보였으며, 특히 전방부위의 폐색의 경우 54Hz로 폐색전이나 상방부위, 하방부위의 폐색 조건에 비하여 의미있게 감소되는 소견을 관찰할 수 있었다(Table 2).

2. 비음도 측정

폐색유발 전에 측정한 비음도는 rabbit, baby, mama 문장에서 각각 16.9%, 34.8%, 52.4% 이었으며, 전방부위 폐색의 경우에는 통계적으로 유의한 감소를 나타내어 각각 13.6%, 29.6%, 44.5% 이었으나, 기타 부위의 폐색에서는 의미있는 정도의 감소는 관찰되지 않았다(Table 3).

고 찰

비강음이란 발생시 음성 에너지가 비강내로 전해지면서 공명되어 나는 소리로서 비강자음과 비강모음으로 나눌 수 있다. 구강모음을 비음화시켜 발생하는 경우, 해부학적으로는 연구개의 위치가 하강되어 구개인두폐쇄가 일부 열리게 되며, 음향학적으로는 주로 제 1 음형대가 아주 낮은 주파수대(250~300Hz)에서 형성되고, 음형대의 peak가 넓어지거나 편평해진다. 비강자음의 경우 음성에너지의 대부분이 비강으로 전달되어 비강의 공명을 거치게 되며, 비강자음의 음향학적인 특성은 스펙트럼 상에서 첫번째 음형대에 해당하는

300Hz 근처에서만 진폭이 큰 peak가 형성되고, 이후의 음형대는 bandwidth가 넓고 매우 낮은 진폭을 갖는 작은 여러 개의 peak를 형성하게 된다. 이러한 특징들은 비강자음이나 모음의 비음화 경우에 구강음에 비해, 비강음은 공명관의 길이가 길어지므로 더 낮은 주파수에서 음형대가 형성되며, 구강과 비강의 공명으로 인한 formant와 antiformant가 동시에 생성되기 때문으로 이해할 수 있다²⁾³⁾. 비강자음은 조음의 위치에 따라 양순음 /ㅁ/, 치조음 /ㄴ/, 연구개음 /ㅇ/으로 나눌 수 있는데, 각각의 비강자음들은 구강에서의 서로 다른 조음위치로 인하여 구강의 면적이 달라지기 때문에 /ㅁ/이 /ㄴ/보다 더 낮고 /ㄴ/은 /ㅇ/보다 더 낮은 주파수에서 비음형대가 형성된다⁴⁾.

과소비음이란 비강음의 비강공명이 부족하거나 정상적인 비음동화가 약화되는 경우이며, 이는 비강 또는 비인강의 폐색이 있거나 구개인두의 과도한 폐쇄가 일어날 때 나타나게 된다. 비인강이나 비강의 뒷쪽부분이 폐색되면, 비강자음 /ㅁ/, /ㄴ/, /ㅇ/은 파열음 /ㅂ/, /ㄷ/, /ㄱ/로 들릴 수 있으며, 비강의 앞쪽이 폐색되는 경우에는 cul-de-sac 공명이 일어나게 된다⁵⁾.

본 연구에서는 비폐색으로 인한 음향학적인 변화와, 폐색부위에 따른 변화의 차이를 파악하여 보고자 하였다. 비강자음 /ㅁ/, /ㄴ/ 는 VC위치에서보다 CV위치에서 음향학적 특성이 명확하게 나타나고³⁾, 치조음은 양순음과 연구개음의 중간에서 비음형대가 형성되므로⁴⁾, 비강자음 중 치조음 /ㄴ/을 CVCV 구조로 발생시켜, 중간위치의 /ㄴ/에 대한 비음형대와 각각의 bandwidth를 비교하였다.

비폐색을 유발하지 않은 조건에서의 치조비강자음 /ㄴ/의 제 1 비음형대는 남성에게서 301Hz, 여성에서는 352Hz로 기존의 연구와 비슷한 정도였다. 비폐색 후 제 1 비음형대가 전반적으로 감소되는 경향을 보였고, OMU의 전방부위가 폐색되었을 때 가장 현저하게 감소하였는데, 남성은 264Hz, 여성은 277Hz였으며 남성에서는 하방부위가 폐색되었을 때도 255Hz로 의미있는 감소를 보였다. 한편, 여성에서 전방부위를 폐색한 경우에 제 1 비음형대의 bandwidth도 의미있게 감소하였다. 이는 홍¹⁾ 등이 다발성 비음 수술 후 비강음의 변화에서 술 후 제 1 비음형대의 주파수가 낮아지고 비음형대의 강도는 증가했다는 결과와는 상이한 양상이어서, 이의 해석을 위하여는 향후 비음의 위치나 수술의

종류에 따른 비음변화의 양상에 대한 추후 연구가 필요 하리라 사료되었다.

