

Cone beam CT를 이용한 안면골격형태에 따른 상기도 공간 분석

김용일^a · 김성식^b · 손우성^c · 박수병^d

상기도 공간은 3차원 입체 구조물로서 두부규격방사선사진 등으로 분석하기에는 평가의 한계가 존재하였다. 본 연구는 최근 방사선 피폭량 등의 감소로 그 활용도가 높아진 cone beam CT (CBCT)를 이용하여 안면골격형태에 따른 상기도 공간의 면적, 전후방 폭경 및 측방 폭경을 측정하고 그 관련성을 알아보았다. 102명을 대상으로 CBCT (VCT, Vatech, Seoul, Korea)를 촬영하였으며, FH plane에 평행하면서 aa point (the most anterior point on the anterior arch of atlas), CV_{2ia}, CV_{3ia} point (most infero-anterior point on the body of the second & third cervical vertebra)를 지나는 평면을 기준으로 설정하였다. 각 항목의 측정치는 one-way ANOVA를 이용하여 통계처리하고 Duncan test로 사후검정하였다. 연구 결과, 안면 골격형태에 따른 측방 폭경에는 유의한 차이가 없었다. Group 2 (Class II) 집단은 aa plane, CV₂ plane, CV₃ plane에 의해 형성된 상기도 공간의 단면적이 좁았으며, 전후방 폭경도 Group 3 (Class III)에 비해 유의성 있게 좁았다. 수직 안면골격형태와 정상 안면골격 형태간의 유의성 있는 차이는 없었으나, aa plane에서 형성된 상기도 공간의 전후방 폭경은 Group 1V (Class I vertical)가 Group 1N (Class I normal)에 비해 유의성 있게 좁은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). (대치교정치 2009;39(3):136-145)

주요 단어: Cone-beam 전산화단층촬영, 상기도 공간, 안면골격형태

서론

안면골격의 형태는 유전적 요인과 환경적 요인에 의해 결정된다. 부정교합은 이러한 요인들에 의해 성장과 발육 과정 중에 정상 범위에서 벗어난 형태적, 기능적 변이로 나타난다. Moss와 Salentijn¹은 functional matrix theory를 통해 유전적 요인보다는 하나의 기능과 관련된 연조직의 functional matrix가 골격형태를 결정한다고 주장하였다. 또한 Dunn 등²은 구호흡의 발생과 안면골 형태와의 관련성에 대해 언급하였으며, Kerr³는 성장기 II급 부정교합자의 비인두 크기가 I급 부정교합자에 비해 작다고 하면

서, 비인두 크기와 전안면 고경사이에 상관관계가 있다고 보고하였다. 이와 같이 많은 선학들에 의해서 호흡과 같은 기능적인 활동이 안면골격의 형성에 영향을 줄 수 있다는 연구들이 보고되었다.

상기도 공간의 분석에 있어서 두부규격방사선사진은 중요한 역할을 하였고, McNamara⁴는 upper pharyngeal width와 lower pharyngeal width를 측정하여 상기도 공간을 분석하였다. Hwang 등⁵은 두부규격방사선사진상에서 성장기 아동의 상기도 공간은 면적과 안면골격형태에 따라 관련성이 있음을 보고하였다. 그 외에도 Lee와 Kim,⁶ Son과 Choi⁷ 그리고 Kwak 등⁸도 안면골격 형태 또는 부정교합의 유형에 따른 상기도 공간에 대해 두부규격방사선사진 분석을 통하여, 공간의 면적 또는 전후방적 폭경의 차이가 존재한다고 보고하였다.

그러나 두부규격방사선사진은 2차원 평면이고 기도공간은 3차원 공간이라는 점에서 정확한 3차원 공간의 평가에 있어 어려움이 있었다. 공기의 흐름은 상기도를 통과하면서 최단면적에 의해 저항의 크기가 결정된다. 따라서 2차원 평면에서 측정된 두

^a전임의, ^b부교수, ^c교수, 부산대학교 치과대학 교정학교실.

교신저자: 박수병.

부산시 서구 구덕로 305 부산대학교 치의학전문대학원 교정학교실.

051-240-7446; e-mail, sbypark@pusan.ac.kr.

원고접수일: 2008년 9월 17일 / 원고최종수정일: 2009년 1월 16일 /

원고채택일: 2009년 1월 21일.

DOI:10.4041/kjod.2009.39.3.136

*이 논문은 부산대학교병원 연구비를 지원받아 연구되었음.

