



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

골격성 Ⅲ급 부정교합 환자의
악교정 수술 후 인두 기도 변화에 대한
연령 별 비교

연세대학교 대학원

치 의 학 과

김 혜 연

골격성 Ⅲ급 부정교합 환자의
악교정 수술 후 인두 기도 변화에 대한
연령 별 비교

지도교수 이 기 준

이 논문을 석사 학위 논문으로 제출함

2021년 6월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

김 혜 연

김혜연의 석사 학위논문을 인준함

심사위원	<u>이 기 준</u>	
심사위원	<u>최 윤 정</u>	
심사위원	<u>최 성 환</u>	

연세대학교 대학원

2021년 6월 일

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 도움을 주신 많은 분들께 감사드립니다. 가장 먼저 부족한 저를 이끌어 논문이 완성되기까지 세심한 지도와 따뜻한 격려를 해주신 이기준 교수님께 진심으로 감사드립니다. 교수님께서 이끌어 주신 덕분에 좋은 결실을 맺을 수 있었습니다. 항상 따뜻하게 격려해 주시던 교수님의 모습에 인간적으로도 많은 가르침을 얻었습니다.

또한 바쁘신 와중에도 귀중한 시간을 내주시어 논문에 큰 도움을 주시며 관심과 조언을 아끼지 않으신 최윤정 교수님, 최성환 교수님, 정회인 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

수련 기간 동안 부족한 저에게 많은 가르침을 주시고 진심 어린 조언과 관심으로 보살펴 주신 중앙대학교 병원 최원철 교수님, 최영준 교수님, 이의룡 교수님께도 감사드립니다.

마지막으로 제가 논문을 쓸 수 있도록 아낌없이 지원해주시고 응원해주신 부모님과 시부모님, 그리고 사랑스러운 아들 주원이와 언제나 내 편이 되어주는 든든한 남편에게 감사의 마음을 전합니다.

2021 년 6 월

김혜연

차례

표 차례	iii
그림 차례.....	iv
국문 요약.....	v
 I. 서론	 1
II. 연구 대상 및 방법.....	3
1. 연구 대상	3
2. 연구 방법	4
2.1 전산화 단층 촬영 검사 및 입체 영상 재구성	4
2.2 측정 항목	4
2.3 통계 분석	10
III. 연구 결과.....	11
1. 조사자 내 오차 검정	11
2. 세 연령 군 간 악골의 이동량 (T1-T0) 비교	11
3. 각 그룹 별 악교정 수술 전, 후의 기도 측정값 비교	12

4. 세 그룹 간 수술로 인한 기도 변화량 비교.....	14
5. 나이와 Oropharynx volume 변화량의 단순 회귀 분석	16
6. 최소 단면적 부위의 영역 변화.....	17
IV. 고찰	18
V. 결론	22
참고문헌	23
영문 요약.....	28

표 차례

Table 1. Distribution of patient data and CBCT data.....	3
Table 2. Reference points and reference planes on the 3-dimensional images.	5
Table 3. The amount of surgery in the 20s, 30s, 40s group.....	12
Table 4. Volumetric & cross-sectional airway measurements before and after surgery in the 20s, 30s, 40s.....	13
Table 5. Comparison of surgical changes in the 20s, 30s and 40s.....	14

그림 차례

Fig 1. Measurement of movement amount of the jaw	6
Fig 2. Segmentation of 3-dimensional pharyngeal airway	7
Fig 3. Three-dimensional reconstructed airway and minimum cross-sectional area in a 20s patient	8
Fig 4. Three-dimensional reconstructed airway and minimum cross-sectional area in a 40s patient	8
Fig 5. Measurement in two dimensions	9
Fig 6. The amount of change in nasopharynx, oropharynx, hypopharynx and total volume by age group	15
Fig 7. Scatter plot of age versus the change in oropharynx volume	16
Fig 8. Changes in position before and after surgery of minimum cross-sectional area in 20s, 30s and 40s	17

국문 요약

골격성 III급 부정교합 환자의 악교정 수술 후 인두 기도 변화에 대한 연령 별 비교

<지도교수 이 기 준>

연세대학교 대학원 치의학과

김혜연

사회적 기대수명이 증가함에 따라 높은 연령대에서 악교정 수술을 많이 진행하게 되었음에도 불구하고 악교정 수술 후 변화에 대한 연구는 젊은 연령층 (평균 연령 20대)에 편중되어 있다. 연령이 증가할수록 기도 크기는 감소하며, 폐쇄성 수면 무호흡증 유병률도 높아지기 때문에 악교정 수술 후 기도 변화의 연령 별 차이를 알아보는 것은 중요하다. 따라서 본 연구는 골격성 III급 부정교합 환자의 악교정 수술 후 인두 기도 변화의 연령대 별 차이를 알아보고자 하였으며, 추가적으로 나이와 인두 기도 변화량 사이의 상관관계를 확인하였다.

골격성 III급 부정교합으로 진단되어 상악골의 Le Fort I 골절단술 및 하악골의 양측성 하악지 시상분할 골절단술을 시행한 20대 (13명, 남6, 여7), 30대 (14명, 남7, 여 7), 40대 (13명, 남6, 여7)의 cone beam computed tomography (CBCT) 기록을 이용하여 수술 전후의 그룹 내, 그룹 간 변화를 비교하였으며, 나이와 인두 기도 변화량 사이의 상관관계 분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 20대 환자의 경우 악교정 수술 후 PNS plane의 anteroposterior length의 증가를 제외하고는 유의한 변화가 관찰되지 않았던 반면, 30대, 40대의 환자는 공통적으로 oropharynx volume, total volume, 최소 단면적 및 soft palate plane, tongue base plane의 측정 값에서 유의한 감소를 보였다. ($p < .05$)
2. 세 그룹 사이에 oropharynx 부피의 변화량에 유의한 차이가 있었으며 ($p < .05$), 사후 검정 결과 20대와 30대, 20대와 40대 사이에는 oropharynx 부피의 변화량이 유의한 차이를 보였다. ($p < .05/3$)
3. 세 그룹을 합한 전체 연령 군에서 단순 회귀 분석 (simple linear regression)을 시행한 결과 연령이 증가할수록 oropharynx volume 의 변화량이 감소하였으며, 다음과 같은 회귀식을 얻었다. $\Delta \text{Oropharynx volume} = 1.403 - 0.085 * \text{age}$, ($R^2 = .212, p < .01$)

이상을 종합하여 골격성 III급 부정교합 환자의 악교정 수술 시 20대에 비해 30대, 40대에서는 기도 길이, 면적 및 부피 측정치의 감소가 확인되므로 수술 전 상기도 저항 증후군 여부 및 CBCT 촬영을 통해 기도 공간을 평가하여 기도 공간이 좁은 30, 40대 환자의 경우에는 기능적인 역할을 강조하여 과도한 하악 후퇴술은 피하는 것이 추천된다.

핵심되는 말: 인두 기도 변화, 악교정 수술, 연령 별 비교, 기도 공간 감소

골격성 Ⅲ급 부정교합 환자의 악교정 수술 후 인두 기도 변화에 대한 연령 별 비교

<지도교수 이 기 준>

연세대학교 대학원 치의학과

김 혜 연

I. 서론

상기도는 비강, 구강 및 인후두로 구성되어 있으며, 호흡, 연하, 발성에 관계되는 점막과 근육으로 이루어진 중요한 해부학적 구조물이다. 상기도는 소아의 경우 성장 및 발달과 함께 지속적인 변화를 하게 되며, 성인에서는 노화 및 외과적 수술에 의해 변화할 수 있다(Arens and Marcus, 2004). Schendel 등(Schendel et al., 2012)의 연구에 의하면 기도 크기와 길이는 20세까지 증가하며, 이후 기도 크기가 감소하기 시작한다고 하였다. 유사하게 Martin 등(Martin et al., 1997)의 성인을 대상으로 시행한 연구에서 연령 증가에 따라 상기도 크기가 감소했다고 보고했다.

골격적 부조화가 심한 골격성 III급 부정교합 환자의 경우 악교정 수술을 통해 교합, 저작 기능 및 심미성을 향상시킬 수 있으나, 구강의 용적 감소와 주위 조직의 후방 이동으로 인두 기도 공간이 좁아질 수 있다(Chen et al., 2007; Kawamata et al., 2000; Tselnik and Pogrel, 2000). 많은 연구에서, 하악골의 단독 후퇴 수술 이후 기도 공간의 감소에 대해 비교적 일관성 있는 결과를 보고했으며(Eggensperger et al., 2005; Hwang et al., 2010; Kawakami et al., 2005), 양악 수술의 경우 하악 단독 수술보다는 영향이 크지 않았지만 수술 전후 상기도의 형태 변화 및 기도 공간의 감소를 확인할 수 있었다(Degerliyurt et al., 2008; Lee et al., 2012; Park et al., 2012; Turnbull and Battagel, 2000).

