골격성 III급 부정교합자의 Nasal Airway 형태에 관한 3차원적 분석 연구

단국대학교 치과대학 교정학 교실

김문환·이진우·차경석·정동화

서양인에 비해 한국인에서 호발 하는 III급 부정교합은 함몰된 중안모와 더불어 돌출된 하순과 하악골로 인해 기능적, 심미적, 심리적 문제를 야기하게 된다. 이러한 인종적 특성에 따른 발생 빈도의 차이에 따라 기존의 연구들은 주로 nasal airway 폐쇄와 II급 부정교합과의 관계에 대한 것이 대부분이었다. 또한 이러한 연구들은 자료 채득이 용이한 반면 2차원적 한계를 가지고 있는 측모 두부방사선 계측사진을 이용한 연구가 대부분이었다.

이에 본 연구는 III급 부정교합자와 정상교합자의 nasal airway의 형태를 3차원 전산화 단층촬영을 통해 얻어진 입체 영상으로 재구성한 모델을 이용하여 비교해 보고자 시행되었다.

연구 대상으로서 실험군으로 골격성 III급 부정교합으로 진단되어 악교정 수술을 위한 술 전 교정치료를 받기로 예정된 총 16명(남성 7명,여성 9명)과 대조군으로 임상적으로 정상적인 교합관계를 보이며 교정치료와 보철치료의 경험이 없는 정상 교합자 13명(남성 7명,여성 6명)을 선정 하였다.

두개골의 전산화 단층촬영(Computed Tomograph / CT)을 시행한 후 얻은 영상정보를 이용하여 nasal airway와 두개골의 3차원 입체영상을 제작하였다. 이러한 입체영상을 가지고 nasal airway의 절대적, 상대적 부피, 단면적의 비교를 시행하였으며 결과는 다음과 같았다.

1. 두 군 사이에 절대적 상기도 부피 비교에 있어서 실험군의 구인두 크기가 대조군에 비해 크게 나타났으며, 나머지 항목에서는 두 군 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다.
2. 두 군 사이에 상대적 상기도 부피 비교에 있어서 실험군의 구인두 부피가 대조군에 비해 크게 나타났으며, 나머지 항목에서는 두 군 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다.
3. 두 군 사이에 구인두 폭경변화 양상은 유사하게 나타나 하방으로 갈수록 점점 감소하다 다시 증가하는 양상을 보였으며 모든 부위에서 대조군에 비해 실험군의 평균 폭경이 크게 나타났다.
4. 측면에서의 상기도 평균 기도 만곡도를 나타내는 그래프 상에 있어서 두 군 사이에 유사한 양상이 나타났다.

주요단어: 3차원 영상, III급 부정교합, nasal airway 형태 (대한치과턱관절기능교합학회지 2008:24(4):389-403)

교신저자 : 김문환
단국대학교 치과대학 교정학 교실, 충청남도 천안시 신부동 산7-1 단국대학교 치과대학 부속 치과병원 2층 교정과
E-mail : kmhpeck@hanmail.net
원고접수일: 2008년 11월 28일, 원고수정일: 2008년 12월 3일, 원고채택일: 2008년 12월 25일

서 론

부정교합은 성장과 발육 중에 정상 범위에서 벗어난 형태적, 기능적 변이로서 크게 유전적 요인과 환경적 요인에 의해 야기될 수 있다[1]. 이중 환경적 요인의 하나인 호흡 기능은 악안면 성장과 발육에 중요한 역할을 하며 부정교합의 발현과도 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 왔다.

Moss[2]는 기능적 기질설(functional matrix theory)을 통해 유전적 요인보다는 하나의 기능과 관련된 연조직의 총체인 functional matrix가 skeletogenic activity를 결정한다고 하였고 이러한 관점에서 Nasal airway는 호흡이라는 하나의 기능과 관련된 functional matrix로 이해될 수 있을 것이다. 따라서 Nasal airway 폐쇄로 인해 호흡 기능에 문제가 생기게 되면 두부, 악골, 혀의 위치 등에 변화를 일으키게 되고 결과적으로 functional matrix에 변화를 초래하게 되어 악골 성장과 치아 위치에 영향을 미칠 것으로 생각할 수 있다.

Nasal airway의 폐쇄와 부정교합 발생의 관련성에 대해서 그 동안 많은 선학들의 연구가 이루어져 왔으나 아직까지 논란이 되고 있는 것이 사실이며[3-11], 이러한 상반된 결과의 한 원인으로서 Nasal airway가 직접적으로 관찰하기 힘든 위치에 존재함으로 인한 그 폐쇄 정도 측정의 어려움을 생각해 볼 수 있다. Nasal airway의 폐쇄 정도를 평가하는 방법으로 Nasal resistance, Airflow, Nasoendoscopy, 측모 두부방사선 계측사진(lateral cephalometry), 전산화 단층사진(computed tomography/CT), MRI(magnetic resonance imaging) 등이 사용될 수 있다[12]. 기존의 대부분의 연구들은 Nasal airway 폐쇄 정도의 평가를 위해 주로 측모 두부방사선 계측사진을 사용하였으나 이러한 측모 두부방사선 계측사진을 이용한 연구는 3차원적 구조물을 2차원적으로 나타내는 과정에서 구조물들의 중첩과 확대율 차이에 따른 조사오차 및 측정자에 따라 계측점을 달리 잡게 되는 데에서 오는 동일화 오차가 발생하게 된다[13].

이에 반해 3차원 전산화 단층사진 영상은 상의 확대나 왜곡이 적은 실측치를 얻을 수 있고, 구조물이 중첩되지 않으며, 경조직과 연조직을 동시에 평가할 수 있다[14,15]. 3차원 전산단층사진 영상의 정확도와 재현성은 그동안 여러 연구를 통해 검증받아왔으며[16,17], 기존의 측모 두부방사선 계측사진에 비해 Nasal airway 형태에 대한 보다 정확한 정보를 제공해 주게 된다.

서양인에서의 1.0%-3.8%[18,19]에 비해 한국인에서 9.41%-19.0%[20,21]로 비교적 높은 발생빈도를 보이고 있는 III급 부정교합은 함몰된 중안모와 더불어 돌출된 하악골로 인해 많은 기능적, 심미적, 심리적 문제를 야기하게 된다. 이러한 발생빈도의 차이에 따라 기존의 서양의 연구들은 주로 nasal airway 폐쇄와 II급 부정교합과의 관계에 대한 연구가 대부분이었으며 III급 부정교합과의 관련성에 대한 규명이 미흡하였다.

이에 본 연구는 III급 부정교합자와 정상교합자의 Nasal airway의 형태를 3차원 단층촬영을 통해 얻어진 입체 영상으로 재구성한 모델을 이용하여 비교 연구해 봄으로써 골격성 III급 부정교합의 발생과 Nasal airway 형태와의 관련성을 알아보고자 시행되었다.

