

3D-CT를 이용한 골격성 III급 개방교합자의 악교정 수술 전, 후 설골 및 상기도의 변화

이윤섭^a · 백형선^b · 이기준^c · 유형석^c

본 연구는 골격성 III급 개방교합자의 악교정 수술 전, 후 설골과 상기도의 변화를 3D-CT를 이용하여 관찰하고 이를 정상교합자와 비교하기 위하여 시행하였다. 전치부 개방교합을 동반한 골격성 III급 부정교합으로 진단되어 악교정 수술을 받은 환자 중 12명을 선정 후, 3D-CT를 통해 설골과 상기도의 3차원 입체영상을 분석하여, 악교정 수술 전, 후의 설골의 위치 변화 및 상기도의 부피 변화를 살펴보고, 이의 결과를 정상교합자 10명과 비교하였다. 설골은 골격성 III급 개방교합군에서 악교정 수술 전에 정상교합군의 설골에 비해 전방에 위치하고 있었고 악교정 수술 후 설골은 후, 상방으로 변화하였으나 유의성은 관찰되지 않았다. Hyoid plane과 mandibular plane이 이루는 각은 악교정 수술 전의 골격성 III급 개방교합군이 정상교합군보다 큰 값을 나타내었고, 악교정 수술 후에는 그 차이가 더욱 증가하였다. 골격성 III급 개방교합군의 상기도 부피는 정상교합자보다 작으며 이는, 악교정수술 후에 더욱 감소하였다. 3차원 영상 분석 결과, 골격성 III급 개방교합자의 상기도는 정상교합자에 비해 좁으며, 하악골 후퇴술 이후 더욱 감소하기 때문에 이는 수술적 개선의 안정성에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다. (대치교정지 2009;39(2):72-82)

주요 단어: 3차원 전산화 단층사진, 골격성 III급 개방교합, 설골, 상기도

서론

악골의 골격적 부조화를 가진 환자의 교정치료는 적절한 심미성, 기능성을 얻기 위해 교정치료와 함께 악교정 수술을 필요로 하며, 악교정 수술에 있어서 술 후 회귀현상은 가장 심각하고, 근본적인 술 후 합병증이자 주된 관심사이다. Cho와 Rhee,¹ Seo와 Min²은 술 후에 발생하는 회귀현상을 보고했고, 현재까지도 골격성회귀는 악교정 수술의 가장 주목할 만한 술 후 합병증의 하나이다. 특히 전치부 개방교합을 동반하는 골격성 III급 부정교합환자의 치

료는 치료 후 높은 회귀성향으로 인하여 술 후 안정성의 분석이 매우 중요하다. 골격성 III급 부정교합환자의 악교정 수술은 하악을 후퇴시키기 때문에 상기도를 포함한 악안면부위의 경조직과 연조직에 영향을 끼치게 되며,^{3,4} 구강의 용적 감소와 혀의 위치 및 상기도의 변화를 야기시키고,⁵ 이로 인해 혀의 압력이 증가하여 치열과 악골 형태의 회귀를 야기시킬 수 있다.^{6,7}

혀는 해부학적으로는 하악골과 설골에 직접 연결되어 있으나 조직학적으로는 활동 범위와 방향이 넓은 탄력성 근육조직으로 되어 있어 명확한 기준점을 설정하기 어렵고 직접적인 측정이 용이하지 않다.⁸ 혀의 위치와 설골은 상관성이 깊다는 Tallgren과 Solow⁹의 연구를 바탕으로, 본 연구에서는 혀의 위치를 대변할 수 있는 기준점으로 설골을 선택하였다.

개방교합을 동반한 골격성 III급 부정교합환자에서 악교정 수술 전, 후 설골 및 상기도의 변화를 비교, 분석한 다수의 연구는 현재까지 측도 두부 방사선사진을 이용한 이차원적인 방법으로 주로 행해지고 있으나 좌우상의 중첩이 정확한 평가를 어렵게

^a전공의, 연세대학교 치과대학 교정학교실.

^b교수, ^c부교수, 연세대학교 구강과학연구소, 치과대학 교정학교실, 두개안면기형 연구소.

교신저자: 유형석.

서울시 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 치과대학 교정학교실.

02-2228-3104; e-mail, yumichael@yuhs.ac.

원고접수일: 2008년 9월 10일 / 원고최종수정일: 2009년 2월 20일 / 원고채택일: 2009년 2월 23일.

DOI:10.4041/kjod.2009.39.2.72

*본 논문은 2008년 연세대학교 치과대학 두개안면기형 연구소 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

하며 좌, 우 확대율의 차이가 나고 중안면의 기형을 발견해내기가 힘들다는¹⁰ 한계점이 있으며 특히 치열과 악골형태의 회귀를 야기할 수 있는 혀와 설골 및 상기도는 악골 구조물의 중첩 등으로 인하여 정확한 평가가 어렵고 평면적인 분석으로 인하여 오류의 발생가능성도 배제할 수는 없다.

최근 사용방법 및 계측방법에 있어 활발히 연구가 진행되고 있는 3차원 전산화 단층사진(3-dimensional computed tomography, 3D-CT)의 경우 실측이 가능하며,¹¹ 두정부 위치에 제한이 없고, 각각의 신체부위를 보다 자세하게, 360도 각도에서 관찰할 수 있는 등 악골의 다양한 부위를 보다 정확하게 분석할 수 있는 많은 장점이 있다. 이러한 이유로 3차원 전산화 단층사진은 두개 악안면 기형 환자의 진단과 치료계획, 수술적 지표, 수술 결과의 평가와 그 추적 연구에 최근 들어 널리 사용되고 있다.^{12,13}

Kawamata 등¹⁴은 3D-CT를 이용하여 하악골 후퇴술 이후 설골 및 상기도의 변화를 관찰하였으나, 기준평면 및 좌표를 설정하지 않고 설골의 위치변화를 계측하였고 상기도의 변화를 단면상에서 관찰하였다는 한계점이 있다.