인두 기도 공간의 감소로 호흡 시 저항이 증가하면 코골이 및 폐쇄성 수면 무호흡증 등의 상기도 저항 증후군을 일으킬 수 있다(Kim et al., 2011; Mo et al., 2010). 폐쇄성 수면 무호흡증은 수면 중에 반복적으로 상기도의 완전 폐쇄나 부분 폐쇄가 일어나는 질환으로, 소수의 환자에서 악교정 수술 후 인두 기도 공간의 감소가 코골이 증상 및 폐쇄성 수면 무호흡증을 일으키는 소인으로 보고된 바 있어 악교정 수술 전 인두 기도 공간 평가의 중요성이 강조되고 있다(Foltán et al., 2009; Hasebe et al., 2011; Riley et al., 1987).

최근 사회적 기대수명이 증가함에 따라 높은 연령대에서 악교정 수술을 많이 진행하게 되었음에도 불구하고(Bailey et al., 2001; Parton et al., 2011) 높은 연령대에서의 악교정 수술 후 기도 변화에 대한 연구는 부족한 실정이다. 특히 연령이 증가할수록 기도 크기가 감소하며(Martin et al., 1997; Schendel et al., 2012), 폐쇄성 수면 무호흡증 유병률도 높아지기 때문에(Larsson et al., 2003; Lee et al., 2010), 악교정 수술 후 기도 변화의 연령 별 차이를 알아보는 것은 중요하다.

본 연구의 목적은 골격성 III급 부정교합 환자의 악교정 수술 후 인두 기도 변화의 연령대 별 차이를 확인하고 추가적으로 나이와 인두 기도 변화량 사이의 상관관계를 알아보기 위함이다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 후향적 연구는 중앙대학교 병원의 생명윤리위원회의 승인을 받아 진행되었다. (IRB 2012-012-19343). 중앙대학교 병원 턱얼굴 클리닉에서 골격성 III급 부정교합으로 진단되어 골격적 불일치를 교정하기 위해 상악골의 Le Fort I 골절단술 (Le Fort I osteotomy) 및 하악골의 양측성 하악지 시상분할 골절단술 (Bilateral sagittal split ramus osteotomy)을 시행한 환자 중 수술 전, 수술 3-6개월 후 촬영한 cone beam computed tomography (CBCT)가 있는 환자들을 대상으로 하였다. 기존에 악교정 수술을 받았던 환자, 구순구개열 등을 포함한 선천적 craniofacial anomaly 환자, 개방교합 4mm 이상인 환자, BMI 지수가 30 이상인 환자들은 제외하였다.

골격성 III급 부정교합 환자의 연령 별 비교를 위하여 20대 (20-29세) 13명 (남자 6명, 여자 7명), 30대 (30-39세) 14명 (남자 7명, 여자 7명), 40대 (40-46세) 13명 (남자 6명, 여자 7명)을 선정하였다. (Table 1)

Table 1. Distribution of patient data and CBCT data

	20s (20-29 years)	30s (30-39 years)	40s (40-46 years)	p-value
Total (n)	13	14	13	
Male (n)	6	7	6	
Female (n)	7	7	7	
Age (years)	23.7 ± 2.3	34.2 ± 2.6	42.2 ± 2.0	<.001 ***
BMI	22.5 ± 3.0	23.4 ± 2.7	22.7 ± 3.1	.559
CBCT (days)	123.0 ± 34.8	127.4 ± 34.4	124.2 ± 31.7	.932

(*** $p < 0.001$)

2. 연구 방법

2.1 전산화 단층 촬영 검사 및 입체 영상 재구성

연구 대상자는 수술 전 2주 이내 (T0) 와 수술 3-6개월 후 (T1)에 CBCT (KaVo 3D eXam, KaVo Dental GmbH, Biberach, Germany) 촬영을 시행하였다. Voxel size는 0.4 mm, scan time 은 17.8 초이며, effective dose는 약 156 μ Sv, FOV 230 x 170 mm로 설정하였다.

촬영 시 환자는 Frankfort horizontal plane (FH plane)이 바닥에 평행하도록 앉은 자세로 위치시키고 안면의 정중시상면이 촬영 장치의 장축과 일치하게 한 후 두부 위치를 고정하였다. 촬영된 전산화 단층 촬영 이미지들을 국제 의료영상 표준 (Digital imaging communication in medicine, DICOM)파일로 변환하여 저장하였다.

수술 전 및 수술 후 촬영한 영상은 InVivoDental 6 software (Anatomage Inc., San Jose, CA, USA)를 사용하여 악안면 및 상기도 형태를 삼차원으로 재구성하였으며, 기도 공간과 연조직의 경계를 구분하기 위하여 하운스필드 단위 (Hounsfield Unit)의 threshold value는 -1,024부터 -600까지의 범위로 설정하였다 (Park et al., 2010). 계측을 표준화하고 오류를 최소화하기 위하여 다음 평면을 기준으로 3차원 영상을 재구성하였다. 양측 porion 및 우측 orbitale를 지나는 수평면 (horizontal plane)을 기준으로 정렬하였고, nasion과 basion을 지나며 수평면에 수직한 평면을 정중 평면 (midsagittal plane)으로, nasion을 포함하며 수평면과 정중 평면에 수직한 평면을 관상면 (frontal plane)으로 설정하였다 (Park et al., 2012). (Table 2)

2.2 계측 항목

기준점 및 기준평면은 Table 2에서 정의하였다.

Table 2. Reference points and reference planes on the 3-dimensional images.

Reference points	
Nasion (Na)	The most anterior point of the frontonasal suture
Orbitale (Or)	The most inferior point of the infraorbital rim
Porion (Po)	The most superior point of the external acoustic meatus
Basion (Ba)	The most posterior inferior point of the occipital bone at the anterior margin of the foramen magnum
A Point	The innermost point in concavity of the anterior maxilla
B Point	The innermost point in concavity of the anterior mandible
Posterior nasal spine (PNS)	The most posterior point on the bony palate in the sagittal plane
Vp	The most posterior point of the ala of the vomer
CV1	The most anterior inferior point of the anterior arch of the atlas
CV2	The most anterior inferior point of the body of second cervical vertebrae
CV4	The most anterior inferior point of the body of forth cervical vertebrae
Reference planes	
Frankfort horizontal plane (FH Plane)	The plane was constructed on both side of Po and right of Or
Midsagittal plane	The plane was perpendicular to the FH plane passing through Na and Ba
Frontal plane (Na-perpendicular plane)	The plane was perpendicular to the FH and the midsagittal planes passing through Na
Vp-PNS plane	The plane was perpendicular to the midsagittal plane passing through PNS and Vp
CV1 plane	The plane was parallel to the FH plane passing through CV1
CV2 plane	The plane was parallel to the FH plane passing through CV2
CV4 plane	The plane was parallel to the FH plane passing through CV4
PNS plane	The plane was parallel to the FH plane passing through PNS
Soft palate plane (SP plane)	The plane was parallel to the FH plane passing through the most posterior point of the soft palate
Tongue base plane (TB plane)	The plane was parallel to the FH plane passing through the most posterior point of the tongue base

2.2.1 악골의 이동량 (상악 advancement, 하악 setback, PNS impaction)

FH plane 및 Na-perpendicular plane을 기준으로 A point, B point의 horizontal position (mm), PNS point의 vertical position (mm)을 구하여 각각의 수술 전 (T0)에서 수술 3-6개월 후 (T1)로의 변화량 (mm)을 상악 advancement (전방+, 후방-), 하악 setback (전방+, 후방-), PNS impaction (상방+, 하방-)으로 정의하였다. (Fig 1)