연구재료 및 방법

1. 연구 대상

골격성 III급 부정교합으로 진단되어 악교정 수술을 위한 술 전 교정치료를 받기로 한 16명(남성 7명, 여성 9명)을 실험군으로, 임상적으로 정상적인 교합관계를 보이며, 교정치료와 보철치료의 경험이 없는 정상 교합자 13명(남성 7명, 여성 6명)을 대조군으로 선정하였다. 연구대상의 평균 연령은 실험군은 22Y4M±5Y2M, 대조군은 25Y5M±3Y1M으로서 성장이 완료된 성인을 대상으로 하였다(Table I).

Table I. The number of subjects and age distribution

	Experimental group (M : 7, F 9)		Control group (M : 7, F : 6)	
	Age(year)	SD	Age(year)	SD
Male	21Y 3M	2Y 6M	26Y 11M	3Y 7M
Female	23Y 2M	6Y 4M	24Y 9M	2Y 1M

2. 연구 방법

1) 전산화 단층 촬영

환자의 두부 자세에 따라 Nasal airway volume의 차이가 나타날 수 있으므로 연구 대상자를 눕혀 Frankfort horizontal plane(FH 평면)이 바닥에 수직이 되도록 전산화단층촬영장치(Light Speed Volume Computed Tomograph, General Electronics. Fairfield, USA)에 위치시키고 안면의 시상 중앙 정중선이 촬영장치의 장축과 일치되게 한 후, 하악골이 포함되도록 두개 악안면 부위의 촬영을 시행하였다. 촬영조건은 gantry의 각도가 0°, 120kV, auto mA 였으며, 0.625mm thickness, slice pitch 3, scanning time 4초, 시야 (Field of view) 250mm이였다.

2) 3차원 입체영상 제작

전산화 단층사진 촬영으로 얻은 DICOM 영상정보를 개인용 컴퓨터로 옮긴 후 3차원 영상프로그램(Mimics 10.01, Materialise's interactive Medical Image Control System, Materialise, Leuven, Belgium)을 이용하여 3차원 입체영상을 제작하였다. Mimics 프로그램은 원래의 횡단상(coronal view)을 응용하여 종단상(sagittal view)과 정면상(frontal view) 등 세 가지 상을 읽어내어 3차원 입체영상을 제작하게 된다.

CT 상에서 nasal airway의 3차원 재구성을 위해 Gray scale을 표현하는 수치인 HU(Hounsfield Unit)값[22]을 조절하여 masking 작업을 하였다. nasal airway의 분리를 위해 가장 낮은 HU값(-1024)에서 형성된 mask에서 연조직(HU:-700)과

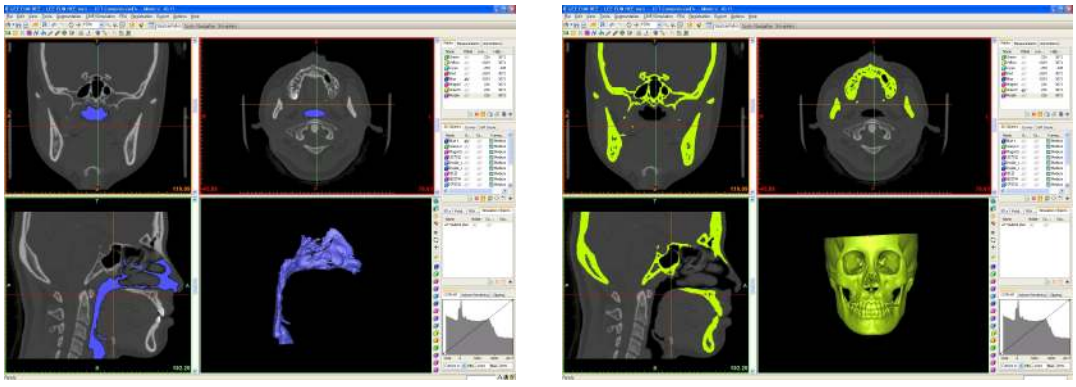

Fig. 1. Formation of nasal airway and skull 3D image.

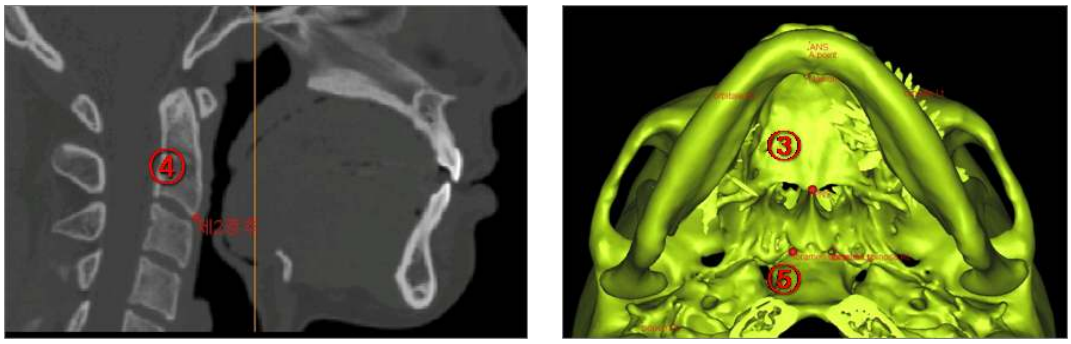

Fig. 2. Reference point.

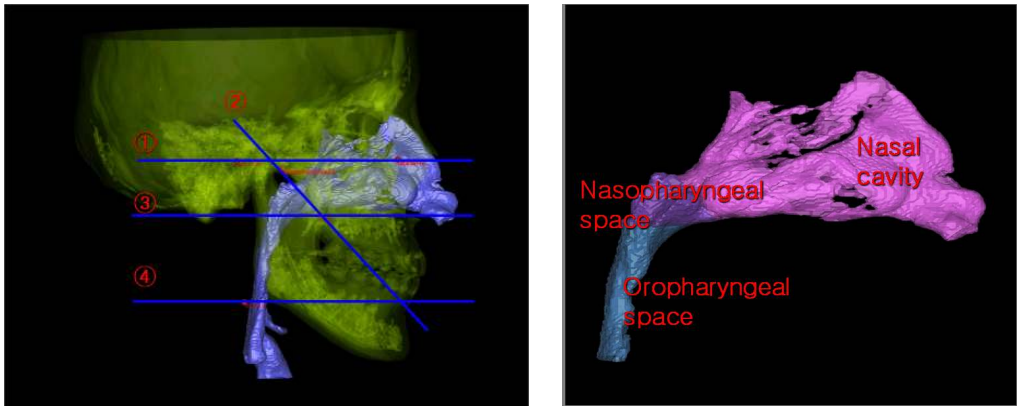

Fig. 3. Reference plane and nasal airway.
(a) reference plane
(b) nasal airway sectioned by 3 reference planes

골조직(HU:226) mask를 Boolean operation 기능을 통해 제거한 후 Edit mask기능을 통해 상기도 부분만 따로 분리하여 상기도 부분만이 포함된 mask를 형성하였다. 두개골의 3차원 재구성을 위해서는 HU 값을 일반적인 골 밀도인 226에 맞추어 전체적인 골격을 불러들이는 masking작업을 하였다. 이 mask를 대상으로 하여 3차원 재구성(3 dimensional volume rendering)은 연속적인 삼각형으로 이루어진 표면의 표현인 triangularization을 통해 이루어졌다(Fig. 1). 이렇게 3차원적으로 재구성된 상기도는 다시 아래에 설명된 3가지 기준 평면(비인두 평면, 구인두 평면, 하인두 평면)에 의하여 비강, 비인두, 구인두로 나누어졌다(Fig. 3).