이에 본 연구에서는 골격성 III급 개방교합자의 악교정 수술 전, 후 3D-CT를 이용하여 3차원 영상 재구성을 통해 상기도의 부피를 계측하였으며, 기준좌표를 설정하여 설골의 위치변화를 3차원적으로 평가하였다. 또한 악교정 수술 전, 후의 설골 및 상기도의 상태를 정상교합자와 각각 비교하여, 골격성 III급 부정교합자의 특징을 알아보고자 하였다.

연구방법

연구대상

연세대학교 치과대학병원 교정과에 내원한, 성장이 완료된 부정교합환자 중 전치부 개방교합을 동반한 골격성 III급 부정교합으로 진단된 환자로, 임상 검사상 전치부 수직피개가 -0.5 mm 이하인 환자, 악교정 수술을 받은 경력이 없고 특기할 만한 악관절질환이 없으며 외상이나 증후군의 기왕력이 없는 환자를 선정기준으로 하였다. 선정된 환자 중 개방교합 및 III급 골격관계 개선을 위해 한 외과에 의한 양악수술(Lefort I osteotomy + bilateral intraoral vertical ramus osteotomy)을 시행받고 수술 후 1년경에 3차원 전산화 단층사진을 촬영한 자를 최

종적으로 선정하였다.

연구대상인 골격성 III급 개방교합군(Class III openbite group)은 총 12명으로 남자 4명(평균 23.5세), 여자 8명(평균 21.4세)이었고 19세에서 26세까지의 연령분포를 보였다. 이 중 7명은 이부전진성형술(평균 4.5 mm)을 함께 시행한 환자였다.

대조군인 정상교합군(normal group)은 정상교합자인 성인으로, 남자 5명(평균 19.8세), 여자 5명(평균 20.0세)을 선정하였다. 이들은 특이할 만한 전신 병력과 골격성 부정교합이 없는 정상교합자로 치열이 비교적 잘 배열되어 있으며, 이전에 교정치료를 받은 경험이 없는 자로 정하였다.

연구방법

골격성 III급 개방교합군의 초진(T1)과 악교정수술 1년 후(T2), 정상교합군의 3D-CT (N)에 대하여 입체영상을 제작하였다. CT Hispeed Advantage (GE Medical System, Milwaukee, Wis, USA)를 사용하여,

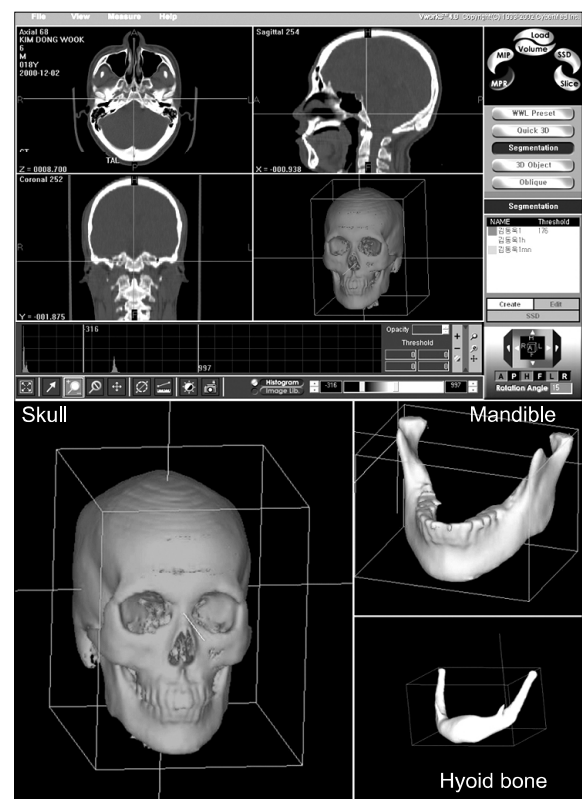


Fig 1. Procedure of 3D image reconstruction using V-worksTM 4.0 (Cybermed, Seoul, Korea).

환자의 FH plane (Frankfort 수평면)이 바닥에 수직이 되게 하고 정중선과 촬영장치의 장축을 일치시켜 각 환자의 두정부에서 하악골 또는 설골의 하연까지 포함되도록 나선형 CT를 촬영하였다. 촬영영상은 V-works™ 4.0 (Cybermed, Seoul, Korea) 프로그램의 SSD (shaded surface display) 기능을 사용하여 3D model로 재구성하였다. 재구성된 영상은 소프트웨어의 MPR (multiple planar reformat) mode상에서 전체악골, 하악골, 설골의 3개 SOD (selection of demand)로 분할(segmentation)하였다 (Fig 1).

3차원적인 계측을 위해 계측점을 설정하고 (Fig 2), 기준좌표를 설정한 후 (Fig 3), 기준평면을 설정하여 계측을 시행하였다 (Fig 4). 계측점의 지정과 기준평면 및 좌표의 설정은 Park 등¹⁰의 연구에서 제안한 방법을 사용하였다.

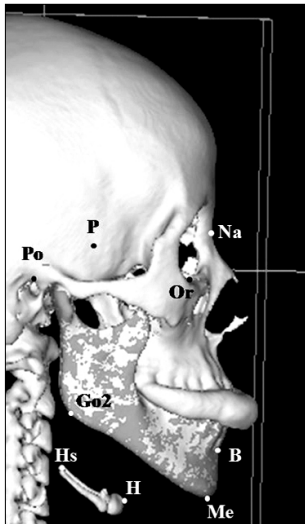


Fig 2. Nine landmarks used in this study. Na (Nasion), Most posterior point on the curvature between frontal bone and nasal bone in the midsagittal plane; P (prechiasmatic groove), vertical and transverse midpoint of prechiasmatic groove; Or (orbitale), lowest point on the infraorbital margin of each orbit; Po (porion, anatomical), highest midpoint on the roof of the external auditory meatus; B (B point), greatest concavity point on the anterior border of the symphysis; Me (menton), most inferior point on the symphysis of the mandible; Go2 (gonion2), midpoint of the posterior border of mandibular angle; H (hyoidale), most upper and superior point at the middle of the hyoid bone; Hs (hyoidale superioris), most upper and posterior point at the greater horn of hyoid bone.