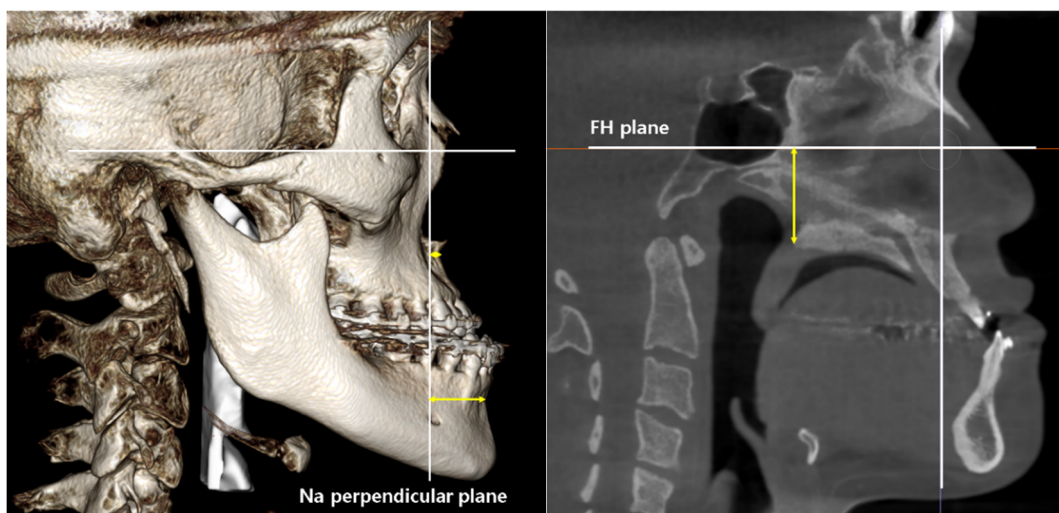


Fig 1. Measurement of movement amount of the jaw; (A). Horizontal measurements of A point and B point, (B). Vertical measurement of PNS

2.2.2 인두 기도 공간의 segmentation 및 부피

재구성된 3차원 이미지에서 환자의 인두 기도 공간은 비인두 (nasopharynx), 구인두 (oropharynx), 하인두 (hypopharynx)의 세 부분으로 나누어 각각의 부피 및 총 부피를 측정하였다. 각 인두를 나누는 평면은 이전의 연구에서 사용되었던 Vp-PNS plane, CV1 plane, CV2 plane, CV4 plane을 사용하였다(Kim NR, 2010; Park et al., 2012; Yang et al., 2020). (Fig 2)

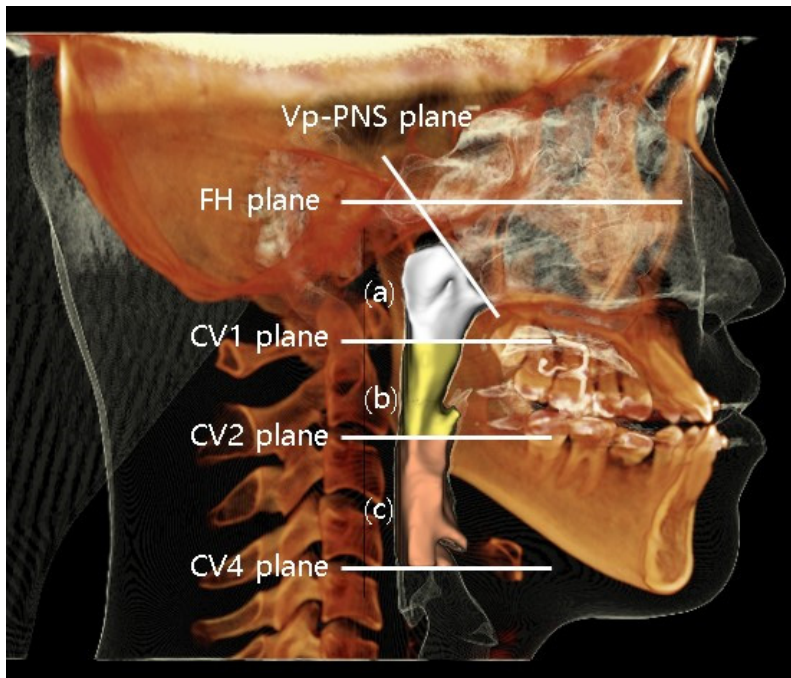


Fig 2. Segmentation of 3-dimensional pharyngeal airway; (a) Nasopharynx; Airway formed by the Vp-PNS plane and CV1 plane (b) Oropharynx; Airway formed by the CV1 plane and CV2 plane (c) Hypopharynx; Airway formed by the CV2 plane and CV4 plane

2.2.3 전체 기도의 최소 단면적 및 최소 단면적의 위치

InVivoDental 6 소프트웨어의 측정 기능을 이용하여 전체 기도의 최소 단면적 및 최소 단면적의 위치를 nasopharynx, oropharynx, hypopharynx로 구분하여 확인하였다. (Figs 3&4)

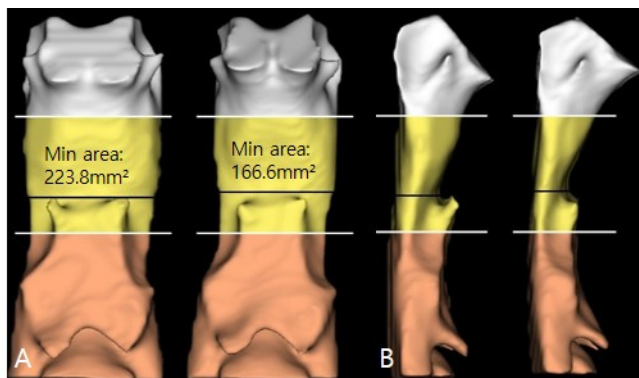


Fig 3. Three-dimensional reconstructed airway and minimum cross-sectional area in a 20s patient; (A) anterior view, left; pre-operation, right; post-operation (B) lateral view, left; pre-operation, right; post-operation.

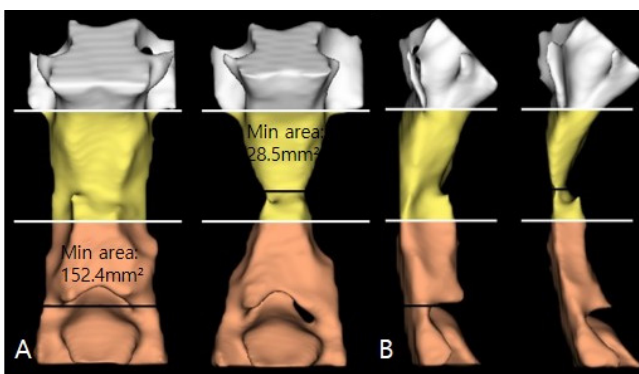


Fig 4. Three-dimensional reconstructed airway and minimum cross-sectional area in a 40s patient; (A) anterior view, left; pre-operation, right; post-operation (B) lateral view, left; pre-operation, right; post-operation.

2.2.4 각 기준평면에서 전후방 길이, 측방 너비 및 단면적

2차원 상의 계측은 3가지 vertical level (PNS plane, SP plane, TB plane)을 사용하여 확인하였다(Yang et al., 2020). (Table 2) 각 level에 의해 형성된 상기도 공간의 전후방 길이 (the anteroposterior length, AP), 측방 너비 (the highest transverse width, TR) 및 단면적(cross-sectional area, CSA)을 각각 측정하였다. (Fig 5)

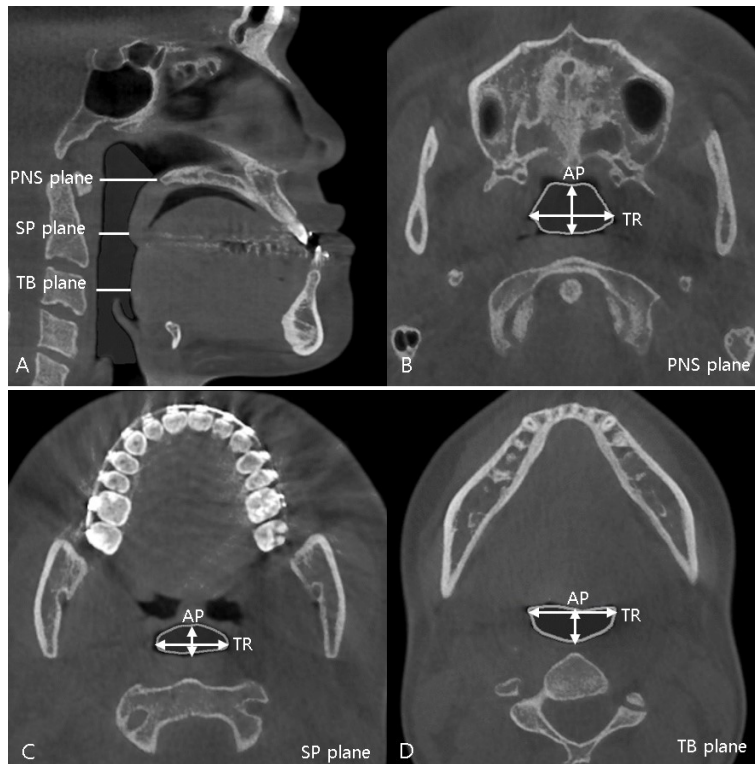


Fig 5. Measurement in two dimensions; (A) 3 vertical levels (PNS plane, The plane was parallel to the FH plane passing through PNS; SP plane, The plane was parallel to the FH plane passing through the most posterior point of the soft palate; TB plane, The plane was parallel to the FH plane passing through the most posterior point of the tongue base), (B) Anteroposterior length (AP), transverse width (TR) and cross-sectional area (CSA) of the PNS plane (C) AP, TR and CSA of the SP plane (D) AP, TR and CSA of the TB plane

2.2.5 Pharyngeal narrowing ratio (PNR): 최소 단면적/PNS_CSA *100 (%)

최소 단면적 측정치의 비교는 개개인의 기도 크기 차이의 영향을 포함하지 않는다는 한계가 존재한다. 따라서 개개인에서 기도의 협착 정도를 잘 설명할 수 있는 Pharyngeal narrowing ratio (PNR)를 비교하였다(Fajdiga, 2005; Koren et al., 2009). PNR은 전체 기도의 최소 단면적과 PNS plane의 단면적의 비로 계산하였다.