3) 계측점 (Fig. 2)

① Or(Orbitale) : The most inferior point of the orbital contour

② Po(Porion) : The most superior point of the external auditory meatus

③ PNS : The most posterior point on the contour of the palate

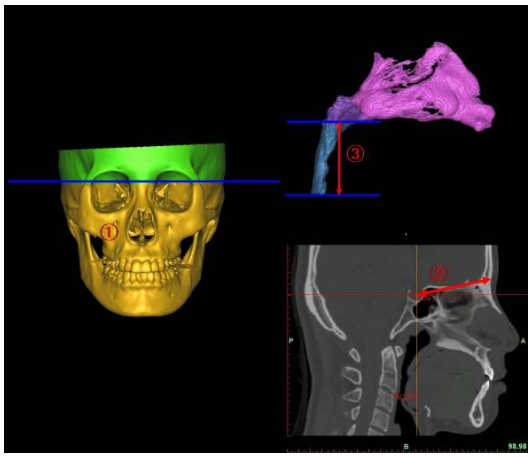

Fig. 4. Measurement for standardization.

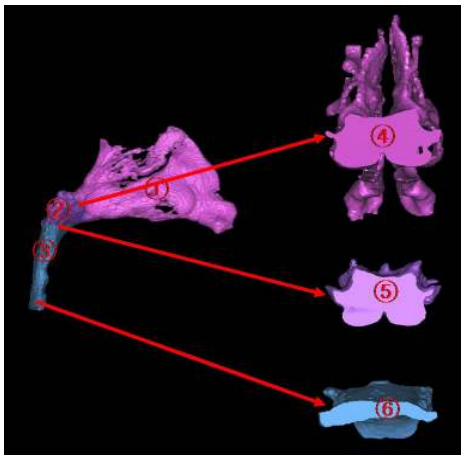

Fig. 5. Measurement of volume and surface area and sectional area.

④ CV2 : The most anterior inferior point of axis
⑤ BP : The opening between the varginal process of the sphenoid and the ala of the vomer on either side

4) 기준 평면(The reference plane) (Fig. 3)
① FH plane : Lt. Or, Rt. Or, Rt. Po에 의해 형성된 면
② 비인두 평면 : PNS, Rt. BP, Lt. BP에 의해 형성된 면
③ 구인두 평면 : PNS를 지나며 FH plane에 평행인 면
④ 하인두 평면 : CV2를 지나며 FH plane에 평행인 면

5) 계측 항목
-표준화를 위한 기준 계측항목 (Fig. 4)
① 표준 두개골 부피 : Nasion 횡단면 하방의 두개골 부피
② S-N : Sella와 Nasion 사이의 거리
③ 구인두강 높이 : 구인두 평면과 하인두 평면 사이의 수직 최단 거리

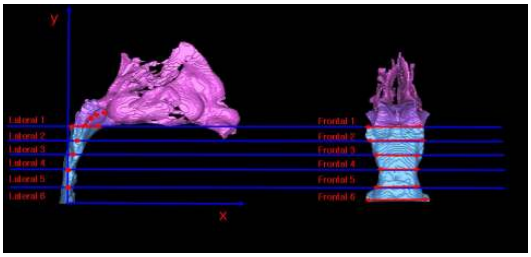

Fig. 6. Measurement of the width change of oropharyngeal space(lateral and frontal view) and the curvature of nasal airway.

-상기도 (Fig. 5, 6)
(1) 부피, 표면적, 단면적 측정(Fig. 5)
① 비강 부피, 표면적(nasal cavity volume, surface area) : 상기도를 비인두 평면에 의해 절단 시 비강에 해당하는 공간의 부피와 표면적
② 비인두강 부피, 표면적(nasopharyngeal cavity volume and surface area) : 상기도 중 비인두 평면과 구인두 평면 사이 공간의 부피와 표면적

③ 구인두강 부피, 표면적(oropharyngeal cavity volume and surface area) : 상기도 중 구인두 평면과 하인두 평면 사이 공간의 부피와 표면적
④ 비강, 비인두 사이 단면적(sectional area between nasal and nasopharyngeal cavity) : 비강, 비인두강 사이 기도 단면적
⑤ 비인두, 구인두 사이 단면적(sectional area between nasopharyngeal cavity and oropharyngeal cavity) : 비인두강, 구인두강 사이 기도 단면적
⑥ 구인두, 하인두 사이 단면적(sectional area between oropharyngeal and hypopharyngeal cavity) : 구인두강, 하인두강 사이 기도 단면적
⑦ 상기도 부피 , 표면적(upper airway volume and surface area) : 비강 부피(표면적)+비인두강 부피(표면적)+구인두강 부피(표면적)
⑧ 구인두 최소 단면적(minimal sectional area of oropharyngeal cavity) : FH 평면에 평행한 면들에 의해 잘려진 구인두 단면적 중 최소의 단면적
⑨ 표준 상기도 부피(Standard upper airway volume) : 상기도 부피 / 표준 두개골 부피
⑩ 표준 비강 부피(Standard nasal cavity volume) : 비강 부피 / 표준 두개골 부피
⑪ 표준 비인두 부피(Standard nasopharyngeal cavity volume) : 비인두 부피 / 표준 두개골 부피
⑫ 표준 구인두 부피(Standard oropharyngeal cavity volume) : 구인두 부피 / 표준 두개골 부피
⑬ SN 표준 상기도 부피 : 상기도 부피 / S-N
⑭ SN 비강 부피 : 비강 부피 / S-N
⑮ SN 표준 비인두 부피 : 비인두 부피 / S-N
⑯ SN 표준 구인두 부피 : 구인두 부피 / S-N
⑰ 구인두 부피/구인두 높이(oropharyngeal cavity volume/oropharyngeal height) : 구인두 부피 / 구인두 높이
⑱ 비강 부피 비율(nasal cavity volume ratio) : (비강 부피 / 상기도 부피) * 100
⑲ 비인두 부피 비율(nasopharyngeal cavity volume ratio) : (비인두 부피 / 상기도 부피) * 100
⑳ 구인두 부피 비율(oropharyngeal cavity volume ratio) : (구인두 부피 / 상기도 부피) * 100

(2) 구인두 평균 폭경 변화(측면, 정면) 및 평균 상기도 만곡도 측정(Fig. 6)

① 구인두 평균 폭경 변화(측면, 정면) ; 정면과 측면에서 하인두를 동일한 높이로 5등분하여 각 높이 별로 폭경을 측정하였고, 같은 높이 별로 폭경의 평균값을 산출하여 이를 가지고 실험군과 대조군의 평균 폭경 변화를 그래프화 하였다.
② 평균 상기도 만곡도 측정 ; 측면에서 동일한 높이로 구인두를 5등분, 비인두를 3등분하여 각 높이 마다 기도 폭경의 중점을 좌표화 하였으며 동일한 높이에 해당하는 좌표들의 평균값을 구하였고 이를 가지고 각 높이 별로 실험군과 대조군의 평균 좌표값을 산출하여 그래프화 하였다.