부규격방사선사진은 정확한 계측부위의 설정이 어려운 한계가 존재할 수밖에 없는 것 또한 사실이었다. Kyung 등⁹과 Rachmiel 등¹⁰이 전산화단층촬영(computed tomography) 영상을 이용하여 폐쇄성 수면무호흡증 환자와 악교정수술 환자의 수술 후 상기도 공간을 다양한 3차원 평면에서 분석하려는 시도를 하였지만, 기능적인 성장발육에 따라 형성된 안면골격형태에서 나타나는 상기도 공간 분석에 대한 연구는 아직 시행되지 않은 실정이다. 기존의 전산화단층촬영(medical CT)은 방사선 노출량이 많아, 치료 전후의 반복적인 촬영을 통한 비교가 필요한 교정분야에 적용하는 데 어려움이 있었다. 그러나 최근에 소개된 cone-beam CT (CBCT)는 방사선 노출량을 현저히 줄여, 기존의 단층촬영영상의 단점을 보완할 수 있어 교정분야의 적용이 가속화되고 있다.^{11,12}

본 연구에서는 C.BCT를 이용하여 상기도 공간 즉, 비인두, 구인두, 하인두를 여러 3차원 평면에서 분석하여 안면 골격형태에 따른 상기도 공간의 면적(area), 전후방 폭경(anteroposterior width, *apw*), 횡적 폭경(transverse width, *tsw*)을 측정하여 그 관련성을 연구하고자 하였다.

연구방법

연구대상

본 연구는 부산대학교병원 치과진료처에 교정치료를 위하여 내원하고 CBCT를 촬영한 환자를 대상

으로 시행하였다. 대상자는 모두 전신질환 및 증후군이 존재하지 않았고, 골격적인 비대칭이 심하지 않았다. 또한 상기도의 병적, 기능적 이상이 있는 경우는 제외하였다. 연구 대상은 남자 50명, 여자 52명으로 구성되었으며, 안면골격형태에 따라 전후방적으로 Class I, II, III로 나누었으며, 이를 다시 수직적으로 정상군(normal pattern)과 수직군(vertical pattern)으로 세분화하였다. 분류기준으로 측모두부규격방사선사진상에서 ANB, SN-GoMe 그리고 FMA 값을 이용하였다. 남녀 비율은 I급에서 남자 17명, 여자 17명, II급에서 남자 15명, 여자 19명, III급에서는 남자 18명, 여자 16명이었다. 평균나이가 12.66 ± 3.26세(남자 13.11 ± 3.42, 여자 12.34 ± 3.13)였다 (Table 1).

연구방법

CBCT의 촬영

연구 대상자는 FH 평면을 바닥과 평행하도록 앉은 자세로 위치하고, CBCT 촬영장치(VCT, Vatech, Seoul, Korea)를 이용하여 촬영하였다. 촬영조건은 60 - 90 Kvp, 2 - 10 mA, scan time은 24초로 하였다. CBCT에서 얻어진 데이터는 DICOM (Digital Imaging & Communication in Medicine)파일 형식으로 변환하였다. 여기서 얻어진 DICOM 데이터는 3D영상 프로그램(Implagraphy, Vatech, Seoul, Korea)을 사용하여 계측하였다.

Table 1. Measurements of skeletal growth pattern

	ANB (°)	Sn-GoMe (°)	FMA (°)
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Class I (n = 34)	2.39 ± 1.13	37.35 ± 4.79	28.26 ± 4.28
Normal pattern (n = 17)	2.46 ± 1.09	33.42 ± 2.03	25.08 ± 2.86
Vertical pattern (n = 17)	2.33 ± 1.20	41.28 ± 3.24	31.43 ± 2.86
Class II (n = 34)	5.73 ± 1.62	41.38 ± 7.83	32.77 ± 7.29
Normal pattern (n = 9)	5.35 ± 0.50	33.77 ± 2.68	26.98 ± 3.33
Vertical pattern (n = 25)	5.86 ± 1.86	44.12 ± 7.24	34.85 ± 7.23
Class III (n = 34)	-2.75 ± 2.19	36.18 ± 5.01	28.59 ± 4.43
Normal pattern (n = 20)	-2.96 ± 2.41	32.90 ± 3.43	26.08 ± 3.43
Vertical pattern (n = 14)	-2.44 ± 1.87	40.85 ± 2.57	32.17 ± 3.06

SD, Standard deviation.