설골 계측

설골 body의 중심을 지나는 가장 최전상방점인 H (hyoidale) point의 X, Y, Z 좌표에서의 3차원적인 위치와 Hyoid plane과 Horizontal plane이 이루는 각도 중 작은 값(H-Hori angle)과 Hyoid plane과 Mandibular plane이 이루는 각도 중 작은 값(H-Mn angle)을 악교정 수술 전(T1), 후(T2)에 대해 각각 계측하고 정상교합군(N)도 계측하였다.

Hyoid plane과 Mandibular plane이 이루는 각계측치가 180°를 넘어서는 경우는 reverse inclination으로 정의하고 음(-)의 수치를 부여하였다 (Fig 4).

상기도의 부피 계측

측정할 상기도의 범위를 구인두(oropharynx)에 한정하였고 구인두가 연구개에서부터 후두개(epiglottis)까지를 포함하므로 제1경추(cervical vertebrae)의 최전하방점(C1)에서부터 제3경추의 최전하방점(C3)까지 골격성 III급 개방교합군의 악교정 수술 전 (T1), 후(T2), 정상교합군(N)의 상기도 부피(airVol)를 세제곱 밀리미터(mm³) 단위로 계측하였다 (Fig 5). 하악골 후퇴량, 후비극 상방이동량과 상기도 부

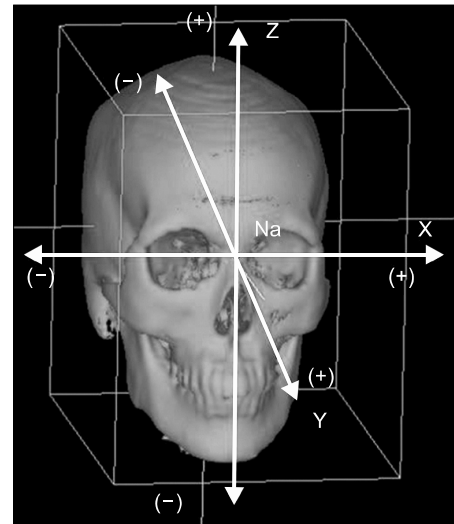


Fig 3. Coordinate axis used in this study. A positive coordinate value indicates the front, superior, and left side of the patient, and a negative value indicates the opposite. Na (Nasion), Most posterior point on the curvature between frontal bone and nasal bone in the midsagittal plane.

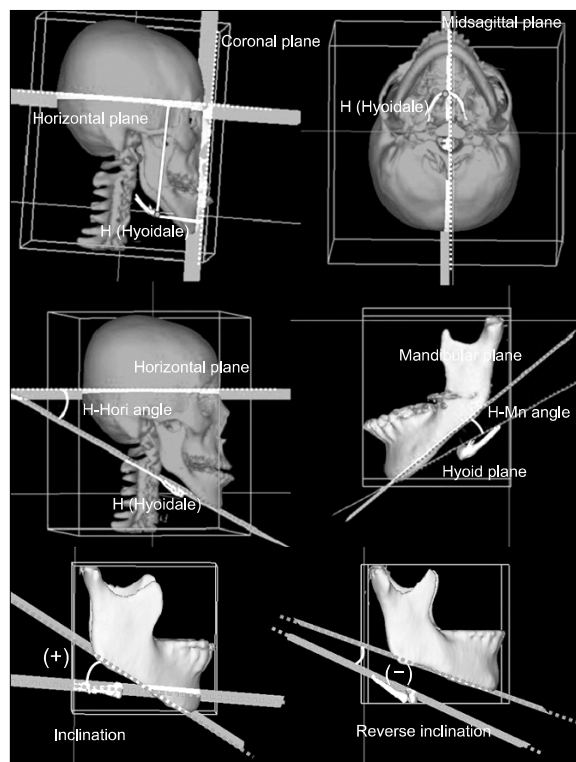


Fig 4. Measurements of Hyoid bone. The 3-dimensional position of hyoid bone was obtained by measuring the distances between H point and Coronal, Midsagittal, and Horizontal planes. The angle between hyoid plane and horizontal, mandibular planes was obtained for the angular measurement. If the angle between hyoid plane and mandibular plane was more than 180° , a negative value was used and defined as reverse inclination. Five reference planes were used in this study. Horizontal plane, parallel to the FH plane, which was constructed on both sides of Po and left of Or, passing through Na; Midsagittal plane, perpendicular to the horizontal plane passing through Na and P; Coronal plane, at right angles to the horizontal and midsagittal plane passing through Na; Mandibular plane, constructed by Me and both sides of Go2; Hyoid plane, constructed by H and both sides of Hs.

피변화와의 상관성을 알아보려고 하였다. B point의 Coronal plane과의 거리를 통해 Y축 상에서의 좌표를 측정하였고 이 좌표의 악교정 수술 전, 후의 차이를 하악골 후퇴량(mandibular setback, sBACK)으로 정하였다. 상악골의 위치변화는 후비극(posterior nasal spine)의 Horizontal plane과의 거리를 통해 Z축 상에서의 좌표를 측정하였고 이 좌표의 악교정 수술 전, 후의 차이를 후비극 상방이동량(PNS im-

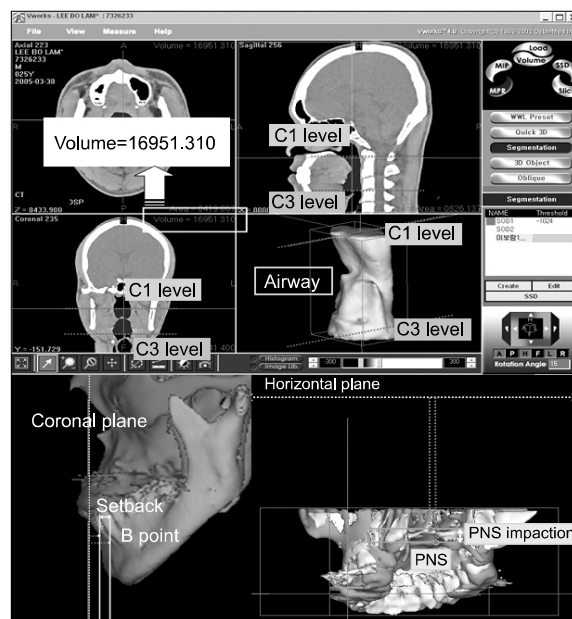


Fig 5. Measurements of Airway space, Mandibular setback, PNS impaction. 3-dimensional reconstruction of upper airway was limited between C1 and C3. Mandibular setback was obtained by measuring the difference in the distance between Coronal plane and B point at pre-, post-surgery. PNS impaction was obtained by measuring the difference in the distance between Horizontal plane and PNS point at pre-, post-surgery. C1, lowest midpoint on the 1st cervical vertebrae; C3, lowest midpoint on the 3rd cervical vertebrae; B (B point), greatest concavity point on the anterior border of the symphysis; PNS (posterior nasal spine), the process formed by uniting the projecting ends of the posterior borders of the palatal process of the palatal bone; sBack, difference of mandibular set back at T₁ and T₂; pIMPACTON, difference of PNS.

paction, pIMPACTON)으로 정하였다 (Fig 5).