6) 오차분석

모든 계측은 한 사람에 의해 이루어졌으며 계측의 신뢰도 평가를 위해 임의로 20명을 추출해 첫 계측이 이루어진 2주 후에 재계측 후 paired t-test를 시행하여 비교 하였으며 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 표준오차는 Dhalberg's formula의 식($Se=\sqrt{\frac{\Sigma D^2}{2N}}$)을 사용하여 계산하였다. 20명의 측정치에 있어서 부피계측항목의 평균오차는 53.72mm^3(14.40에서 126.66mm^{3}의 범위), 단면적 계측항목의 평균 오차는 3.71mm^2(1.40에서 6.32mm^{2}의 범위)이었다.

7) 통계처리

연구 대상자의 수가 적고 대조군과 실험군의 인원수가 같지 않아서 통계처리는 비모수적 방법인 Mann-Whitney U test를 시행하였다. 본 논문에 사용된 계측 항목에 대해서 군별로 남녀 간 성차에 의한 유의성 있는 차이는 없었으며 따라서 남녀 구분 없이 두 군간 비교를 시행하였다.

Table II. Measurement for standardization

	Control group		Experimental group		Diff.	Sig.
	Mean	SD	Mean	SD		
S-N	65.83	3.51	66.07	3.05	-0.24	NS
SKULL volume	329391.29	51046.22	301150.30	61835.54	28240.98	NS
oropharyngeal height	40.10	4.80	36.83	5.26	3.27	NS

N.S : non significance * : p<.05 ** : p<.01 *** P<.001

결 과

Nasal airway의 절대적, 상대적 부피와 단면적의 비교를 시행하였으며 Mann-Whitney U test를 통한 두 군 사이의 비교 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 표준화를 위한 계측항목(Table Ⅱ)

상기도 부피의 표준화를 위해 S-N, Skull volume, 구인두 높이를 측정하였으며 두 군 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>0.05).

2. 절대적 상기도 부피 비교(Table Ⅲ)

개개인의 골격 크기의 차이를 고려하지 않은 두 군 사이에 절대적 상기도 부피 비교에 있어서 실험군의 구인두 부피, 비인두 구인두 사이 단면적, 최소 구인두 단면적이 대조군에 비해 유의성 있게 크게 나타났으며(p<0.05), 나머지 항목에서는 두 군 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다(P>0.05). 즉 대조군에 비해 실험군의 구인두 크기가 크게 나타났으나 비강, 비인두, 전체 상기도 크기에 있어서는 두 군 사이에 차이가 나타나지 않았다.

3. 상대적 상기도 부피 비교(Table Ⅳ)

개개인의 골격 크기 차이를 고려한 두 군 사이에 상대적 상기도 부피 비교에 있어서 실험군의 표준 구인두 부피, 표준 구인두 부피(SN), 구인두 부피/구인두 높이 항목이 대조군에 비해 크게 나타났으며(p<0.05), 나머지 항목에서는 두 군 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다(P>0.05). 즉 절대적 상기도 부피 비교와 마찬가지로 상대적 상기도 부피 비교에 있어서도 대조군에 비해 실험군의 구인두 크기가 크게 나타났다.

4. 구인두 평균 폭경 변화(측면, 정면) 측정 (Fig. 7, 8)

구인두를 균등하게 5등분하여 측면, 정면에서의 평균 폭경 변화를 측정 시 두 군 사이에 변화 양상은 유사하게 나타나 하방으로 갈수록 점점 감소하다 Lateral 4, Frontal 4 부위부터 증가하는 양상을 보였다. 그러나 모든 부위에서 대조군에 비해 실험군의 평균 폭경이 크게 나타났다(P<0.05).

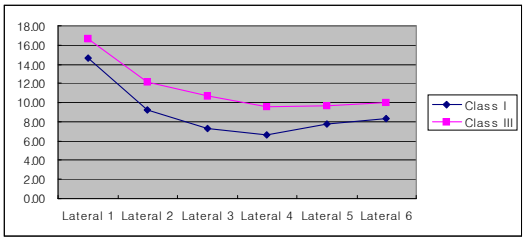

Fig. 7. Oropharyngeal space width change (Lateral view).

Table III. Comparison of volume and surface area and section area

	Control group		Experimental group		Diff.	Sig.
	Mean	SD	Mean	SD		
nasal cavity volume	18302.13	4931.85	18978.82	6285.74	-676.69	NS
nasal cavity surface area	15274.45	2279.11	14189.25	2367.09	1085.21	NS
nasopharyngeal cavity volume	6301.62	4027.97	5621.76	1378.95	679.86	NS
nasopharyngeal cavity surface area	2267.24	870.34	2652.77	1255.01	-385.53	NS
oropharyngeal cavity volume	9176.63	3877.69	11754.59	2894.96	-2577.96	*
oropharymgeal cavity surface area	3609.26	933.37	4000.48	566.15	-391.23	NS
upper airway volume	33066.09	10511.87	36355.13	8344.33	-3289.04	NS
upper airway surface area	19318.43	2839.31	18439.06	2416.92	879.37	NS
sectional area between nasal and nasopharyngeal cavity	457.52	88.53	472.35	71.85	-14.83	NS
sectional area between nasopharyngeal and oropharyngeal cavity	458.74	151.60	729.37	627.21	-270.63	*
sectional area between oropharyngeal and hypopharyngeal cavity	232.33	109.76	281.19	112.68	-48.86	NS
minimal sectional area of oropharyngeal cavity	96.50	51.68	157.39	62.07	-87.89	*

N.S : non significance * : p<.05 ** : p<.01 *** P<.001

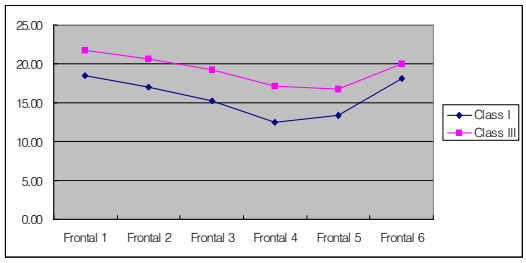

Fig. 8. Oropharyngeal space width change (Frontal view).