기준평면의 설정 및 계측

3차원 이미지상에서 FH 평면을 설정하고 상기도 공간을 FH 평면에 평행한 평면을 *aa plane*, *CV₂ plane*, *CV₃ plane*으로 설정하였다 (Fig 1). 안면골격 형태와 상기도 공간과의 관련성을 알아보기 위하여, 안면골격형태를 분류하기 위한 계측점, 계측항목, 기준 평면을 설정하였다 (Tables 2 and 3). 각각

의 평면(*aa plane*, *CV₂ plane*, *CV₃ plane*)에 의해 형성된 수평 평면상의 상기도 공간의 전후방 폭경, 측방 폭경 그리고 면적을 각각 측정하였다 (Fig 1).

자료 분석 및 통계 처리

통계분석은 SPSS for window (ver. 12.0, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하였다. 각 평면에 의해 형성된 상기도 공간의 폭경들(*apw*, *tsw*)과 면



Fig 1. A, Reference plane (FH plane, *aa plane*, *CV₂ plane*, *CV₃ plane*); B, measurements of pharyngeal airway width and area on the reference plane.

Table 2. Measurement landmarks

Landmark	Description
Sella (S)	The midpoint of the fossa hypophysealis
Orbitale (Or)	The mid-point of the infraorbital margin
Nasion (Na)	The most anterior point of nasofrontal suture on midsagittal plane
Menton (Me)	The most inferior point on the symphyseal outline
Gonion (Go)	The most inferior point of curvature along the angle of mandible in lateral view
<i>aa</i>	The most anterior point on the anterior arch of atlas
<i>CV_{2ia}</i>	Most infero-anterior point on the body of the second cervical vertebra
<i>CV_{3ia}</i>	Most infero-anterior point on the body of the third cervical vertebra

Table 3. Reference planes

Plane	Description
FH plane	The plane was constructed by both sides of Po and right of Or
<i>aa plane</i>	The plane was parallel to FH plane passing through <i>aa</i>
<i>CV₂ plane</i>	The plane was parallel to FH plane passing through <i>CV_{2ia}</i>
<i>CV₃ plane</i>	The plane was parallel to FH plane passing through <i>CV_{3ia}</i>

적을 ANB, FMA와 SN-GoMe으로 분류한 안면골격 형태에 따라서, one-way ANOVA를 이용하여 분석하였고, duncan test를 이용하여 사후 검정을 시행하였다 (Table 3).

측정에 대한 신뢰성을 평가하기 위해 각 10개씩의 전산화단층촬영영상을 무작위로 추출하여, 같은 연구자가 2주 후에 다시 계측하였다. 측정값들은 paired t-test를 통하여 검사자 내의 신뢰성 검정을 하였으며, 검사자 내 신뢰도 검사에서 2주 간격으로 측정된 계측값 사이에 유의성 있는 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

연구성적

전후방적 안면골격형태와 상기도 공간 계측값과의 관계 분석

aa plane에 의해 형성된 상기도 공간의 단면적은 group 3에서 가장 넓었다 ($p < 0.01$). 전후방 폭경길이는 group 2가 group 3 집단보다 유의하게 좁았다. 측방 폭경은 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$).

CV₂ plane에 의해 형성된 상기도 공간의 단면적은 group 2가 group 3에 비해 유의성 있게 좁았다 ($p < 0.006$) 전후방적 폭경길이와 측방 폭경길이에 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$) (Table 4).

CV₃ plane에 의해 형성된 상기도 공간의 경우, 단면적에서는 group 2의 경우가 상대적으로 좁았으며, 전후방적 폭경 길이도 group 2에서 좁았다. 그리고 측방 폭경의 길이는 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$)(Table 4).

수직적 안면골격형태와 상기도 공간 계측값과의 관계 분석

aa plane에 의해 형성된 상기도 공간은 단면적이 group 2N (Class II, normal pattern)이 group 1N (Class I, normal pattern), group 3N (Class III, normal)와 group 3V (Class III, vertical pattern)보다 작은 것으로 나타났다. 같은 집단(Class I, II, III) 내에서 수직군과 정상군 사이의 통계학적 차이를 보이지 않았다. 전후방 폭경길이는 I급 집단에서는 수직군이 정상군보다 적은 전후방 폭경길이를 나타냈다 ($p < 0.05$). 측방폭경은 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$).

CV₂ plane에 의해 형성된 상기도 공간의 단면적은 group 2N (Class II, normal pattern)이 group 1N (Class I, normal), group 3N (Class III, normal) 그리고 group 3V (Class III, vertical)에 비해 유의성 있게 작았다. 같은 집단 내(Class I, II, III) 수직군과 정상군 사이의 통계학적 차이가 존재하지 않았다.