통계분석

본 연구에 사용된 모든 3차원 전산화 단층 사진의 계측 및 분석은 동일한 조사자에 의하여 행하여졌으며, 조사자 내 오차를 확인하기 위하여 표본 내의 계측점을 무작위로 선정하여 1주일 후 다시 계측하여 paired t-test를 시행하였고 Kolmogorov-Smirnov 검사법을 이용하여 계측치들이 정규분포를 나타냄을 확인하였다. 계측된 자료들을 다음과 같이 통계 처리하였다.

Table 1. 3-dimensional measurements and comparison of H (Hyoidale) between Class III openbite group at T1 and T2 and normal group (N)

	T1		T1 vs N	T2		T2 vs N	N	
	Mean	SD	Sig	Mean	SD	Sig	Mean	SD
H - x (mm)	-1.2	4.63	NS	1.28	4.45	NS	0.89	3.01
H - y (mm)	-46.63	11.29	*	-50.52	8.49	NS	-56.48	7.62
H - z (mm)	-115.36	12.93	NS	-111.52	11.08	NS	-108.27	7.31
H-Hori angle (°)	25.00	6.28	NS	24.66	7.44	NS	23.19	8.30
H-Mn angle (°)	13.65	6.73	*	16.20	7.11	†	5.15	10.23

* $p < 0.05$; † $p < 0.01$; NS, not significant; Sig, significance; SD, standard deviation; H-Hori angle, angle of hyoid plane and horizontal plane; H-Mn angle, angle of hyoid plane and mandibular plane.

골격성 III급 개방교합군과 정상교합군 Hyoidale의 3차원적 좌표, Hyoid plane과 Horizontal plane이 이루는 각도와 Hyoid plane과 Mandibular plane이 이루는 각도, 상기도 부피를 측정하여 paired *t*-test로 악교정 수술 전, 후 간의 차이와 independent *t*-test로 악교정 수술 전, 후와 정상교합군 간의 차이를 검정하였다. 성별에 따른 골격성 III급 개방교합군과 정상교합군 간의 상기도 부피 차이를 independent *t*-test로 검정하였다. 하악골 후퇴량, 후비극 상방이동량과 악교정 수술 전, 후 상기도 부피 차이와의 상관관계를 Generalized Linear Model (adjusted with site)을 이용하여 분석하였다.

연구성적

검사자 내 오차

본 연구의 계측치 측정에 관한 신뢰도를 평가하기 위하여 시기별로 무작위로 5개의 표본씩을 추출하여 1주 간격으로 동일한 방법으로 한 명의 조사자가 재측정을 시행하였으며, paired *t*-test 결과 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

H (Hyoidale)의 3차원적 좌표와 각도계측 비교

설골은 골격성 III급 개방교합군에서 악교정 수술 전에 정상교합군의 설골에 비해 전방에 위치하고 있었다 ($p < 0.05$). Hyoid plane과 mandibular plane이 이루는 각은 악교정 수술 전에 정상교합군보다 큰 값을 나타내었고 ($p < 0.05$), 악교정 수술 후에는 그 차이가 더욱 증가하였다 ($p < 0.01$). Reverse

Table 2. Mean treatment changes of H (Hyoidale) and upper airway volume (airVol) in the Class III openbite group

	ΔT2-T1			
	Mean	SD	<i>p</i>	Sig
H - x (mm)	2.48	5.3	0.133	NS
H - y (mm)	-3.9	9.87	0.198	NS
H - z (mm)	3.84	8.42	0.143	NS
H-Hori angle (°)	-0.34	6.18	0.851	NS
H-Mn angle (°)	2.55	4.79	0.092	NS
airVol (mm ³)	-2,522.86	2,711.72	0.000	*

* $p < 0.001$; NS, not significant; H-Hori angle, angle of hyoid plane and horizontal plane; H-Mn angle, angle of hyoid plane and mandibular plane.

inclination은 골격성 III급 개방교합군에서는 나타나지 않았고 정상교합군에서 10명 중 4명이 reverse inclination을 보였다 (Table 1).

골격성 III급 개방교합군에서 하악골 후퇴술을 동반한 악교정 수술에 의해 설골은 2.48 mm 좌측으로, 3.9 mm 후방으로, 3.84 mm 상방으로 이동한 양상을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다 (Table 2).

Hyoid plane과 horizontal plane이 이루는 각(H-Hori angle)은 악교정 수술 후 0.34° 감소하였고, mandibular plane과 이루는 각(H-Mn angle)은 2.55° 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다 (Table 2).

상기도의 부피 비교

골격성 III급 개방교합군에서 악교정 수술 후 상기도의 부피는 통계적으로 유의성 있게 감소하였고 ($p < 0.001$) (Table 2), 골격성 III급 개방교합군의 상기도 부피는 악교정 수술 전, 후 모두 정상교합군에 비해 유의성 있게 작은 수치를 보였다 ($p < 0.001$) (Table 3).

정상교합군에 속한 남성과 여성은 골격성 III급 개방교합군에 속한 남성과 여성보다 큰 상기도 부피를 보였다 ($p < 0.05$) (Table 4).

하악골 후퇴량, 후비극 상방이동량과 상기도 부피 변화와의 상관관계

하악골 후퇴량, 후비극 상방이동량은 악교정 수술 전, 후의 상기도 부피차이와 관계가 없었다 (Table 5).