2.3 통계 분석

통계 분석은 SPSS 소프트웨어 (version 22, Chicago, Ill)를 사용하였으며, 통계적 유의성은 $p < .05$ 일 때 유의하다고 판단하였다.

20대, 30대, 40대 각 그룹 별 수술 전후 측정값의 차이를 알아보기 위해 Wilcoxon부호 순위 검정 (Wilcoxon Signed Ranks test)을 시행하였으며, 세 그룹 간 수술 전 기도 측정값, 악골의 이동량의 차이 및 수술 전후 기도 변화량의 차이를 알아보기 위해 Kruskal-Wallis test를 사용하였고, 각 군 사이에 차이가 있는지 사후 검정은 Bonferroni correction을 이용하여 검정하였다. 또한 20대, 30대, 40대 세 그룹을 합한 전체 그룹의 나이를 독립변수로 하고 oropharynx volume의 변화량을 종속변수로 하여 단순 회귀 분석을 시행하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 조사자 내 오차 검정

계측자 내 신뢰도 평가를 위하여 무작위로 선택한 10명의 환자를 동일한 검사자가 2주 후에 동일한 방법으로 재측정 하였다. 급내 상관계수 (Intra-class Correlation Coefficient, ICC)를 이용하여 평가 한 결과, ICC의 범위는 0.96-0.99로 높은 신뢰도를 보였다.

2. 세 연령 군 간 악골의 이동량 (T1-T0) 비교

20대, 30대, 40대 세 연령 군 간 악골의 이동량의 차이를 알아보기 위하여 Kruskal-Wallis test를 시행하였으며 유의한 차이는 없었다. ($p>.05$) (Table 3)

악교정 수술의 결과로 A point 가 20대 그룹에서 1.84 ± 1.63 mm, 30대 그룹에서 2.03 ± 2.00 mm, 40대 그룹에서 2.03 ± 2.76 mm 전방으로 이동했고, B point가 20대 그룹에서 -7.44 ± 2.82 mm, 30대 그룹에서 -7.02 ± 2.92 mm, 40대 그룹에서 -7.09 ± 2.76 mm 이동했으며 상악골의 후방 impaction 이 20대 그룹에서 3.54 ± 2.20 mm, 30대 그룹에서 3.89 ± 2.58 mm, 40대 그룹에서 3.93 ± 1.92 mm 이동하였다.

Table 3. The amount of surgery in the 20s, 30s, 40s group

	20s	30s	40s	<i>p</i> -
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	value
Maxilla advancement (mm)	1.84 $\pm$ 1.63	2.03 $\pm$ 2.00	2.03 $\pm$ 2.76	.942
Mandible setback (mm)	-7.44 $\pm$ 2.82	-7.02 $\pm$ 2.92	-7.09 $\pm$ 2.76	.839
PNS impaction (mm)	3.54 $\pm$ 2.20	3.89 $\pm$ 2.58	3.93 $\pm$ 1.92	.929

3. 각 그룹 별 악교정 수술 전, 후의 기도 측정값 비교

20대 그룹의 수술 전후를 비교한 결과, nasopharynx의 부피 및 PNS plane의 TR, CSA는 증가하였으나 유의하지 않았고, PNS plane의 AP만 유의한 증가를 보였다. (Table 4)

30대 그룹의 수술 전후를 비교한 결과, 부피 측정치에서 oropharynx, total volume의 유의한 감소를 보였으며, 최소 단면적도 유의한 감소를 보였다. 각 plane에서의 변화를 살펴보면 SP plane의 TR, CSA는 유의하게 감소하였고, TB plane의 AP, TR, CSA는 유의하게 감소하였다.

40대 그룹의 경우, 부피 측정치에서 oropharynx, total volume의 유의한 감소를 보였으며, 최소 단면적 및 PNR도 유의한 감소를 보였다. 각 plane에서의 변화를 살펴보면 SP plane 및 TB plane의 모든 측정값 (AP, TR, CSA)에서 유의하게 감소하였다.

Table 4. Volumetric & cross-sectional airway measurements before and after surgery in the 20s, 30s, 40s

	20s			30s			40s		
	T0	T1	p-	T0	T1	p-	T0	T1	p-
	Mean (SD)	Mean (SD)	Value	Mean (SD)	Mean (SD)	Value	Mean (SD)	Mean (SD)	Value
Volume (mm³)									
Nasopharynx	7.18 (1.89)	7.46 (1.64)	.345	8.87 (3.06)	8.16 (2.60)	.068	9.23 (2.14)	8.85 (2.15)	.506
Oropharynx	5.42 (1.85)	4.98 (2.03)	.161	6.71 (2.11)	4.86 (1.73)	.001 **	7.17 (2.48)	5.16 (1.92)	.002 **
Hypopharynx	7.62 (1.93)	7.51 (2.02)	.753	8.17 (3.05)	7.51 (2.75)	.221	9.17 (4.52)	8.08 (3.76)	.080
Total	20.22 (4.27)	19.95 (4.830)	.700	23.75 (6.280)	20.54 (5.24)	.016 *	25.57 (7.65)	22.08 (6.45)	.005 **
Minimum CSA (mm²)	112.09 (50.91)	114.44 (50.01)	1.000	124.93 (68.68)	91.93 (49.05)	.041 *	135.03 (69.61)	100.96 (66.79)	.039 *
PNS plane									
AP(mm)	18.29 (2.32)	20.35 (2.76)	.002 **	19.23 (3.27)	20.11 (3.79)	.074	19.39 (2.37)	20.70 (3.36)	.124
TR(mm)	29.20 (6.81)	29.40 (5.67)	.701	31.65 (7.11)	31.07 (6.73)	.778	32.24 (6.92)	31.61 (5.83)	.754
CSA (mm ²)	469.27 (123.03)	471.59 (106.73)	.650	495.75 (133.83)	476.70 (137.35)	.510	505.60 (125.59)	503.60 (98.07)	.834
SP plane									
AP(mm)	8.78 (1.86)	8.54 (2.79)	.552	9.22 (2.53)	8.53 (2.03)	.158	8.49 (1.94)	7.03 (2.12)	.012 *
TR(mm)	22.47 (4.59)	21.86 (4.98)	.552	24.96 (6.41)	21.99 (6.09)	.005 **	25.36 (5.90)	21.40 (7.06)	.009 **
CSA (mm ²)	167.60 (61.78)	158.65 (67.78)	.552	205.48 (78.42)	165.40 (61.95)	.013 *	204.00 (76.04)	151.82 (81.59)	.005 **
TB plane									
AP(mm)	10.24 (2.32)	9.70 (3.38)	.382	10.45 (3.07)	8.44 (2.79)	.007 **	10.66 (3.51)	8.49 (3.07)	.002 **
TR(mm)	24.99 (4.87)	24.30 (4.92)	.600	27.17 (5.70)	24.86 (5.34)	.013 *	26.77 (6.22)	24.15 (6.46)	.019 *
CSA (mm ²)	216.51 (75.38)	202.93 (89.50)	.382	235.60 (104.29)	172.95 (76.05)	.002 **	225.64 (105.29)	174.62 (94.96)	.006 **
PNR (%)	24.71 (11.63)	24.36 (9.91)	.944	27.08 (15.82)	21.69 (13.99)	.109	27.57 (14.49)	19.54 (11.22)	.019 *

(* $p<0.05$, ** $p<0.01$): T0, pre-operation; T1, post-operation; SP plane, soft palate plane; TB plane, tongue base plane; PNR, pharyngeal narrowing ratio;