CV₃ plane에 의해 형성된 상기도 공간의 경우, 단면적에서는 group 2N (Class II, normal)이 group 1N

Table 4. Means and standard deviations of area, anteroposterior width (apw) and transverse width (tsw) and results of ANOVA, followed by Duncan test

Plane	Group 1 (Class I)	Group 2 (Class II)	Group 3 (Class III)	Significance	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
aa	area (mm ²)	297.02 ± 152.01 ^a	249.14 ± 92.05 ^a	376.90 ± 23.21 ^b	0.000 [†]
	apw (mm)	14.11 ± 4.35 ^{ab}	13.03 ± 4.20 ^a	15.74 ± 4.25 ^b	0.035 [*]
	tsw (mm)	27.77 ± 7.69	26.00 ± 5.63	29.79 ± 7.75	0.094
CV ₂	area (mm ²)	276.15 ± 138.64 ^{ab}	214.38 ± 91.24 ^a	310.27 ± 130.01 ^b	0.006 [†]
	apw (mm)	15.08 ± 13.86	10.81 ± 3.16	13.61 ± 4.19	0.117
	tsw (mm)	26.43 ± 7.37	26.18 ± 5.53	28.48 ± 6.10	0.268
CV ₃	area (mm ²)	315.68 ± 126.48 ^b	241.62 ± 92.55 ^a	326.03 ± 151.34 ^b	0.013 [*]
	apw (mm)	13.46 ± 3.67 ^b	11.28 ± 2.82 ^a	13.54 ± 4.19 ^b	0.016 [*]
	tsw (mm)	30.37 ± 4.93	29.66 ± 5.20	31.71 ± 5.53	0.264

* $p < 0.05$, [†] $p < 0.01$ considered statistically significant; a,b,c, the same superscripts indicate no statistically significant difference between the indicated groups ($p > 0.05$).

Table 5. Means and standard deviations of area (mm²), anteroposterior width (apw, mm) and transverse width (tsw, mm) according to craniofacial pattern and results of ANOVA, followed by Duncan test

Plane	Group 1N (Class I, normal)	Group 1V (Class I, vertical)	Group 2N (Class II, normal)	Group 2V (Class II, vertical)	Group 3N (Class III, normal)	Group 3V (Class III, vertical)	Significance	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
aa	area	329.95 ± 136.64 ^{bc}	264.08 ± 163.34 ^{ab}	203.25 ± 65.33 ^a	265.66 ± 95.67 ^{ab}	353.53 ± 97.08 ^{bc}	410.27 ± 175.17 ^c	0.001 [†]
	apw	15.89 ± 4.69 ^{bc}	12.33 ± 3.22 ^a	12.32 ± 3.76 ^a	13.28 ± 4.40 ^{ab}	15.08 ± 2.77 ^{bc}	16.70 ± 5.74 ^c	0.014 [*]
	tsw	27.99 ± 6.46	27.54 ± 8.96	21.51 ± 6.40	27.62 ± 4.42	30.17 ± 5.99	29.25 ± 9.98	0.081
CV ₂	area	295.65 ± 142.09 ^{bc}	256.66 ± 136.56 ^{abc}	199.80 ± 54.87 ^a	219.63 ± 101.66 ^{ab}	298.79 ± 127.44 ^{bc}	326.68 ± 136.67 ^c	0.041 [*]
	apw	17.79 ± 18.79	12.38 ± 5.24	11.71 ± 3.43	10.48 ± 3.06	12.97 ± 3.46	14.53 ± 5.06	0.154
	tsw	26.89 ± 7.30	25.97 ± 7.68	24.78 ± 5.75	26.68 ± 5.47	27.69 ± 6.47	29.62 ± 5.56	0.534
CV ₃	area	330.00 ± 135.88 ^{bc}	301.36 ± 118.73 ^{bc}	189.30 ± 64.39 ^a	260.46 ± 94.86 ^{ab}	289.99 ± 128.87 ^{bc}	377.53 ± 170.34 ^c	0.009 [†]
	apw	14.36 ± 4.16 ^b	12.56 ± 2.95 ^{ab}	10.04 ± 2.23 ^a	11.72 ± 2.29 ^{ab}	12.97 ± 3.81 ^b	14.35 ± 4.69 ^b	0.024 [*]
	tsw	31.00 ± 4.86	29.73 ± 5.06	26.41 ± 6.37	30.82 ± 4.27	31.48 ± 5.56	32.04 ± 5.69	0.157

* $p < 0.05$, [†] $p < 0.01$ considered statistically significant; a,b,c, the same superscripts indicate no statistically significant difference between the indicated groups ($p > 0.05$).