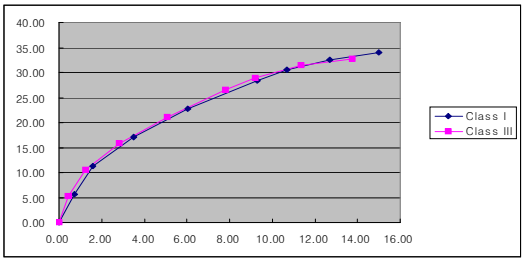

Fig. 9. Lateral airway curvature of nasal airway.

Table IV. Comparison of standard volume

	Control group		Experimental group		Diff.	Sig.
	Mean	SD	Mean	SD		
Standard Upper airway volume	10.33	4.08	12.55	3.74	-2.22	NS
Standard nasal cavity volume	5.68	1.89	6.51	2.30	-0.83	NS
Standard nasopharyngeal cavity volume	1.97	1.40	1.99	0.82	-0.02	NS
Standard oropharyngeal cavity volume	2.85	1.22	4.05	1.28	-1.20	*
Standard Upper airway volume(SN)	503.40	159.98	549.65	121.23	-46.24	NS
Standard nasal cavity volume(SN)	277.48	70.90	287.10	93.24	-9.62	NS
Standard nasopharyngeal cavity volume(SN)	94.71	57.00	85.21	21.42	9.50	NS
Standard oropharyngeal cavity volume(SN)	140.78	62.25	177.33	40.56	-36.55	*
Oropharyngeal cavity volume/oropharyngeal height	231.17	99.25	321.33	71.42	-90.16	**
Nasal cavity volume ratio	56.30	7.84	51.35	7.28	4.95	NS
Nasopharyngeal cavity volume ratio	18.53	8.20	15.68	3.07	2.85	NS
Oropharyngeal cavity volume ratio	27.46	6.16	32.97	7.37	-5.51	NS

N.S : non significance * : p<.05 ** : p<.01 *** P<.001

5. 평균 기도 만곡도 측정(Fig. 9)

측면에서 동일한 높이로 구인두를 5등분, 비인두를 3등분하여 각 높이 마다 기도 폭경의 중점을 좌표화 하여 동일한 높이에 해당하는 좌표들의 평균값을 구하였고 이를 가지고 각 높이 별로 평균 좌표값을 산출하여 그래프화 하였으며 두 군 사이에 유사한 양상이 나타났다. 그러나 이러한 결과는 평균 좌표값을 가지고 그려진 그래프상에서 유사한 양상이 나타난 것이며 좌표값을 통계처리 할 수 없었으므로 통계처리에 의한 결과는 아니다.

총괄 및 고찰

측모 두부방사선 계측사진은 Broadbent[23]에 의해 처음 도입되고 Downs[24]에 의해 이를 이용한 측모 형태 분석법이 발표된 이후 교정 환자의 진단에 앞서 가장 일반적으로 사용되는 검사 방법 중 하나가 되었다. 이러한 일상적 사용에 따른 자료 채득의 용이함으로 인해 안면 골격 평가뿐만 아니라 Nasal airway의 평가를 위한 많은 연구들에서도 측모 두부방사선 계측사진이 사용되어 왔으며 McNamara line[25]과 Fujioka adenoid-nasopharyngeal ratio[26]등은 그 중 가장 많이 사용되는 대표적 계측 방법 중의 하나이다. 그러나 측모 두부방사선 계측사진을 이용한 기존의 연구는 3차원적 구조물을 2차원적으로 압축하는

과정에서 오차를 가지게 되며[13], 이러한 오차로 인해 연구 결과에 오류가 발생할 수 있다. Michael 등[12]은 기존의 11편의 논문들에 대한 분석을 통해 실제의 비인두 크기와 측모 두부방사선 계측사진의 측정치 사이의 낮은 상관관계를 보고하였으며 비인두 크기 평가에 있어서 측모 두부방사선 계측사진의 진단한적 한계를 지적한 바 있다.

이에 반해 3차원 전산화 단층사진(Computed tomography) 영상은 상의 확대나 왜곡이 적은 실측치를 얻을 수 있고, 구조물이 중첩되지 않음으로서 정확한 해부학적 지표의 구분이 용이하다[14,15]. 3차원 전산단층사진영상의 정확성과 재현성에 대해서 그동안 많은 연구가 이루어져 왔다. Cavalcanti[16]등은 cadaver heads를 이용한 연구에서 전산화 단층촬영 영상을 이용한 측정값과 실제 cadaver상에서 측정한 계측치 사이에 통계적으로 유의한 차이가 없음을 보고하였고, 장과 백[27]등은 3차원 CT 입체영상 계측점의 재현도에 대한 연구에서 평균 표준편차가 1.0을 넘지 않을 정도로 매우 높은 재현도를 보인다고 보고하였다. 이처럼 전산화 단층촬영 영상은 측모 두부방사선 계측사진에 비해 우수한 정확성과 재현성 그리고 여러 장점들을 가지고 있다. 그간에 단점으로 지적 되었던 높은 방사선 피폭량의 문제도 최근에 Cone-beam Computed Tomography의 도입으로 기존의 방법에 비해 피폭량이 1/5(50 μSv) 정도로 줄어들어듦으로서 어느 정도 해결 되었다[28]. 그러나 Cone-beam CT의 경우 화질에 있어서 아직 까지는 한계를 가지므로 본 연구에서는 보다 정확한 상기도 형태의 평가를 위해 Medical CT(Light Speed Volume Computed Tomograph, General Electronics. Fairfield, USA)를 이용하였다.

일반적으로 상기도는 비강, 비인두, 구인두, 하인두, 구강으로 구성되어 있고 인접 골격 구조물에 매달려 있는 근육으로 구성 된다[29]. 이러한 구분에 따라 이번 논문에서도 3차원적으로 재구성된 Nasal airway 모델을 비강, 비인두, 구인두로 나누어 각각의 부피와 표면적을 측정하였다(Fig. 3, 5). 구강의 경우 전산화 단층 촬영 시에 상악골과 하악골의 분리를 위해 wax bite를 물고 촬영을 시행하여 혀 위치의 변위가 발생하였기 때문에 측정에서 제외되었다.

또한 자세에 따라 상기도 부피의 변화가 나타날 수 있다. Fouke등[30]은 인두의 단면적이 정상인의 경우 직립위에서 양와위로 자세가 변할 때 23% 감소한다고 하였다. 혀의 위치에 영향을 주는 설골의 위치도 두부위치에 의해 많은 영향을 받게 되는데, Kimg[31]은 두부를 후방으로 신장 시 후상방으로 하방으로 숙일 경우 전하방으로 움직인다고 하였다. 따라서 환자의 자세 변화에 의한 상기도 부피의 변화를 고려하여 동일한 조건내의 비교를 위해 CT 촬영 시에 모든 연구 대상자를 눕혀 Frankfort horizontal plane(FH 평면)이 바닥에 수직이 되도록 전산화단층촬영장치에 위치시키고 촬영을 시행하였다.