고찰

교정 영역에서 전치부 개방교합의 해소에 대한 요구는 날로 높아지고 있으나, 악안면 기형을 동반한 환자의 경우 악교정 수술을 치료계획에 포함하여야 하는 경우가 많고 수술을 동반하여 치료한 이후 전치부 개방교합이 다시 발생하는 경우도 종종 있다. 이는 수술 시 하악지의 길이가 증가하는 등 수술방

Table 3. Comparison of upper airway volume (airVol) between the Class III openbite group at T1 and T2 and normal group (N)

	T1		T1 vs N		T2		T2 vs N		N	
	Mean	SD	Mean	Sig.	Mean	SD	Mean	Sig.	Mean	SD
airVol (mm ³)	8,702.54	3,494.73	-6,831.06	*	6,179.68	1,937.35	-9,353.93	*	15,533.61	4,199.57

* $p < 0.001$. Sig, significance; SD, standard deviation.

Table 4. Comparison of upper airway volume (airVol) in male and female between the Class III openbite group at T1 and normal group (N)

	T1		N		T1 vs N	
	Mean (mm ³)	N	Mean (mm ³)	N	<i>p</i>	Significance
Male	12,253.86	4	17,670.06	5	0.037	*
Female	7,086.61	5	13,397.15	5	0.019	*

* $p < 0.05$.

Table 5. Correlation between mandibular setback, PNS impaction and upper airway volume change in the Class III openbite group at T1 and T2

	$\Delta T2-T1$		Correlation		
	Mean	SD	β	<i>p</i>	Significance
sBACK (mm)	8.40	3.53	-0.346	0.271	NS
pIMPACTION (mm)	3.92	0.90	-0.128	0.693	NS
sBACK & pIMPACTION			-0.350	0.232	NS

β , Linear regression coefficient; NS, not significant; sBack, horizontal change of B point at T₁ and T₂; pIMPACTION, vertical change of PNS at T₁ and T₂.

법상의 문제가 원인일 수도 있으나 상악 후방부를 상방이동하여 양악 수술을 시행한 경우에도 전치부의 개방교합이 회귀하는 경우가 보고되고 있다. Wickwire 등¹⁵에 의하면 하악골의 수술적 재위치 후에는 혀의 위치변화가 일어난다고 하였으며 Swanson과 Murray¹⁶는 하악골의 외과적 후방 위치 후에는 구강 내의 혀의 공간이 감소함으로 인하여 기능적인 *macroglossia*가 발생한다고 하였다. 악교정 수술에 의해 하악을 후방이동시키면, 혀와 설골은 기도 유지에 방해가 되지 않도록 하방이동을 하게 된다. 악교정 수술 후 근육형태가 변화하지 못해 변화된 치열궁에 위치적, 기능적으로 적응하지 못하게 되면 이는 악교정 수술 결과의 재발을 야기할 수 있다. 또한 혀는 설측과 협측 연조직의 압력의 조화가 변하면 치아 위치를 변화시킬 수 있는 힘을 나타낼 수 있다.⁶ 또한 Enacar 등¹⁷은 폐쇄성 무호흡증을 보이는 환자에 있어서 하악골 후퇴수술 후와 관찰기간 동안 구인두부 기도 공간의 감소를 주의하여야 한다고 하였으며 Greco 등⁴은 하악골 후퇴수술 이후 하인두부가 감소하며 수술 2 - 6년 후에도 술 전과 비교해 유의한 감소를 보고하였다.

하악골 후퇴수술 시 구강 내에서 가장 영향을 많이 받는 부위는 혀이며 이로 인해 설골과 연구개가 영향을 받고 이는 기도공간, 특히 구인두부의 기도 공간에 영향을 주게 된다. 하악골 후퇴술을 포함한 악교정 수술 전, 후 혀와 설골, 상기도의 변화를 분석하여 이를 하악골 후퇴술의 술 후 안정성과 함께 연구한 다수의 보고가 있고 이러한 연구는 인두의 성장에 관한 누년적 연구에서 정모 두부방사선 사진보다 측모 두부방사선 사진을 통해 아데노이드를 더 잘 관찰할 수 있다고 보고한 King¹⁸의 연구를 바탕으로 일반적으로 측모 두부방사선 사진을 계측하여 이루어져 왔다. 하지만 본 연구에서는 악교정 수술 후 설골 및 상기도의 변화를 3차원적으로 관찰하고자 3D-CT를 이용하였다.

이번 연구에서 악교정 수술 전 설골의 H point는 정상교합군에 비해 전방, 하방에 위치하고 있었고 수술 후 유지기 동안에도 정상교합군에 비해 전방 위치하는 양상은 계속 유지되고 있었다. 이는 I, II 급 부정교합자에 비해 III급 부정교합자에서 설골이 더 전방에 위치한다는 Adamidis와 Spyropoulos,¹⁹ Song 등²⁰의 연구결과와 일치하였다. 설골과 혀는 설골설근을 통해 연결되어 있어서 설골과 혀의 위치는 밀접한 관련이 있다는 Chang,²¹ Cho와 Rhee¹의 연구로 미루어 볼 때 골격성 III급 개방교합군 혀의