(Class I, normal), group 1V (Class I, vertical), group 3N (Class III, normal), group 3V (Class III, vertical) 보다 유의성 있게 작았다. 전후방적 폭경길이에서도 group 2N (Class II, normal)이 다른 group 1N, 3N, 3V에 비해 유의성 있게 작게 나타났다. 그러나 같은 집단 내(Class I, II, III)에서 수직군과 정상군 사이의 통계학적 차이가 존재하지 않았다 (Table 5).

고찰

측모두부규격방사선사진은 안면골격의 평가뿐만 아니라 상기도에 대한 평가에도 이용되며,¹³ McNamara 등⁴은 상기도 평가 시의 계측 항목을 제시하기도 하였다. 그러나 기존의 연구는 3차원인 상기도 공간을 2차원으로 평가하는 데 따른 어려움이 있었다. Major 등¹⁴에 의하면 측모두부규격방사선사진을 통한 아데노이드의 크기와 posterior upper airway의 평가에 있어서 실제크기와 계측값의 차이가 있음을 언급하였고, 특히 비인두 크기 평가에 있어서 낮은 상관관계를 가진다고 하였다. Aboudara 등¹⁵은 3D NewTom image를 통한 예비연구(pilot study)에서 비인두 크기를 해석하는 데 있어 2차원 평면상은 3차

원 공간을 압축(compression)시킴으로써 생기는 단점을 가지고 있다고 언급하면서 아데노이드의 크기와 비인두공간의 분석이 3차원과 다를 수 있음을 언급하였다.

이에 대해 Kyung 등⁹은 수면무호흡증을 가진 환자에게 있어 장치착용 전과 후의 상기도 공간을 평가하기 위하여 전산화 단층사진영상을 촬영하고 3차원 구조물의 단면을 이용하여 평가하는 시도를 하였다. 전산화 단층사진영상은 상의 확대나 왜곡이 작고 실측치를 얻을 수 있으며, 원하는 각도에서 이미지를 관찰할 수 있는 장점을 가지고 있어 활용도가 높다.¹⁶ Chang과 Baik¹⁷은 3차원 CT 입체영상을 이용한 계측점의 재현성과 정확성에 있어 여러 장점을 입증한 바 있다.

그러나 전산화 단층사진영상은 높은 방사선 피폭량에 대한 문제점이 제시되어 왔고 성장기 아동에 있어서 과도한 방사선 피폭으로 실제 임상에 적용 시 어려움을 겪어왔다. 이러한 단점을 해결하는 방안으로 피폭량이 1/5 정도로(50 μSv) 줄어든 Cone-beam 전산화 단층촬영이 소개되었다.^{18,19} 이번 연구는 2차원 두부규격방사선사진의 문제점을 보완하면서 정확한 3차원 평가를 시행하기 위하여 CBCT

를 사용하였다.

상기도 공간은 비강, 비인두, 구인두, 하인두 그리고 구강으로 구성된다. 이러한 공간은 3차원 영상에서 자르는 각도에 따라서 단면적이 달라질 수 있으므로 FH plane에 대하여 평행한 평면을 설정하여 상기도 공간의 단면적을 비교하도록 하였다. 또한 각각의 위치를 비교하기 위하여 aa point와 CV_{2ia}와 CV_{3ia} point를 설정하고 FH plane과 평행하면서 계측점을 지나서 평면을 사용하여 연구대상자들의 상기도 단면을 평가하여 보았다. 기도 공간에서 공기의 흐름에 영향을 주는 요소는 여러 가지이나, 단면적이 최소가 되는 부분에서 공기 흐름에 대한 저항이 높을 것이다. McNamara⁴는 상기도 공간의 폭경을 측정하는 데 있어서, upper pharyngeal width는 연구개의 후면에서 인두후벽(posterior pharyngeal wall)상의 가장 가까운 점까지의 거리로, lower pharyngeal

width는 혀의 후면과 하악의 하연이 만나는 점으로부터 인두후벽상의 가장 가까운 점까지의 거리로 설정하였다. Upper pharyngeal width가 5 mm 이하일 경우 기도장애라 하고, lower pharyngeal width는 평균 10 - 12 mm로 나이에 따라서 변하지 않는다고 하였다. 그러나 3차원 영상에서 최소단면적을 측정하는 것에는 한계가 있을 수 있어 기준평면을 설정하도록 하였다.²⁰ 설정한 기준 평면은 상기도를 구분하는 비인두, 구인두, 하인두에 해당하는 부분으로 비인두(nasopharynx)에 해당하는 위치인 제1경추(atlas)의 최전방점을 지나면서 FH plane과 평행한 평면을 설정하고, 구인두(oropharynx)는 제2경추 몸체의 최전하방점인 CV_{2ia}를 지나면서 FH plane과 평행한 평면을 그리고 하인두(hypopharynx)는 제3경추 몸체의 최전하방점인 CV_{3ia}를 지나면서 FH plane과 평행한 평면을 설정하여 계측의 재현도를 높이도록