같은 Nasal airway 크기를 가졌더라도 사람에 따라 골격크기의 차이가 있으므로 Nasal airway 부피의 절대적 비교만으로는 두 군사이의 객관적인 비교에 한계가 있다. 따라서 이번 연구에서는 절대적 크기 비교와 더불어 표준 두개골 부피, S-N, 구인두강 높이의 측정을 통해 Nasal airway 부피의 표준화를 통한 비교를 시행하였다(Fig. 4, Table Ⅱ). 그러나 두 군 사이의 표준화를 위한 계측항목에 있어서 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table Ⅱ).

Nasal airway의 크기는 아데노이드와 같은 임파 조직에 의해 영향을 받게 된다. 임파 조직은 정상 성장 아동에서 생후 빠르게 발달 되어, 조기 아동기에 성인 크기의 거의 2배 정도의 크기에 이르게 된다. 이후 8세에서 10세부터 작아지기 시작해, 12세에서 14세 무렵까지 크기의 감소가 일어나 성인의 크기에 도달하게 된다[32,33,34]. King[31]과 Brodie[35]는 비인두의 전후방적 크기가 1-2세에 거의 확립된다고 보고하였고, Handelman 등[36]은 비인두의 고경이 5세경에 활발한 성장을 하여 여성의 경우 12세 이후에는 비인두의 크기가 안정된다고 보고한 바 있다. 따라서 대부분의

아데노이드 비대로 인한 구호흡의 발생 시기는 9세경으로 생각되고 구호흡으로 인한 부정교합은 보통 12세경부터 발생하는 것으로 생각해 볼 수 있다. 이에 따라 Nasal airway 폐쇄와 부정교합의 관련성을 알아보기 위한 기존의 대부분의 연구들은 주로 5-17세 사이의 성장기 환자를 대상으로 하였으나 이번 연구에서는 샘플 수집의 어려움으로 인해 성장이 완료된 성인 환자를 대상으로 하였다. 따라서 기도 공간의 크기는 안정되어 있다고 판단되며 이러한 샘플링의 한계로 인해 실험군과 대조군 사이의 성장기에 있어서 임파 조직 비대의 차이로 인한 Nasal airway 폐쇄 정도 차이의 비교는 불가능할 것으로 판단된다.

공기는 항상 압력 차이가 있는 상황에서 높은 압력 쪽에서 낮은 압력 쪽으로 흐른다. 대기압은 일정하게 유지되는 반면 비인두강 압력은 호흡운동, 연구개 움직임 등에 의하여 수시로 변하기 때문에 흡기와 호기가 일어날 수 있다. 공기의 흐름에 영향을 주는 요소로는 압력차이 뿐만 아니라 비강의 지름과 길이, 비강기류의 특징 등이 있다. 비강기도의 지름과 기류의 특징은 비강 저항의 변동에 가장 큰 영향을 주며, 실제적으로 비강 기도 저항을 결정하는 가장 중요한 요소는 비강기도의 단면적으로 비강 저항값은 기본적으로 최소단면적의 상태를 반영한다고 이해될 수 있다. 기류의 양상의 경우에는 객관적 측정에 있어 한계가 있으므로 이번 논문에서는 기도의 단면적에 초점을 맞추어 측정을 시행하였다. 최소단면적이 기도 저항을 결정하는 중요한 요소이기는 하지만 비강과 비인두의 경우 3차원 기도영상에서 자르는 각도에 따라서 단면적이 달라져 최소단면적을 측정하지 못하였고 구인두의 경우에는 비교적 FH plane에 수직에 가깝게 위치한다고 생각되어 FH plane에 평행하게 일정 간격으로 하인두를 잘라 단면적을 측정하였고 이 중 최소 단면적을 구하여 실험군과 대조군 사이의 비교를 시행하였다. 이 외에도 비강과 비인두 사이, 비인두와 구인두 사이, 구인두와 하인두 사이 단면적을 측정하였다. 또한, 측면과 정면에서 구인두의 직경 변화를 측정하여 각 높이별 평균값으로 평균 굴곡도를 그래프화 하였으며, 측면에서 구인두와 비인두 폭경의 중간 지점을 좌표화한 후 같은 높이에 해당하는 좌표값들의 평균값들로 실험군과 대조군의 기도형태에 있어서의 평균 만곡도를 그래프화 하였다(Fig. 7-9). 연구결과 평균 폭경 변화(측면, 정면) 측정 시 두 군 모두 하방으로 갈수록 점점 감소하다 Lateral 4, Frontal 4 부위부터 증가하는 양상을 보여 가운데 부위가 오목한 형태를 보였다. 대조군에 비해 실험군의 평균 폭경이 크게 나타났으나 두 군 사이에 변화 양상은 유사하게 나타났다(Fig. 7, 8). 측면에서 평균 기도 만곡도 측정을 위해 각 높이마다 기도 폭경의 중점을 좌표화한 후 동일한 높이에 해당하는 좌표들의 평균값을 구하였고 이를 가지고 각 높이 별로 평균 좌표값을 산출하여 그래프화 하였으며 두 군 사이에 유사한 양상이 나타났다(Fig. 9). 그러나 이것은 청소년기 환자에 비해 인두 크기가 안정화된 성인을 대상한 결과였으므로 성장기 아동을 대상으로 하였을 경우 에는 다른 결과가 나타날 것으로 생각된다.

Nasal airway 폐쇄로 인한 구호흡과 부정교합의 관련성에 대해서는 아직 많은 논란이 되고 있는 것이 사실이다. 1860년 구호흡이 치아안면부에 해로운 영향을 줄 수 있다는 최초의 보고[37]가 있은 이후 비호흡 장애와 관련된 구호흡과, 부정교합 및 두개 안면 성장과의 관련성을 입증하기 위한 수많은 연구가 이루어져왔다. Dunn등[3]은 아데노이드의 과증식으로 인한 비인두 폐쇄에 의해 구호흡이 발생 하게 되고 이것이 하악골을 포함한 안면골 형태에 영향을 줄 수 있다고 하였다. Kerr[5]는 성장기 II급 부정교합자의 비인두 크기가 I급 부정교합자에 비해 작다고 하였으며 비인두 크기와 전안면 고경 사이에 상관관계가 있다고 보고하였다. Fields등[38]은 정상 아동과 장안모 아동의 비폐쇄 비율의 비교를 통해서 비폐쇄가 장안모 발육에 기여할 수 있음을 보고하였다. Woodside[39]는 아데노이드 절제 후 하악 평면각에 있어서 여전히 차이는 있으나 대조군의 평균치

로 돌아오는 경향이 있다고 보고하였다. 이처럼 기존의 연구들은 nasal airway 폐쇄로 인한 구호흡과 주로 II급 부정교합 및 장안모 양상의 발현과의 관련성에 초점이 맞추어져 있었으며 III급 부정교합과의 관련성에 대한 연구는 드물었다.