위치가 수술 전, 후 모두 정상교합군에 비해 전방에 위치한다고 유추할 수 있다. Chin과 Shon²²은 술 전의 혀와 설골의 위치로 술 후 재발을 미리 예측하는 척도로 삼기 위하여 상관관계를 조사하였지만 유의성은 보이지 않았다고 하였다. 골격성 III급 개방교합군에서 H-Mn angle은 악교정 수술 전에 정상교합군보다 통계적으로 유의한 큰 값을 나타내었고, 악교정 수술 후에는 그 차이가 더욱 증가하였다. 이는 I, II급 부정교합환아에 비해 III급 부정교합환아에서 FH 평면과 설골의 최전상방점 간의 거리가 가까워 설골의 경사도는 III급군에서 더 완만함을 알 수 있다는 Song 등²⁰의 연구 결과와는 일치하였으나 III급 부정교합군이 I급 부정교합군에 비해 하악평면에 대하여 설골장축이 *reverse inclination*을 나타낸다는 Adamidis와 Spyropoulos¹⁹의 연구와는 다른 결과를 보였다. H point는 악교정 수술 후 환자의 후방, 상방으로 이동하였으나 통계적으로 유의성 있는 차이는 보이지 않았다. 설골이 악교정 수술 이후 후방으로 위치한다는 결과는 하악골전돌의 수술적 교정 이후 설골의 위치 변화를 연구한 다른 연구들의 결과와 일치하지만, 수술 이후 상방으로 변위하는 결과를 나타내어 설골이 하악골 후퇴술 후 후방, 하방으로 변위되고 혀도 설골과 같이 후방, 하방으로 변위된다는 이전의 연구^{14,17,23,24}와는 다른 양상을 보였다. 이는 하악골 후퇴 수술 이후 설골의 위치변화를 언급한 대부분 연구들의 결과와는 배치되는 부분으로, 개방교합자의 경우 정상교합자보다 설골이 하방에 위치하게 되어 이를 수술적으로 개선했을 경우 상방으로 재위치되는 하악골과 함께 설골이 상방으로 재위치되었다고 생각해 볼 수 있다. 또한 본 연구에서 사용한 3D-CT 촬영술식을 앙와위(*supine position*)에서 시행한 것도 하나의 원인으로 고려해볼 수 있다. 설골은 주위골 조직과 직접적 연결이 없기에 설골의 위치는 하악과 머리의 위치,²⁵ 기도상태에 따라 변하게 된다. 촬영 시 두부의 위치에 따라서 설골의 위치가 변화될 수 있다는 Ferrario 등,²⁶ Stepovich²⁷의 연구가 이를 뒷받침한다. 이와 같이 여러 선행들의 연구에 의하면 설골의 위치는 촬영 시의 두부자세 변화에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에, 향후 설골에 대한 연구는 촬영조건의 표준화를 바탕으로 진행해야 하겠다.

골격성 III급 개방교합군에서 악교정 수술 후 상기도의 부피는 통계적으로 유의성 있게 감소하였고, 하악골 후퇴 수술 이후 상기도 공간의 감소가 일어남을 확인하였다. 이 결과는 하악골 후퇴 수술

후 기도공간이 감소된 후 시간이 경과하여도 감소한 양상이 지속되었다는 Enacar 등,¹⁷ Greco 등⁴의 연구 결과와 일치하였다. 반면 Athanasiou 등²³은 하악골 후퇴술 1년 후 주위의 골격과 연조직의 생리학적 적응을 통하여 수술하기 전 수준으로 기도공간이 유지된다고 하였고 Wenzel 등²⁸은 측모두부방사선 사진상의 기도공간이 감소하였다고 하여 기도저항이 반드시 증가하지는 않는다고 하였다. 이처럼 하악골 후퇴 수술 이후 상기도 변화에 관한 연구는 아직 논란의 여지가 있는 상태로, 지금까지의 연구들은 기도변화를 측정하기 위하여 사용되는 계측점이 명확하지 않기 때문에 결과에 있어서도 차이를 보일 것이라 예상되는 바, 본 연구에서는 3차원 영상을 사용하는 이점을 최대한 이용하여 제1경추의 최전하방점과 제3경추의 최전하방점으로 계측점을 명확하게 하였고 2차원의 평면계측이 아닌 3차원의 부피계측을 이용하여 상기도의 악교정 수술로 인한 부피 계측을 하였고, 이는 3D-CT를 이용하여 악교정 술 후 상기도의 협착을 단면상에서 관찰한 Kawamata 등¹⁴의 연구와도 일치되는 결과를 보였다. 또한 이부전진성형술은 상기도를 증가시키고, 이는 두개안면기형으로 인한 상기도 협착이나 수면무호흡의 증세를 보이는 환자에서 기도의 공간을 확보하는 치료법으로 사용되기도 하는데,^{29,30} 이번 연구대상 12명 중 7명은 이부전진성형술을 시행받은 환자로 이를 고려한다면 상기도 부피의 감소는 더욱 클 것임을 예측할 수 있다. 골격성 III급 개방교합군의 상기도 부피는 정상교합군과 비교 시 악교정 수술 전, 후 모두 유의성 있게 작은 수치를 보였는데 ($p < 0.001$), 이는 인두 내의 구조인 아데노이드나 편도 등의 림프조직의 비대와 같은 다양한 원인들에 의해 이차적으로 비호흡폐쇄가 일어나면 지속적으로 구호흡을 야기하게 되어 개방성 하악골 자세, 혀의 전하방위치, 머리의 신장이 일어난다는 Kerr,³¹ Dunn 등,³² O'Ryan 등³³의 연구와 연관지어 생각해 볼 때 좁은 상기도의 상태가 개방교합과 연관이 있음을 유추해 볼 수 있다. 연구대상의 남녀비율이 실험결과에 미치는 영향을 확인하기 위하여 비록 연구대상 숫자가 적으나, 남성(정상교합군 5명, 골격성 III급 개방교합군 4명)만을 대상으로 비교분석한 결과 정상교합군에 속한 남성이 골격성 III급 부정교합군에 속한 남성보다 큰 상기도 부피를 보임을 확인하였고, 여성(정상교합군 5명, 골격성 III급 개방교합군 5명)의 비교분석에서도 정상교합군이 골격성 III급 개방교합군보다 큰 상기도 부

피를 나타냄을 확인하였다 (Table 4 참고). 좁은 상기도는 하악골 후퇴술로 더욱 악화되기 때문에 이는 골격성 III급 개방교합을 수술적으로 개선했을 때의 안정성을 저해할 수 있는 요소로 작용할 수 있다. 거대설, 구강의 저형성증의 경우에 혀를 내미는 자세를 취함으로써 인두기도의 확보를 한다는 Takagi 등³⁴의 연구는 이를 뒷받침한다. 하악골 후퇴술 시 변화된 설골상근의 길이는 설골의 위치만을 반영하며 골격적인 재발에는 영향을 주지 않는다고 하였으나,³⁵ 변화된 위치의 설골은 재위치되면서 혀 후방의 기도공간의 감소를 가져오게 되고,³⁶ 좁아진 상기도로 인하여 혀의 압력이 높아진 상태가 지속된다면 장기적인 술 후 안정성에 영향을 줄 수 있기 때문에 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 하겠다.