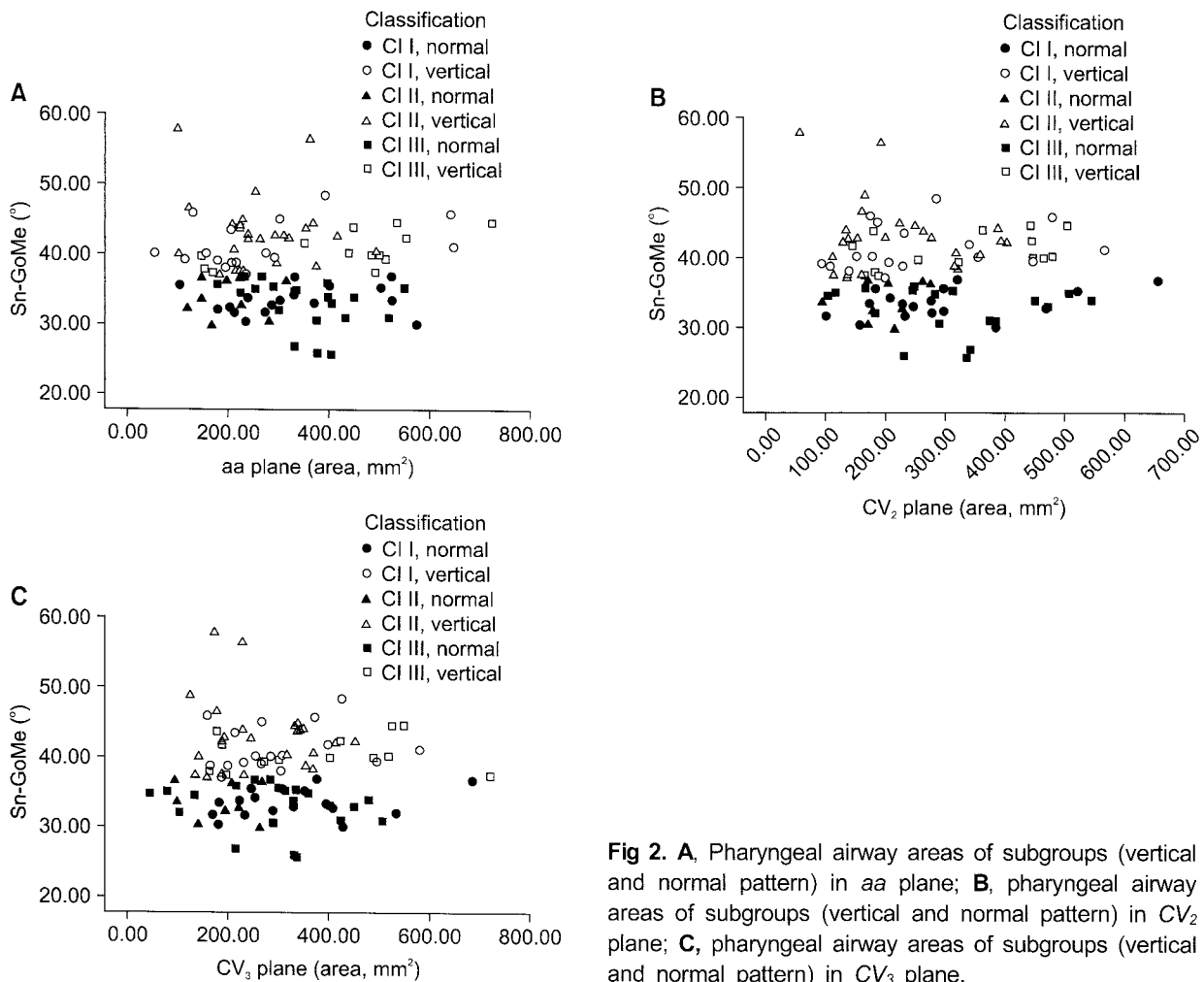


Fig 2. A, Pharyngeal airway areas of subgroups (vertical and normal pattern) in aa plane; B, pharyngeal airway areas of subgroups (vertical and normal pattern) in CV₂ plane; C, pharyngeal airway areas of subgroups (vertical and normal pattern) in CV₃ plane.