과소비음과 비강기류 장애에 진단적 가치가 있다고 알려진⁶⁾ NasometerTM을 이용하여 비음도를 측정 한 결과, 전방부위 폐색의 경우에만 비음도가 유의하게 감소되었다. 비강자음의 음향학적인 변화나 비음도의 변화는 OMU의 전방위치의 비폐색시 가장 뚜렷하였는데, 이는 동일한 부피로 비폐색을 유발하였기 때문에, 본래 비강의 해부학적 구조상 전방부위의 공간이 협소하므로, 상대적으로 가장 높은 비율의 폐색이 초래되었기 때문으로 해석할 수 있다. 반면, 하방부위의 폐색을 유발한 경우에 음형대의 의미있는 변화가 관찰되는 것은 단순히 공간의 폐색비율만으로는 해석하기 어려운 결과라 하겠다.

한편, 부비동수술 후 /ae/모음의 비음도는 증가되고, /i/모음의 비음도는 감소되는 등, 조음의 위치에 따라 비음도의 변화양상이 서로 다름이 보고된 바 있어⁷⁾, 비강자음뿐 아니라 비강모음, 구강음 등 한국어 전체 자모음에 대한 광범위한 연구가 필요하리라 사료되었다. 또한 각 부비동이 비강음의 공명에 미치는 영향에 대한 연구가 뒷받침 된다면, 비수술 후의 음성변화를 예측하거나 비강음의 특성을 이해하는데 많은 도움이 될 것으로 생각되었다.

결 론

비폐색부위에 따른 음성의 변화정도와 음향학적인 특성을 살펴보기 위하여, OMU를 중심으로 4부위에 동일한 부피의 물질로 비폐색을 유발시켜가면서 치조 비강자음인 /ㄴ/의 비음형대와, 표준비음비율이 알려진 3가지 문장을 이용한 비음도의 변화를 측정하였다.

제 1 비음형대는 비폐색 후 전반적으로 감소되는 소견이었으며, 남녀모두 OMU의 앞쪽의 비폐색을 유도한 경우에 가장 현저한 감소의 소견을 보였으며, 남성에서는 하방부위의 폐색에서도 유의한 감소의 소견을 보였다. 제 1 비음형대의 bandwidth는 여성에서 전방부위 폐색의 경우에 의미있게 감소되었으나 남성에서는 의

미있는 변화의 소견을 관찰할 수 없었다. 비음도 역시 전방부위 폐색의 경우에 뚜렷한 감소의 소견이 관찰되었다.

이상의 결과로, 동일한 부피로 비폐색을 유발한 경우 OMU의 앞쪽에서 가장 뚜렷한 변화를 관찰할 수 있으며, OMU의 상방이나 후방보다는 하방을 폐색한 경우가 비음의 변화에 미치는 영향이 큼을 알 수 있었다. 비폐색으로 인한 비강자음 /ㄴ/의 음향학적인 변화는 주로 제 1 비음형대를 중심으로 관찰되어 그 중심주파수가 낮아지며, bandwidth가 감소되는 경향이 있는 것으로 요약할 수 있다.

References

- 1) Hong KH, Jeong SS, Jeong KY, Jeong KH, Kim JH : Assessment of nasality changes after surgery of nasal polyposis. *Korean J Otolaryngol.* 1995 ; 38 : 1049-1057
- 2) Mcwilliams BJ, Morris HL, Shelton RL : Disorders of phonation and resonance. In : *Cleft palate speech. 2nd ed. Philadelphia, Toronto : BC Decker, 1990 : 260-261*
- 3) Kent RD, Read C : The acoustic characteristics of consonants. In : *The acoustic analysis of speech. San Diego, California : Singular Publishing Group Inc, 1992 : 130-136*
- 4) Borden GJ, Harris KS : *Speech production. In : Speech science primer. 2nd ed. Baltimore, London : Waverly Press, 1984 : 117-118*
- 5) Aronson AE : Nasal respiratory disorders. In : *Clinical voice disorders. 3rd ed. New York : Thieme Inc, 1990 : 198-199*
- 6) Dalston RM, Warren DW, Dalston ET : A preliminary investigation concerning the use of nasometry in identifying patients with hyponasality and/or nasal airway impairment. *J Speech Hear Res.* 1991 : 34 : 11-18
- 7) Chen MY, Metson R : Effects of sinus surgery on speech. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1997 : 123 : 845-852