하악골 후퇴량 및 후비극 상방이동량과 상기도 부피 변화는 유의성 있는 상관관계를 보이지 않았고, 표로 제시하지는 않았으나 하악골 후퇴량과 설골의 이동량도 유의성 있는 상관관계를 나타내지 않았다. 이는 하악골 후퇴술 6개월 후 설골의 이동량이 하악골 후퇴량과 유의성 있는 상관관계를 갖는다는 Eggensperger 등³⁵의 연구와는 상이하였으나, 유의성 있는 상관관계가 술 후 12년에는 약해지고 또한 본 연구의 측정시점과는 차이가 있어, 이번 연구와 관련하여 악교정 수술 후 장기간의 추적연구의 필요성이 또한 제기되었다.

전치부 개방교합을 동반한 골격성 III급 부정교합 환자의 수술적 치료에 있어서 수술의 계획과 교정 치료의 계획 시 술 후 회귀현상을 방지하는 것이 무엇보다 중요하다. 이번 연구의 진행에 있어서 12명으로 표본의 수가 적어 이부전성형술에 의한 상관성 여부 및 남녀에 따른 구별을 할 수 없었고, 악교정 수술 후 개방교합의 재발이 일어난 표본이 없었으며, 악교정 수술 직후에 촬영한 3D-CT가 없었고, 3차원적 방법으로 분석 시 명확한 기준평면을 설정하기가 어려웠다. 이러한 이유로, 이번 연구에 있어서 수치의 분석과 평가 및 결론의 도출에 있어 한계성이 있다고 본다. 향후 3차원적 분석에 있어 명확한 기준 평면 및 계측치의 설정과, 많은 표본수를 확보하고, 3D-CT의 촬영조건을 표준화하여 연구를 추가로 시행한다면 골격성 III급 개방교합자의 진단 및 수술적 치료 계획과 안정성 평가에 있어서 더욱 정확한 분석이 가능하리라 생각된다.

결론

전치부 개방교합을 동반한 골격성 III급 부정교합으로 진단되어 악교정 수술을 받은 환자 중 12명을 선정 후, 3차원 전산화 단층 사진을 이용하여 골격적 수치의 계측 및 설골과 상기도의 3차원 입체영상을 획득하고 분석하여, 악교정 수술 전, 후의 설골의 위치 변화 및 상기도의 부피 변화를 살펴보고, 정상교합자 10명을 정상교합군으로 하여, 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 설골은 골격성 III급 개방교합군에서 악교정 수술 전에 정상교합군의 설골에 비해 전방에 위치하고 있었다 ($p < 0.05$).
2. 골격성 III급 개방교합군에서 하악골 후퇴술을 동반한 악교정 수술에 의해 설골은 좌측, 후방, 상방으로 이동한 양상을 보였지만 통계적으로 수술 전과 유의한 차이는 보이지 않았다.
3. 골격성 III급 개방교합군에서 Hyoid plane과 Mandibular plane이 이루는 작은 악교정 수술 전에 정상교합군보다 큰 값을 나타내었고 ($p < 0.05$), 악교정 수술 후에는 그 차이가 더욱 증가하였다 ($p < 0.01$).
4. 골격성 III급 개방교합군에서 악교정 수술 후 상기도의 부피는 통계적으로 유의성 있게 감소하였고 ($p < 0.001$), 골격성 III급 개방교합군의 상기도 부피는 악교정 수술 전, 후 모두 정상교합군에 비해 작았다 ($p < 0.001$).

이상의 결과를 통하여 골격성 III급 개방교합자의 상기도는 정상교합자에 비해 좁으며, 하악골 후퇴술 이후 더욱 감소하기 때문에 이는 수술적 개선의 안정성에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Cho JJ, Rhee BT. A cephalometric study on the position of the hyoid bone in cleft lip and palate individuals. *Korean J Orthod* 1990;20:197-207.
2. Seo BM, Min BI. Skeletal relapse after sagittal split osteotomies for correction of mandibular prognathism. *J Korean Oral Maxillofac Surg* 1991;17:32-9.
3. Katakura N, Umino M, Kubota Y. Morphologic airway changes after mandibular setback osteotomy for prognathism with and without cleft palate. *Anesth Pain Control Dent* 1993;2:22-6.
4. Greco JM, Froberg U, Van Sickels JE. Long-term airway space changes after mandibular setback using bilateral sagittal split osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1990;19:103-5.
5. Paik UB, Lee HC. A study of change of tongue position, hyoid bone position, and upper airway following sagittal split ramus osteotomy in mandible prognathism patients. *Inje Med J* 1999;20:457-66.
6. Moss ML, Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth. *Am J Orthod* 1969;55:566-77.
7. Chung HS, Lee KS. The effect of functional pressures of the tongue and lips on the incisor relationship. *Korean J Orthod* 1983;13:15-30.
8. Cuzzo GS, Bowman DC. Hyoid positioning during deglutition following forced positioning of the tongue. *Am J Orthod* 1975;68:564-70.
9. Tallgren A, Solow B. Hyoid bone position, facial morphology and head posture in adults. *Eur J Orthod* 1987;9:1-8.
10. Park SH, Yu HS, Kim KD, Lee KJ, Baik HS. A proposal for a new analysis of craniofacial morphology by 3-dimensional computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:600.e23-34.
11. Cavalcanti MG, Vannier MW. Quantitative analysis of spiral computed tomography for craniofacial clinical applications. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27:344-50.
12. Kim HJ, Park HS, Kwon OW. Evaluation of potency of panoramic radiography for estimating the position of maxillary impacted canines using 3D CT. *Korean J Orthod* 2008;38:265-74.
13. Jeon YN, Lee KH, Hwang HS. Validity of midsagittal reference planes constructed in 3D CT images. *Korean J Orthod* 2007;37:182-91.
14. Kawamata A, Fujishita M, Arijii Y, Arijii E. Three-dimensional computed tomographic evaluation of morphologic airway changes after mandibular setback osteotomy for prognathism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89:278-87.
15. Wickwire NA, White RP Jr, Proffit WR. The effect of mandibular osteotomy on tongue position. *J Oral Surg* 1972;30: 184-90.
16. Swanson LT, Murray JE. Partial glossectomy to stabilize occlusion following surgical correction of prognathism. Report of a case. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;27:707-15.
17. Enacar A, Aksoy AU, Sençift Y, Haydar B, Aras K. Changes in hypopharyngeal airway space and in tongue and hyoid bone positions following the surgical correction of mandibular prognathism. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1994;9: 285-90.
18. King EW. A roentgenographic study of pharyngeal growth. *Angle Orthod* 1952;22:23-37.
19. Adamidis IP, Spyropoulos MN. Hyoid bone position and orientation in Class I and Class III malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:308-12.
20. Song YJ, Kim HJ, Nam SH, Kim YJ. Hyoid bone position in Class I, II and III malocclusions. *J Korean Acad Pediatr Dent* 1999;26:564-71.
21. Chang YI. A radiographic study of the hyoid bone position in malocclusion. *Korean J Orthod* 1987;17:7-14.
22. Chin KS, Shon WS. The relationships between the post-operative stability and the changes in the tongue position, the