하였다.

연구대상자는 두부규격방사선사진의 계측값 중 ANB, FMA, Sn-GoMe을 사용하여 전후방적 그리고 수직적으로 분류하고 공간을 분석하였다.

aa plane에 의해 형성된 상기도 공간은 단면적이 group 3에서 가장 넓었다 ($p < 0.01$). 전후방 폭경길이는 group 2가 group 3보다 유의하게 좁았으며, group 2, group 1, group 3의 순으로 전후방 폭경 길이의 증가 경향을 보였다. 측방 폭경은 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$). 수직적 안면골격형태에 따른 분류에서도 group 2N (Class II, normal pattern)이 group 1N (Class I, normal pattern), group 3N (Class III, normal)과 group 3V (Class III, vertical pattern)보다 작은 것으로 나타났으며, Class II group의 정상군과 수직군 그리고 Class I의 수직군이 다른 group들보다 상대적으로 단면적이 작은 경향을 보였다 (Fig 2). de Freitas 등²¹은 Angle분류 I급과 II급 환자 중에서 수직 성장(vertical growth pattern)을 보이는 연구 대상자군이 정상 성장(normal growth pattern)에 비하여 상기도 폭경(upper airway width)이 좁은 것으로 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 Class II군(normal, vertical pattern)과 Class I군 중 수직 성장(vertical pattern)을 나타내는 group 1V, 2N, 2V의 폭경이 좁은 경향을 나타냈으나 통계학적으로 수직군과 정상군 간의 차이를 발견하지는 못하였다 ($p > 0.05$). 한편 Class III 집단에서는 수직 안면골격형태를 보이는 group 3V (Class III, vertical)가 단면적이 상대적으로 큰 경향을 보였다. 전후방 폭경길이는 group 1V (Class I, vertical)와 group 2N (Class II, normal)에서 적은 것으로 나타났으며, group 3V (Class III, vertical)는 상대적으로 큰 것으로 나타났다 (Fig 3). Lee와 Kim,⁶ Son과 Choi⁷는 부정교합에 따른 기도 공간의 분석에서 II급과 III급 부정교합자의 비인두 면적이 I급에 비해 적게 나타났으며 연구개, 혀, 구인두 및 하인두의 면적에서는 큰 차이가 없다고 보고한 것과는 차이가 있었다. 그러나 2차원 두부규격방사선사진상의 면적 계측은 시상면의 면적을 의미하고 본 연구는 횡단면상의 면적을 의미하여 차이가 있다고 하겠다. 그러나 공기의 흐름을 고려한다면, 본 연구에서처럼 횡단면의 면적 평가가 좀 더 유용하리라 생각된다. 측방 폭경은 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$). CV₂ plane에 의해 형성된 상기도 공간은 단면적이 group 2 (Class II)가 group 3 (Class III)에 비해 유의성 있게 작았으며, group 2 (Class II), group 1 (Class