Nasal airway 폐쇄와 III급 부정교합과의 관련성에 대한 연구로서 Havold[4]는 성장 중인 원숭이 실험을 통해 인위적인 장기간의 비폐쇄에 의한 하악 전돌의 발생을 보고 하였고 또한 McCoy[7]와 Meredith[8]는 비인두 폐쇄가 골격성 III급 부정교합의 중요한 원인이라고 보고 하였다. 이번 논문에서는 실험군과 대조군의 절대적, 상대적 Nasal airway 부피와 단면적 비교 시 대부분의 항목에서는 두 군 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table Ⅲ, Ⅳ). Nasal airway의 크기가 안정화된 성인을 대상으로 하였기 때문에 이러한 결과가 나왔을 것으로 생각된다. 특이하게 일반적인 예측과 달리 구인두 부피와 최소 구인두 단면적, 표준 구인두 부피가 실험군에서 대조군에 비해 오히려 유의성 있게 크게 나타났다(Table Ⅲ, Ⅳ). 구인두의 측면, 정면에 있어서의 평균 폭경에 있어서도 모든 부위에서 실험군이 대조군에 큰 값을 나타내었다(Fig. 7, 8). 이처럼 실험군에서 대조군에 비해 구인두와 관련된 수치들이 크게 나타난 것은 성인 III급 부정교합 환자에 있어서 하악의 상대적 전방 위치로 인한 후방 기도 공간의 증가의 결과로 추측된다.

Mergen과 Jacobs[40], Kerr[5]는 II급 부정교합자의 비인두 면적이 정상 교합자보다 작다고 보고하였고, 이등[41]의 연구에서는 구인두와 하인두 면적에 있어서 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 또한 Lubarth등[42,43]은 구호흡을 유발하는 비폐쇄가 비인두의 크기와 연관이 있다고 보고한 바 있다. 이처럼 이 전의 대부분의 연구들은 주로 Nasal airway에 있어서 하방에 위치하는 구인두와 하인두 보다는 상방에 위치하는 비인두와 부정교합 발생과의 관련성을 보고하였다. 호흡 시 비강과 구인두를 연결하게 되는 비인두 부위에서 기도 공간이 꺾이게 되므로 이 부분이 공기 흐름의 저항에 있어 중요한 결정 부위가 아닐까 생각된다. 이번 연구에서는 두 군 사이의 비인두 크기 차이는 나타나지 않았다(Table Ⅲ, Ⅳ). 이러한 비인두 크기의 중요한 결정요소로서 임파 조직의 비대 정도를 생각해 볼 수 있는데, 임파 조직은 조기 아동기에 성인 크기의 거의 2배 정도의 크기에 이르게 된 이후 12세에서 14세 무렵까지 크기의 감소가 일어나게 된다[32,33,34]. 이번 연구에서는 성장기 환자가 아닌 성인을 대상으로 하였으므로 비인두 크기는 안정화된 것으로 생각되며 이로 인해 이러한 결과가 나타났을 것으로 생각된다(Table I).

논란이 되고 있으나 Nasal airway의 폐쇄는 호흡에 영향을 미치게 되며 이와 관련하여 부정교합의 원인요소로 생각 될 수 있다. 본 연구에서는 3차원 전산화 단층촬영을 통해 얻어진 입체영상으로 재구성한 모델을 이용하여 III급 부정교합자와 정상교합자의 Nasal airway의 형태를 비교해 봄으로써 기도 형태와 III급 부정교합 발생의 관련성에 대해 알아보고자하였다. 연구 성적에서 두 군 사이에 구인두를 제외하고는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 본 연구의 대상이 성인환자 였으므로 성장기 환자를 대상으로 하였을 경우 다른 연구 결과가 나타날 수 있을 것으로 생각된다. 대부분의 아데노이드 비대로 인한 구호흡의 발생 시기는 9세경이며, 구호흡으로 인한 부정교합이 보통 12세경부터 발생하는 것으로 생각해 볼 수 있으므로 Nasal airway 폐쇄와 부정교합의 관련성을 알아보기 위해서는 앞으로 5-17세 사이의 성장기 환자를 대상으로 한 추가적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 III급 부정교합자와 정상교합자의 nasal airway의 형태를 3차원 단층촬영을 통해 얻어진 입체 영상으로 재구성한 모델을 이용하여 비교 연구해 봄으로써 III급 부정교합의 발생과

Nasal airway 형태와의 관련성을 알아보고자 시행되었다. 실험군으로 골격성 III급 부정교합으로 진단되어 악교정 수술을 위한 술 전 교정치료를 받기로 예정된 16명과, 대조군으로 임상적으로 정상적인 교합관계를 보이며, 교정치료와 보철치료의 경험이 없는 정상 교합자 13명의 두개골 전산화 단층촬영(Computed Tomograph / CT)을 시행한 후 얻은 영상정보를 이용하여 상기도와 두개골의 3차원 입체영상을 제작하였다. 두 군 사이의 nasal airway의 절대적, 상대적 부피와 단면적의 비교를 시행하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 두 군 사이에 절대적 상기도 부피 비교에 있어서 실험군의 구인두 크기가 대조군에 비해 크게 나타났으며($p<0.05$), 나머지 항목에서는 두 군 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$).
2. 두 군 사이에 상대적 상기도 부피 비교에 있어서 실험군의 구인두 부피가 대조군에 비해 크게 나타났으며($p<0.05$), 나머지 항목에서는 두 군 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).
3. 두 군 사이에 구인두 폭경변화 양상은 유사하게 나타나 하방으로 갈수록 점점 감소하다 다시 증가하는 양상을 보였으며 모든 부위에서 대조군에 비해 실험군의 평균 폭경이 크게 나타났다($P<0.05$).
4. 측면에서의 상기도 평균 기도 만곡도를 나타내는 그래프 상에 있어서 두 군 사이에 유사한 양상이 나타났다.

참 고 문 헌

1. Moyer RE. 이기수, 성재현 역. 치과 교정학 핸드북. 과학서적센타. 1991. p.147-63.
2. Moss ML, Salentijn L. The primary role of fuctional matrices in facial growth. Am J Orthod 1969;55: 566-77.
3. 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.
4. Harvold EP, Vargervik K, Chierici G. Primate experiments on oral sensation and dental malocclusion. Am J Orthod 1973;63:494-508.
5. Kerr WJS. The nasopharynx, face height and overbite. Angle Orthod 1985;55:31-36.
6. Linder-Aronson S. Adenoids-there effect on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition. Acta Otolaryngol 1970;265:1-13.
7. McCoy JM. Applied orthodntics. Philadelphia : Lea and Febiger ; 1955.
8. Meredith GM. The airway and dentofacial development. Ear Nose Throat J 1987:66(5):190-95.
9. Watson RM, Warren DW, Fischer ND. Nasal resistance, skeletal classification, and mouth breathing in orthodontic patients. Am J Orthod 1968;5:367-79.
10. Sosa FA, Graber TM, Muller TP. Postpharyngeal lymphoid tissue in Angle Class I and Class II malocclusion. Am J Orthod 1982; 81: 299-309.
11. McNamara JA. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. Angle Orthod 1981;51:269-300.
12. Michael P. Major, Carlos Flores-Mir, Paul W. Major. Assessment of lateral cephalometric diagnosis of adenoid hypertrophy and posterior upper airway obstruction : A systemic review. Am J Orthod Dentofac Orthop 2006;130:700-708.
13. Baumrind S, Frantz TC. The reliability of head film measurements : Landmark identification. Am J Orthod 1971;60:111-27.
14. 이병도. 치과학에서 3차원 CT 영상의 적용. 대치협회지. 2002;40:853-859.
15. 김기덕, 유선국. 치과영역에서 개인용 컴퓨터를 이용한 3차원 CT영상의 활용. 대치협회지 2004;42: 197-208.
16. Cavalcanti MG. Haller JW, Vannier MW. Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. J Oral Maxillofac Surg 1999;57:690-694.