- hyoid bone position and the upper airway size after orthognathic surgery in patients with mandibular prognathism. Korean J Orthod 1993;23:693-706.
23. Athanasiou AE, Toutountzakis N, Mavreas D, Ritzau M, Wenzel A. Alterations of hyoid bone position and pharyngeal depth and their relationship after surgical correction of mandibular prognathism. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1991; 100:259-65.
 24. Gu G, Gu G, Nagata J, Suto M, Anraku Y, Nakamura K, et al. Hyoid position, pharyngeal airway and head posture in relation to relapse after the mandibular setback in skeletal Class III. Clin Orthod Res 2000;3:67-77.
 25. Tallgren A, Solow B. Long-term changes in hyoid bone position and craniocervical posture in complete denture wearers. Acta Odontol Scand 1984;42:257-67.
 26. Ferrario VF, Sforza C, Germanò D, Dalloca LL, Miani A Jr. Head posture and cephalometric analyses: an integrated photographic/radiographic technique. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1994;106:257-64.
 27. Stepovich ML. A cephalometric positional study of the hyoid bone. Am J Orthod 1965;51:882-900.
 28. Wenzel A, Williams S, Ritzau M. Changes in head posture and nasopharyngeal airway following surgical correction of mandibular prognathism. Eur J Orthod 1989;11:37-42.
 29. Santos Junior JF, Abrahão M, Gregório LC, Zonato AI, Gumieiro EH. Genioplasty for genioglossus muscle advancement in patients with obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome and mandibular retrognathia. Braz J Otorhinolaryngol 2007;73:480-6.
 30. Heller JB, Gabbay JS, Kwan D, O'Hara CM, Garri JJ, Urrego A, et al. Genioplasty distraction osteogenesis and hyoid advancement for correction of upper airway obstruction in patients with Treacher Collins and Nager syndromes. Plast Reconstr Surg 2006;117:2389-98.
 31. Kerr WJ. The nasopharynx, face height, and overbite. Angle Orthod 1985;55:31-6.
 32. Dunn GF, Green LJ, Cunat JJ. Relationships between variation of mandibular morphology and variation of nasopharyngeal airway size in monozygotic twins. Angle Orthod 1973;43:129-35.
 33. O'Ryan FS, Gallagher DM, LaBanc JP, Epker BN. The relation between nasorespiratory function and dentofacial morphology: a review. Am J Orthod 1982;82:403-10.
 34. Takagi Y, Gamble JW, Proffit WR, Christiansen RL. Postural change of the hyoid bone following osteotomy of the mandible. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1967;23:688-92.
 35. Eggensperger N, Smolka W, Iizuka T. Long-term changes of hyoid bone position and pharyngeal airway size following mandibular setback by sagittal split ramus osteotomy. J Cranio-maxillofac Surg 2005;33:111-7.
 36. Kawakami M, Yamamoto K, Fujimoto M, Ohgi K, Inoue M, Kirita T. Changes in tongue and hyoid positions, and posterior airway space following mandibular setback surgery. J Cranio-maxillofac Surg 2005;33:107-10.

The structural change in the hyoid bone and upper airway after orthognathic surgery for skeletal class III anterior open bite patients using 3-dimensional computed tomography

Yoon-seob Lee, DDS, MSD,^a Hyoung-seon Baik, DDS, MSD, PhD,^b
Kee-joon Lee, DDS, MSD, PhD,^c Hyung-seog Yu, DDS, MSD, PhD^c

Objective: The purpose of this study was to investigate the structural changes of the hyoid bone and upper airway after orthognathic surgery for skeletal class III anterior open bite patients, and make comparisons with normal occlusion. **Methods:** Pre- and post-operative computed tomography (CT) examinations were performed on 12 skeletal class III anterior open bite patients who were treated with mandibular setback osteotomy. Using the V-works 4.0™ program, 3-dimensional images of the total skull, mandible, hyoid bone, and upper airway were evaluated. **Results:** In the Class III openbite group, the hyoid bone were all positioned anteriorly, compared to the Normal group ($p < 0.05$). The angle between the hyoid plane and mandibular plane in the Class III openbite group before surgery was greater than in the Normal group ($p < 0.05$), and the difference increased after surgery ($p < 0.01$). In the Class III openbite group, the volume of the upper airway decreased after surgery ($p < 0.001$) and the volume of the upper airway was smaller than the Normal group before and after surgery ($p < 0.001$). **Conclusions:** The narrow upper airway space in skeletal Class III openbite patients decreased after mandibular setback osteotomy. This may affect the post-surgical stability. (*Korean J Orthod* 2009;39(2):72-82)

Key words: Three-dimensional computed tomography (3D CT), Skeletal class III openbite, Hyoid bone, Upper airway

^aResident, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University.

^bProfessor, ^cAssociate Professor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Oral Science Research Center, The Institute of Cranio-facial Deformity, Yonsei University.

Corresponding author: **Hyung-Seog Yu.**

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 134, Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea.

+82 2 2228 3104; e-mail, yumichael@yuhs.ac.

Received September 10, 2008; Last Revision February 20, 2009; Accepted February 23, 2009.