AP, anteroposterior length; TR, transverse width; CSA, cross-sectional area

4. 세 그룹 간 수술로 인한 기도 변화량 비교

세 그룹 간 수술로 인한 기도 변화량을 비교한 결과 oropharynx 부피의 변화량이 세 군 간 유의한 차이가 있었으며 ($p<.05$), 사후 검정 결과 30대와 40대 사이에는 유의한 차이가 없었으나, 20대와 30대 ($p=.014$), 20대와 40대 ($p=.007$) 사이에 유의한 차이를 보였다. (Table 5, Fig 6)

Table 5. Comparison of surgical changes in the 20s, 30s and 40s

	20s (T1-T0) Mean (SD)	30s (T1-T0) Mean (SD)	40s (T1-T0) Mean (SD)	<i>p</i> -value
Volume (mm³)				
Nasopharynx	0.28 (1.09)	-0.71 (1.59)	-0.38 (1.38)	.102
Oropharynx	-0.44 (1.01) ^a	-1.84 (1.33) ^b	-2.01 (1.53) ^b	.012 *
Hypopharynx	-0.11 (1.30)	-0.66 (2.26)	-1.09 (1.88)	.373
Total	-0.26 (2.69)	-3.21 (4.14)	-3.48 (3.23)	.079
Minimum CSA (mm²)	2.35 (48.34)	-33.00 (58.89)	-34.07 (45.21)	.250
PNS plane				
AP(mm)	2.07 (1.08)	0.88 (1.77)	1.30 (2.90)	.237
TR(mm)	0.20 (2.01)	-0.58 (4.21)	-0.63 (4.77)	.984
CSA(mm ²)	2.32 (55.36)	-19.05 (79.66)	-2.00 (108.76)	.646
SP plane				
AP(mm)	-0.24 (1.70)	-0.70 (1.87)	-1.46 (1.96)	.328
TR(mm)	-0.61 (3.68)	-2.97 (3.06)	-3.96 (4.57)	.104
CSA(mm ²)	-8.95 (42.81)	-40.08 (48.85)	-52.18 (52.27)	.084
TB plane				
AP(mm)	-0.54 (1.89)	-2.01 (2.40)	-2.16 (2.05)	.133
TR(mm)	-0.68 (4.17)	-2.31 (2.89)	-2.61 (3.75)	.608
CSA(mm ²)	-13.58 (53.42)	-62.65 (61.00)	-51.01 (53.27)	.120
PNR (%)	-0.34 (9.74)	-5.40 (9.53)	-8.03 (10.29)	.256

(* $p<0.05$, shared subscripts represent group means that are not statistically significant from one another after Bonferroni correction.); T0, pre-operation; T1, post-operation; SP plane, soft palate plane; TB plane, tongue base plane; PNR, pharyngeal narrowing ratio; AP, anteroposterior length; TR, transverse width; CSA, cross-sectional area

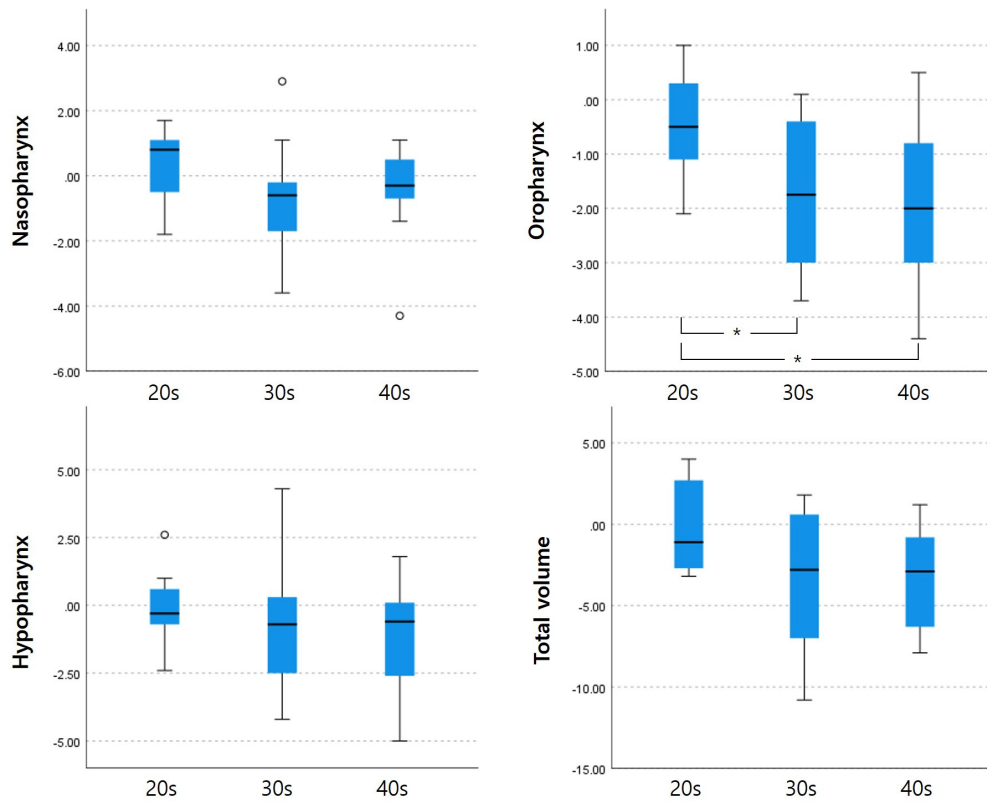


Fig 6. The amount of change in nasopharynx, oropharynx, hypopharynx and total volume by age group. As a result of the post-hoc test, there were significant differences in oropharynx between the 20s and 30s, and the 20s and 40s ($p < .05/3$)

5. 나이와 Oropharynx volume 변화량의 단순 회귀 분석

20 대, 30 대, 40 대 세 그룹을 합한 전체 연령 군에서 나이를 독립변수로 하고 oropharynx volume 의 변화량을 종속변수로 하여 단순 회귀 분석 (simple linear regression)을 시행한 결과 연령이 증가할수록 oropharynx volume 의 변화량이 감소하였으며 ($R^2=.212$, $p<.01$), Figure 7 과 같은 산포도를 얻었다.

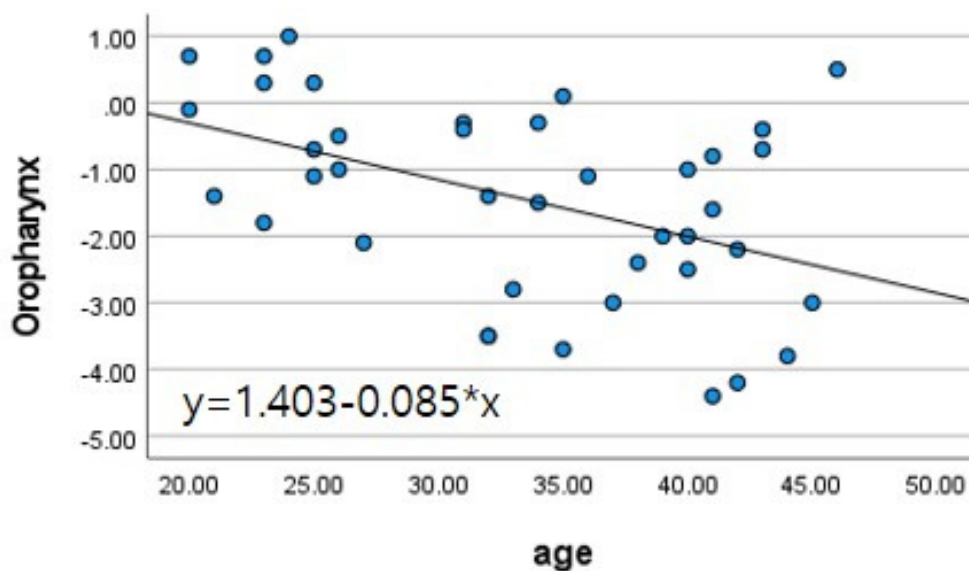


Fig 7. Scatter plot of age versus the change in oropharynx volume. Δ Oropharynx volume = $1.403 - 0.085 * \text{age}$, ($R^2=.212$, $p<.01$)

6. 최소 단면적 부위의 영역 변화

세 그룹 모두 수술 전 hypopharynx에 최소 단면적이 위치한 환자 수가 더 많았으며, 20대의 경우 수술 전후로 최소 단면적 부위의 영역이 변한 환자는 없었다. (Fig 8) 30대의 경우 4명의 환자가 hypopharynx에서 oropharynx로 최소 단면적 부위의 영역이 변화하였으며 1명의 환자는 oropharynx에서 hypopharynx로 영역이 변화하였다. 40대의 경우 3명의 환자가 hypopharynx에서 oropharynx로, 2명의 환자는 oropharynx에서 hypopharynx로 영역이 변화하였다.