17. 전국진, 박혁, 이희철, 김기덕, 박창서. Reproducibilities of cephalometric measurements of three-dimensional CT images reconstructed in the personal computer. 대한구강악안면방사선학회지 2003;33: 171-78.
18. Proffit WR, Fields HW, Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States : Estimates from the N-HANES III survey. Int J Adult Orthod Orthogn Surg 1998; 13:97-106.
19. Mills LF. Epidemiologic studies of occlusion IV : the prevalence of malocclusion in a population of 1,455 school children. J Dent Res 1966;45:332-36.
20. 이신재, 서정훈. 7-18세 청소녕의 부정교합에 대한 인식과 교정치료 수요에 관한 연구. 대치교정지 1994;24:367-74.
21. 유영규, 김남일, 이효경. 연세대학생 2,378명을 대상으로 한 부정교합 빈도에 관한 연구. 대치교정지 1971;2:35-40.
22. Peter F, Jorgen TJ. Anatomy in Diagnostic imaging. Blackwell, Copenhagen, Denmark. 2001. p. 22-24
23. Broadbent BH. A new X-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod 1931;1: 45-51.
24. Downs WB. Variations in facial relationships : Their significance in treatment and prognosis. Am J Orthod 1948;34:812-840.
25. McNamara JA Jr. A method of cephalometric evaluation. Am J Orthod 1984;86:449-69.
26. Fujioka M, Young LW, Girdany BR. Radiographic evaluation of adenoidal size in children : adenoidal-nasopharyngeal ratio. Am J Roentgenol 1979;133: 401-4.
27. 장혜숙, 백형선. 3차원 CT 영상을 이용한 두개악안면 분석을 위한 계측점의 제안. 대치교정지 2002;32:313-25.
28. Mah J. Hatcher D. Three-dimensional craniofacial imaging. Am J Orthod Dentofac Orthop 2004;126: 308-9.
29. De Pnte FS, Brunelli A, Marchetti E, Bottini DJ. Cephalometric study of posterior airway space in patients affected by Class II occlusion and treated with orthognathic surgery. J Craniofa Surg 1999;10:252-59.
30. Fouke JM, Strohl KP. Effect of position and lung volume on upper airway geometry. J Appl Physiol 1987;63:375-80
31. King EW. A roentgenographic study of pharyngeal growth. Angle Orthod 1952;22:23-37.
32. Butler GE, Mckie M, Ratcliffe SG. The cyclical Nature of Prepubetal growth. Ann Hum Biol 1990;17:177-98.
33. 이서구, 양원식. 구호흡자의 비인두와 주위조직에 관한 두부방사선 계측학적 연구. 대치교정지 1983;13:95-103.
34. 황충주, 유영규. 한국인 아동의 비인두와 adenoid 성장에 관한 누년적 연구. 대치교정지 1985;15: 93-103.
35. Brodie AG. On the growth pattern of the human head, from the 3rd month to the eighth year of life. Am J Ana 1941;68: 209-62.
36. Handelmann CS, Osborne G. Growth of the nasopharynx and adenoid development one to eighteen years. Angle Orthod 1976;46: 243-59.
37. Onsager LW. That curious book "The Breath of Life". By George Catlin. Int J Oral Myol 1980;6:7-10.
38. Fields HW, Warren DW, Black K, Phillips C. Relationship between vertical dentofacial morphology and respiration in adolescents. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1991;99:147-154.
39. Woodside DG, Linder-Aronson S, Lundstrom A, McWilliam J. Mandibular and maxillary growth after changed mode of breathing. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1991;100:1-18.
40. Mergen DC, Jacobs RM. The size of Nasopharynx associated with Normal occlusion and Class II malocclusion. Angle Orthod 1970;40: 342-46.
41. 이용승, 김종철. 부정교합 유형에 따른 기도의 크기에 관한 두부방사선 계측학적 연구. Dental journal of CNU 1994;6:363-76.
42. Lubarth J. The asenoid problem. Arch Pediat 1960; 77:491-95.
43. Emslie RD, Massler M, Zwemer JD. Mouth breathing : I. Etiology and effects(a review). J Am Dent Assoc 1952;44:506-21.

The Three Dimensional Analysis on Nasal Airway Morphology in Class III Malocclusion

Moon-Hwan Kim, Jin-Woo Lee, Kyung-Suk Cha, Dong-Hwa Chung

Department of Orthodontic Dentistry, Graduate School, Dankook University

In Angle's Class III malocclusion, which has higher incidence in Korean than Western, depressed midfacial profile with protruded lower lips and mandible may give rise to many functional, esthetic, psychological, social problems. Due to the different malocclusion incidence according to racial differences, many previous studies focused on the relationship between Class II malocclusion and nasal airway obstruction. Previous studies used lateral cephalography which has limitations of 2 dimensional image with projection error and identification error.

Therefore, the purpose of this study was to analyze morphologic differences in the nasal airway between normal occlusion and Angle's Class III malocclusion patients using 3-dimensional facial computed tomography. Thirteen normal occlusion(7 men and 6 women) and sixteen skeletal Class III(7 men and 9 women) patients were selected and 3-dimensional facial computed tomography taking was performed. Comparison between two group in volume and sectional area of nasal airway were carried out. The results were followed.

1. In the comparison of absolute nasal airway volume, oropharyngeal space of experimental group were larger than control group but there are no significant difference in other.
2. In the comparison of relative nasal airway volume, oropharyngeal space of experimental group were larger than control group but there are no significant difference in other.
3. In the oropharyngeal space width on frontal and lateral view, the similar tendency was revealed between two groups.
4. In the lateral curvature of nasal airway, the similar tendency was revealed between two groups.

Key words: 3-D imaging, Class III malocclusion, Nasal Airway

Correspondence to : Moon-Hwan Kim D.D.S., M.S.D
Department of Orthodontics, School of Dentistry, Dankook University
San 7-1, Shin-Bu, Cheonan, Chung-Nam, South Korea
Fax: 041-550-1943
E-mail : kmhpeck@hanmail.net
Received: November 28, 2008, Last Revision: December 3, 2008, Accepted: December 25, 2008