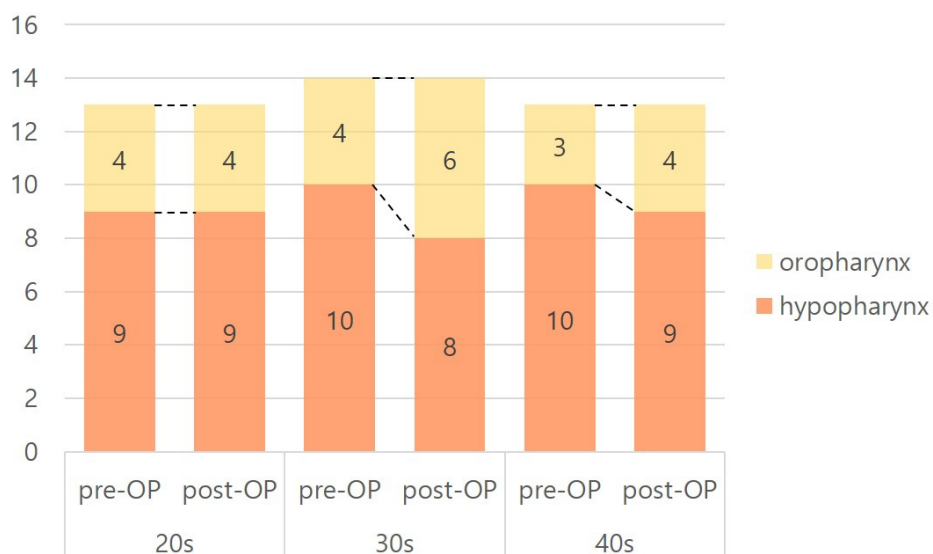


Fig. 8 Changes in position before and after surgery of minimum cross-sectional area in 20s, 30s and 40s

IV. 고찰

골격성 III급 부정교합 환자의 악교정 수술 후 상기도 공간 감소는 많은 연구들에 의해 보고되었으나(Degerliyurt et al., 2008; Eggensperger et al., 2005; Hwang et al., 2010; Kawakami et al., 2005; Lee et al., 2012; Park et al., 2012; Turnbull and Battagel, 2000) 대부분 평균 연령 20대의 젊은 층을 대상으로 이루어진 연구들로 높은 연령대에서의 악교정 수술 후 기도 변화에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 하악 후퇴 수술 이후 기도량 감소의 위험 인자를 알아본 Choi 등(Choi et al., 2014)의 연구에서 나이와 기도 변화량 사이에 상관관계가 없다고 하였으나, 19~35세 (평균 연령 24.1세)의 환자를 대상으로 하여 보다 높은 연령층에 대한 연구가 부족하다고 보여진다. 연령이 증가할수록 일반적으로 기도 크기가 감소하며(Martin et al., 1997; Schendel et al., 2012), 코골이 및 폐쇄성 수면 무호흡증 유병률도 높아지기 때문에(Larsson et al., 2003; Lee et al., 2010) 악교정 수술 후 기도 공간 변화에도 연령에 따른 차이가 존재할 수 있으며 이는 수술 계획 시 중요한 고려대상이 되어야 한다.

본 연구는 골격성 III급 부정교합을 개선하기 위해 악교정 수술을 시행한 20대, 30대, 40대 각각 13, 14, 13명을 대상으로 CBCT를 사용하여 인두 기도 변화를 평가했다. 통계 분석에 따르면 20대 환자의 경우 악교정 수술 후 PNS plane의 AP가 약간의 증가를 보였으나 이를 제외하고는 유의한 변화가 관찰되지 않았던 반면, 30대, 40대의 환자는 공통적으로 oropharynx volume, total volume, 최소 단면적 및 SP plane, TB plane의 측정 값에서 유의한 감소를 확인할 수 있었다. (Table 4) 세 군간 변화량을 비교한 결과, oropharynx 부피의 변화량에 유의한 차이를 보였으며 특히 30대와 40대 사이에는 유의한 차이가 없으나, 20대와 비교 시 30대, 40대 모두 유의하게 감소한 것을 확인할 수 있었다. (Table 5, Fig 6)

기존의 연구들에서 하악골의 후퇴량은 기도 변화량과 큰 상관관계가 없다고 하였다(Dong-Hee and Ki-Soo, 1998; Enacar et al., 1994; Güven and Saraçoğlu, 2005; On et al., 2015). 이는 악골 변화에 따른 주위 조직의 적응으로 인해 경조직의 이동만큼 연조직의 후퇴가 일어나지 않는 것으로 여겨진다. 적응은 동일 연령대에서도 다양한 구조적 차이, 비만도 및 연조직 탄력 정도 등에 따라 개인별로 차이가 있을 수 있으나, 특히 연령이 높을수록 환경 변화에 대한 주위 조직의 적응력이 떨어져 단기간 추적 관찰 시 악교정 수술 이후 기도 공간의 감소가 젊은 층보다 많이 나타난다고 해석할 수 있다.

Riley 등(Riley et al., 1987)의 연구에서 하악 후퇴술 후 두 명의 환자에서 폐쇄성 수면무호흡증 (OSA)이 발병했다고 보고했으며, 그 이후로 악교정 수술과 OSA 연관성에 대한 많은 연구가 이루어졌다. Fernández-Ferrer 등(Fernández-Ferrer et al., 2015)은 악교정 수술로 인한 상기도 공간 감소가 수면의 질에 영향을 미치지 않는다고 하였지만, 여전히 악교정 수술 시 인두 기도 공간에 대한 특별한 주의가 필요하다.

특히 OSA 위험을 평가할 때 기도의 협착 정도가 공기 흐름의 저항을 증가시키기 때문에 기도의 최소 단면적을 평가하는 것이 기준 평면에서의 측정값, 부피 측정값보다 더 중요하다고 알려져 있다(Chen et al., 2016; Kim et al., 2016; Lenza et al., 2010). 이는 단면적이 최소가 되는 부분에서 기류 속도 및 음압이 최대라는 베르누이의 정리 및 반경이 감소하면 저항이 증가한다는 Pouseille의 법칙을 기반으로 한다(Mo et al., 2010; Schendel et al., 2014). 최소 단면적 측정치의 정량적 비교는 개개인의 기도 크기 차이의 영향을 포함하지 않는다는 한계가 있어 Fajdiga(Fajdiga, 2005)는 개인별 기도의 협착 정도를 잘 설명할 수 있는 PNR을 제안하였으며, Koren 등(Koren et al., 2009)은 PNR이 OSA 환자를 구별하기 위한 유용한 parameter임을 확인하였다. 본 연구 결과 수술 전후 30대, 40대 그룹에서는 수술 전후 최소 단면적이 유의한 감소를 보였으며, PNR은 40대 그룹에서 수술 전후 유의한 감소를 보였다.

또한 이번 연구를 통해 악교정 수술 전후 최소 단면적이 위치한 영역을 평가하였다. Zheng 등(Zheng et al., 2014)에 의하면 최소 단면적의 위치가 골격 패턴에 따라 달랐으며, 골격성 III급 부정교합 환자의 경우 최소 단면적이 골격성 I, II급 부정교합 환자보다 컸으며, 일반적으로 하인두 부위에 있는 것을 확인하였다. 골격성 II급 부정교합 환자의 경우, 작고 후퇴된 하악이 연구개를 인두 공간으로 밀어 구인두 기도 부피가 감소하고 연구개 주위에 최소 단면적이 위치하는 반면, 골격성 III급 부정교합 환자의 경우 크고 전방에 위치한 하악으로 인해 혀가 전하방에 위치해 하인두 영역에 넓은 최소 단면적이 발생한다고 하였다(Zheng et al., 2014). 본 연구 결과도 이와 유사하게 골격성 III급 부정교합 환자의 수술 전 70% 이상에서 hypopharynx에 최소 단면적이 위치해 있었다. 수술 후의 변화를 살펴보면 20대 환자 군에서는 악교정 수술로 인하여 최소 단면적의 위치가 변한 환자는 없었으나, 30대, 40대 환자 군에서는 악교정 수술 후 최소 단면적이 oropharynx에 위치한 환자 수가 수술 전보다 더 증가했다. (Fig 7) 이는 30대, 40대 환자 군에서 악교정 수술 후 oropharynx 부피가 유의하게 감소하는 것과 관련 있는 것으로 보인다.

기존의 많은 연구들은 상기도의 구인두 부분이 폐쇄성 수면 무호흡 발병과 관련이 깊으며, 수면 무호흡이 발생하는 동안 기도 공간 협착은 거의 항상 구인두 부분의 연구개에서 발생했다고 보고했다(Avrahami and Englender, 1995; Galvin et al., 1989; Jäger et al., 1998; Koren et al., 2009; Lam et al., 2004; Pépin et al., 1999; Schwab et al., 1993; Suratt et al., 1983). 본 연구는 수술 전후로 수면 무호흡증이 발생한 환자는 없었으나, 30대, 40대 환자의 경우 악교정 수술 후 oropharynx 부피 및 최소 단면적이 유의한 감소 (40대의 경우 PNR도 감소)를 보이며 최소 단면적의 위치가 oropharynx로 변화할 수 있기 때문에, 20대에 비하여 악교정 수술 후 OSA의 위험에 노출될 가능성이 높을 것으로 여겨진다. 따라서 높은 연령층의 환자의 악교정 수술 시에는 젊은 환자보다 OSA 가능성이 높음을 인지하여 수술 전후 기도 관리에 대한 특별한 주의가 필요할 것으로 보인다.

본 연구는 기도 삽관 및 연조직의 부종 등에 의한 영향을 배제하기 위해 수술 3-6개월 후의 CBCT 영상을 사용하였다. Chen 등(Chen et al., 2005)은 술 후 3-6개월의 CT 영상과 술 후 2년까지의 CT 영상의 인두 기도는 유의할 만한 차이가 없다고 하였지만, Marşan 등(Marşan et al., 2009)의 연구에서 인두 기도는 술 후 5년까지 새로운 골격 및 연조직 환경에 지속적으로 적응하며 변화한다고 하였다. 이와 같이 장기간 추적 관찰 후의 기도 변화에 대해서는 의견이 분분하다. 특히 연령대가 높은 환자의 경우 연조직 및 기능적 적응까지 더 오랜 기간이 필요할 수 있기 때문에 보다 장기간 추적 관찰을 통한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

또한 기도는 호흡, 연하 및 발성 같은 생리적인 현상에 따라 변화하는 동적인 기관으로 CBCT를 이용한 3차원 영상은 이를 고려하지 않았다는 점에서 상기도의 기능적 분석에 한계가 존재한다. 따라서 수술 후의 상기도 변화에 대해 공기의 흐름을 고려한 유체역학적 분석과 더불어 조직의 특성을 고려한 동적인 상태의 수면 다원 검사 등을 동반한 기능적 분석을 시도한 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결론

골격성 III급 부정교합 환자의 악교정 수술 전후 CBCT 영상을 이용하여 연령대 별 상기도의 변화를 비교 및 나이와 기도 변화량의 상관관계를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 20대 환자의 경우 악교정 수술 후 PNS plane의 anteroposterior length의 증가를 제외하고는 유의한 변화가 관찰되지 않았던 반면, 30대, 40대의 환자는 공통적으로 oropharynx volume, total volume, 최소 단면적 및 SP plane, TB plane의 측정 값에서 유의한 감소를 보였다. ($p<.05$)
2. 세 그룹 사이에 oropharynx 부피의 변화량에 유의한 차이가 있었으며 ($p<.05$), 사후 검정 결과 20대와 30대, 20대와 40대 사이에는 oropharynx 부피의 변화량이 유의한 차이를 보였다. ($p<.05/3$)
3. 세 그룹을 합한 전체 연령 군에서 단순 회귀 분석(simple linear regression)을 시행한 결과 연령이 증가할수록 oropharynx volume의 변화량이 감소하였으며, 다음과 같은 회귀식을 얻었다. $\angle \text{Oropharynx volume} = 1.403 - 0.085 * \text{age}$, ($R^2=.212, p<.01$)

이상을 종합하여 골격성 III급 부정교합 환자의 악교정 수술 시 20대에 비해 30대, 40대에서는 기도 길이, 면적 및 부피 측정치의 감소가 확인되므로 수술 전 상기도 저항 증후군 여부 및 CBCT 촬영을 통해 기도 공간을 평가하여 기도 공간이 좁은 30대, 40대 환자의 경우에는 기능적인 역할을 강조하여 과도한 하악 후퇴술은 피하는 것이 추천된다.

참고 문헌

- Arens R, Marcus CL (2004). Pathophysiology of upper airway obstruction: a developmental perspective. *Sleep (New York, N.Y.)* 27(5): 997-1019.
- Avrahami E, Englender M (1995). Relation between CT axial cross-sectional area of the oropharynx and obstructive sleep apnea syndrome in adults. *AJNR Am J Neuroradiol* 16(1): 135-140.
- Bailey L, Haltiwanger L, Blakey G, Proffit W (2001). Who seeks surgical-orthodontic treatment: a current review. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* 16: 280-292.
- Chen F, Terada K, Hanada K, Saito I (2005). Predicting the pharyngeal airway space after mandibular setback surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 63(10): 1509-1514.
- Chen F, Terada K, Hua Y, Saito I (2007). Effects of bimaxillary surgery and mandibular setback surgery on pharyngeal airway measurements in patients with Class III skeletal deformities. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 131(3): 372-377.
- Chen H, Aarab G, de Ruiter MHT, de Lange J, Lobbezoo F, van der Stelt PF (2016). Three-dimensional imaging of the upper airway anatomy in obstructive sleep apnea: a systematic review. *Sleep Medicine* 21: 19-27.
- Choi SK, Yoon JE, Cho JW, Kim JW, Kim SJ, Kim MR (2014). Changes of the Airway Space and the Position of Hyoid Bone after Mandibular Set Back Surgery Using Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy Technique. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 36(5): 185-191.
- Degerliyurt K, Ueki K, Hashiba Y, Marukawa K, Nakagawa K, Yamamoto E (2008). A comparative CT evaluation of pharyngeal airway changes in class III patients receiving bimaxillary surgery or mandibular setback surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 105(4): 495-502.
- Dong-Hee C, Ki-Soo L (1998). A STUDY ON CHANGES OF AIRWAY, TONGUE, AND HYOID POSITION FOLLOWING ORTHOGNATHIC SURGERY. *Korean Journal of Orthodontics* 28(4): 487-498.

- Eggensperger N, Smolka W, Iizuka T (2005). Long-term changes of hyoid bone position and pharyngeal airway size following mandibular setback by sagittal split ramus osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg* 33(2): 111-117.
- Enacar A, Aksoy AU, Sençift Y, Haydar B, Aras K (1994). Changes in hypopharyngeal airway space and in tongue and hyoid bone positions following the surgical correction of mandibular prognathism. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* 9(4): 285-290.
- Fajdiga I (2005). Snoring Imaging: Could Bernoulli Explain It All? *Chest* 128(2): 896-901.
- Fernández-Ferrer L, Montiel-Company JM, Pinho T, Almerich-Silla JM, Bellot-Arcís C (2015). Effects of mandibular setback surgery on upper airway dimensions and their influence on obstructive sleep apnoea - a systematic review. *J Craniomaxillofac Surg* 43(2): 248-253.
- Foltán R, Hoffmannová J, Donev F, Vlk M, Sedý J, Kufa R, et al. (2009). The impact of Le Fort I advancement and bilateral sagittal split osteotomy setback on ventilation during sleep. *Int J Oral Maxillofac Surg* 38(10): 1036-1040.
- Galvin JR, Rooholamini SA, Stanford W (1989). Obstructive sleep apnea: diagnosis with ultrafast CT. *Radiology* 171(3): 775-778.
- Güven O, Saraçoğlu U (2005). Changes in Pharyngeal Airway Space and Hyoid Bone Positions After Body Osteotomies and Sagittal Split Ramus Osteotomies. *Journal of Craniofacial Surgery* 16(1): 23-30.
- Hasebe D, Kobayashi T, Hasegawa M, Iwamoto T, Kato K, Izumi N, et al. (2011). Changes in oropharyngeal airway and respiratory function during sleep after orthognathic surgery in patients with mandibular prognathism. *Int J Oral Maxillofac Surg* 40(6): 584-592.
- Hwang S, Chung CJ, Choi YJ, Huh JK, Kim KH (2010). Changes of hyoid, tongue and pharyngeal airway after mandibular setback surgery by intraoral vertical ramus osteotomy. *Angle Orthod* 80(2): 302-308.
- Jäger L, Günther E, Gauger J, Reiser M (1998). Fluoroscopic MR of the pharynx in patients with obstructive sleep apnea. *American Journal of Neuroradiology* 19(7): 1205.
- Kawakami M, Yamamoto K, Fujimoto M, Ohgi K, Inoue M, Kirita T (2005). Changes in tongue and hyoid positions, and posterior airway space following mandibular

- setback surgery. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 33(2): 107-110.
- Kawamata A, Fujishita M, Arijji Y, Arijji E (2000). Three-dimensional computed tomographic evaluation of morphologic airway changes after mandibular setback osteotomy for prognathism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 89(3): 278-287.
- Kim HS, Kim GT, Kim S, Lee JW, Kim EC, Kwon YD (2016). Three-dimensional evaluation of the pharyngeal airway using cone-beam computed tomography following bimaxillary orthognathic surgery in skeletal class III patients. *Clin Oral Investig* 20(5): 915-922.
- Kim JH, Chung TS, Kim NH, Seong SY, Lee GB, Kim KS (2011). Relationship between Upper Airway Computed Tomography in the Awake State and Polysomnography in Obstructive Sleep Apnea Patients. *J Rhinol* 18(1): 20-28.
- Kim NR D, Msd , Kim YI, Dds , Msd , Park SB, Dds , Msd , Phd , , Hwang DS, Dds , Msd , Phd (2010). Three dimensional cone-beam CT study of upper airway change after mandibular setback surgery for skeletal Class III malocclusion patients. *Korean Journal of Orthodontics* 40(3): 145-155.
- Koren A, Grošelj LD, Fajdiga I (2009). CT comparison of primary snoring and obstructive sleep apnea syndrome: role of pharyngeal narrowing ratio and soft palate-tongue contact in awake patient. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 266(5): 727-734.
- Lam B, Ooi CGC, Peh WCG, Lauder I, Tsang KWT, Lam W-K, et al. (2004). Computed tomographic evaluation of the role of craniofacial and upper airway morphology in obstructive sleep apnea in Chinese. *Respiratory Medicine* 98(4): 301-307.
- Larsson LG, Lindberg A, Franklin KA, Lundbäck B (2003). Gender differences in symptoms related to sleep apnea in a general population and in relation to referral to sleep clinic. *Chest* 124(1): 204-211.
- Lee RWW, Sutherland K, Cistulli PA (2010). Craniofacial Morphology in Obstructive Sleep Apnea: A Review. *Clinical Pulmonary Medicine* 17(4).
- Lee Y, Chun YS, Kang N, Kim M (2012). Volumetric changes in the upper airway after bimaxillary surgery for skeletal class III malocclusions: a case series study using

- 3-dimensional cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 70(12): 2867-2875.
- Lenza M, Lenza MdO, Dalstra M, Melsen B, Cattaneo P (2010). An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study. *Orthodontics & Craniofacial Research* 13(2): 96-105.
- Marşan G, Vasfi Kuvat S, Oztaş E, Cura N, Süsal Z, Emekli U (2009). Oropharyngeal airway changes following bimaxillary surgery in Class III female adults. *J Craniomaxillofac Surg* 37(2): 69-73.
- Martin SE, Mathur R, Marshall I, Douglas NJ (1997). The effect of age, sex, obesity and posture on upper airway size. *European Respiratory Journal* 10(9): 2087.
- Mo S-S, Ahn HT, Lee J-S, Chung Y-S, Moon Y-S, Pae E-K, et al. (2010). Morphological characteristics of the upper airway and pressure drop analysis using 3D CFD in OSA patients. *Korean Journal of Orthodontics* 40(2): 66-76.
- On SW, Han MW, Hwang DY, Song SI (2015). Retrospective study on change in pharyngeal airway space and hyoid bone position after mandibular setback surgery. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 41(5): 224-231.
- Park JW, Kim NK, Kim JW, Kim MJ, Chang YI (2010). Volumetric, planar, and linear analyses of pharyngeal airway change on computed tomography and cephalometry after mandibular setback surgery. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 138(3): 292-299.
- Park SB, Kim YI, Son WS, Hwang DS, Cho BH (2012). Cone-beam computed tomography evaluation of short- and long-term airway change and stability after orthognathic surgery in patients with Class III skeletal deformities: bimaxillary surgery and mandibular setback surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 41(1): 87-93.
- Parton A, Tong D, De Silva H, Farella M, De Silva R (2011). A nine-year review of orthognathic surgery at the University of Otago. *The New Zealand dental journal* 107: 117-120.
- Pépin JL, Veale D, Ferretti GR, Mayer P, Lévy PA (1999). Obstructive sleep apnea syndrome: hooked appearance of the soft palate in awake patients--cephalometric and CT findings. *Radiology* 210(1): 163-170.
- Riley RW, Powell NB, Guilleminault C, Ware W (1987). Obstructive sleep apnea syndrome

- following surgery for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg* 45(5): 450-452.
- Schendel SA, Broujerdi JA, Jacobson RL (2014). Three-dimensional upper-airway changes with maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 146(3): 385-393.
- Schendel SA, Jacobson R, Khalessi S (2012). Airway Growth and Development: A Computerized 3-Dimensional Analysis. *J Oral Maxillofac Surg* 70(9): 2174-2183.
- Schwab RJ, Geffer WB, Pack AI, Hoffman EA (1993). Dynamic imaging of the upper airway during respiration in normal subjects. *J Appl Physiol* 74(4): 1504-1514.
- Suratt PM, Dee P, Atkinson RL, Armstrong P, Wilhoit SC (1983). Fluoroscopic and computed tomographic features of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 127(4): 487-492.
- Tselnik M, Pogrel MA (2000). Assessment of the pharyngeal airway space after mandibular setback surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 58(3): 282-285.
- Turnbull NR, Battagel JM (2000). The effects of orthognathic surgery on pharyngeal airway dimensions and quality of sleep. *J Orthod* 27(3): 235-247.
- Yang HJ, Jung YE, Kwon IJ, Lee JY, Hwang SJ (2020). Airway changes and prevalence of obstructive sleep apnoea after bimaxillary orthognathic surgery with large mandibular setback. *Int J Oral Maxillofac Surg* 49(3): 342-349.
- Zheng ZH, Yamaguchi T, Kurihara A, Li HF, Maki K (2014). Three-dimensional evaluation of upper airway in patients with different anteroposterior skeletal patterns. *Orthodontics & Craniofacial Research* 17(1): 38-48.

Abstract

A pharyngeal airway changes following mandibular setback surgery in skeletal Class III malocclusion according to age groups

Hyeyun Kim

Department of Dentistry

Graduate School of Yonsei University

(Directed by Prof. **Kee-Joon Lee**, D.D.S., Ph.D.)

As social life expectancy increases, more orthodontic surgery is performed in the elderly, but research on changes after orthognathic surgery is focused on younger age groups (average 20s). With increasing age, airway size decreases and the prevalence of obstructive sleep apnea increases. So, it is important to investigate age-dependent differences in airway changes after orthognathic surgery. The purpose of this study was to investigate the age-dependent differences in pharyngeal airway changes after orthognathic surgery in skeletal Class III malocclusion patients. Additionally, the correlation between age and the amount of change in the pharyngeal airway was investigated.

Subjects were 20s (13 patients, 6 men, 7 women), 30s (14 patients, 7 men, 7 women), 40s (13 patients, 6 men, 7 women) who were diagnosed with skeletal Class III malocclusion and underwent Le Fort I osteotomy of the maxilla and bilateral sagittal segmental osteotomy of the mandible. Cone beam computed tomography (CBCT) records were used to compare the intra-group and inter-group changes before and after surgery, and the following conclusions were obtained by analyzing the correlation between age and the amount of change in the pharyngeal airway.

1. In the 20s, no significant change was observed except for the increase in the anteroposterior length of the PNS plane after orthognathic surgery. Whereas patients in the 30s and 40s showed significant decreases in oropharynx volume, total volume, minimum cross-sectional area, and soft palate plane and tongue base plane measurements in common. ($p<.05$)
2. There was a significant difference in the amount of change in oropharynx volume between the three groups ($P<.05$). As a result of the post-hoc test, there was a significant difference in the amount of change in oropharynx volume between the 20s and 30s and 20s and 40s. ($p<.05/3$)
3. As a result of performing simple linear regression in the total age group in which the three groups were combined, the change in oropharynx volume decreased as the age increased, and the following regression equation was obtained. Δ Oropharynx volume = $1.403 - 0.085 * \text{age}$, ($R^2=.212$, $p<.01$)

In summary, reductions in airway length, area, and volume were observed in patients in 30s and 40s compared to those in 20s after orthognathic surgery in skeletal Class III malocclusion patients. Therefore, it is recommended to avoid

excessive mandibular setback movement by emphasizing the functional role in patients in their 30s and 40s with narrow airway space by evaluating the presence of upper airway resistance syndrome and CBCT imaging before surgery.

Key words: Pharyngeal airway change, orthognathic surgery,
comparison by age, narrowing of airway space