I), group 3 (Class III)의 순으로 단면적이 증가하는 경향을 가지는 것 같다. 그리고 전후방적 폭경길이와 측방 폭경길이에는 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다. 수직적 안면골격형태에 의한 분류에서는 group 2N (Class II, normal)이 group 1N (Class I, normal), group 3N (Class III, normal) 그리고 group 3V (Class III, vertical)에 비해 유의성 있게 작았다 ($p < 0.05$). Group 2N, 2V는 다른 group들에 비해 상대적으로 작은 단면적을 보이는 경향이 있었으며 group 3V는 비교적 큰 단면적을 나타내었다 (Fig 2). 이것은 Lee와 Kim⁶의 연구에서처럼 부정교합에 따른 구인두 부위 폭경 비교에서 통계학적인 차이가 없다는 연구와 다른 결과로 나타났다. 그러나 집단 내에서 수직군과 정상군 사이의 통계학적 차이를 발견하지는 못하였다. 이것은 Ceylan과 Okatay,²² Kerr³의 연구에서 기능이 정상일 때는 수직적인 골격과 비인두의 형태 변화 사이의 관련성은 미약하다고 한 연구와 일치하였다. 이처럼 골격양상에 따른 상기도 공간의 조직 변화는 주로 호흡양상이 구호흡으로 이루어지는 경우에 기도 주위 조직에 변화를 야기하지만 정상적인 경우, 그 영향이 미약하다. 이것이 골격적 영향과의 관련성이 적게 나타난 것과 관련있으리라 생각된다. 따라서 수직적 골격 성장과 기도의 성장이 서로 상관관계를 가지고 있으며 상호간에 영향을 준다는 것은 사실이지만, 비기능이 정상적으로 이루어지는 경우에 있어서는 보다 수직적인 골격성장이 일어난다고 해도 기도의 크기에 유의할 만한 변화를 야기하지는 않는 것으로 생각된다. CV₃ plane에 의해 형성된 상기도 공간의 경우, 단면적에서는 group 2 (Class II)의 경우가 상대적으로 좁았으며, 전후방적 폭경길이도 group 2 (Class II)에서 좁았다. 그리고 측방 폭경의 길이는 유의한 차이를 보이지 않았다. 수직적 안면골격형태에 따른 비교에서도 단면적에서는 group 2N (Class II, normal)이 group 1N (Class I, normal), group 1V (Class I, vertical), group 3N (Class III, normal), group 3V (Class III, vertical)보다 유의성 있게 작았다 ($p < 0.05$). 또한 group 3V (Class III, vertical)은 비교적 큰 값을 나타내었다 (Fig 2). 전후방적 폭경 길이에서도 group 2N (Class II, normal)이 다른 group 1N, 3N, 3V에 비해 유의성 있게 작게 나타났다. 그리고 Class III 골격형태인 group 3N와 group 3V의 경우는 상대적으로 큰 값을 나타내었다 (Fig 3). 결국 하인두의 경우에서도 II급군과 I급군 중 수직군에서 상대적인 단면적과 전후방적 폭경이 좁은 경

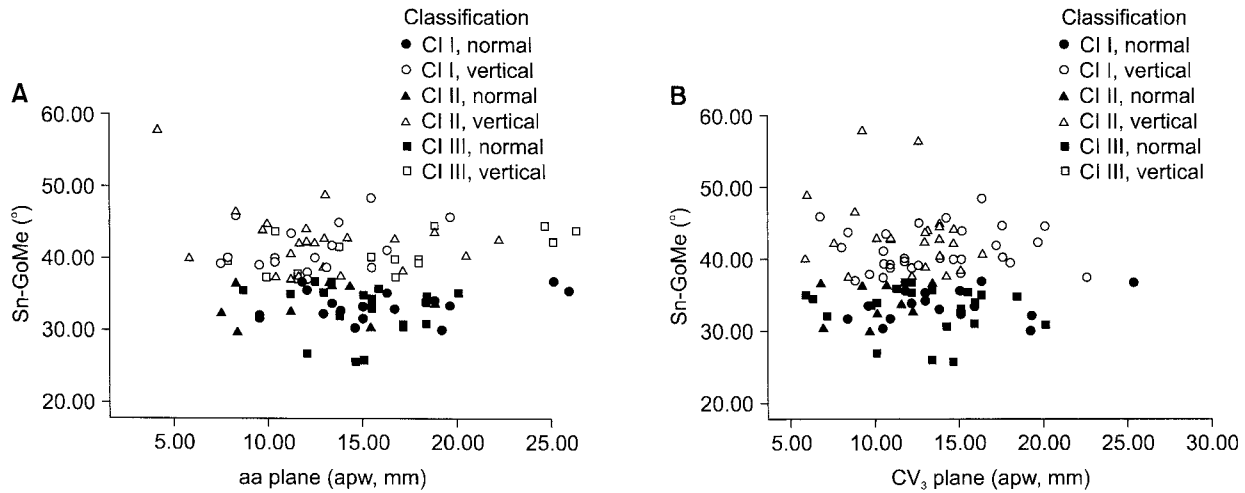


Fig 3. A, Pharyngeal airway width (apw) of subgroups (vertical and normal pattern) in aa plane; **B,** pharyngeal airway width (apw) of subgroups (vertical and normal pattern) in CV₃ plane.

향을 가지나 통계학적인 유의성을 나타내지는 않았다. 본 연구에서는 III급군에서는 상대적으로 단면적과 전후방적 폭경이 넓은 것으로 나타났다. 측방 폭경의 길이는 유의한 차이를 보이지 않았다. Chen 등²³은 III급 악교정 수술 환자에서 단독으로 하악 후퇴술을 시행한 군과 양악 수술을 시행하여 상악 전진술과 하악 후퇴술을 시행한 군에서의 상기도 공간을 분석한 연구에서 하악 단독 수술을 시행한 경우 구인두와 하인두에서 장단기적으로 폭경이 좁아지는 것으로 보고하면서 양악 수술이 III급 악교정 수술 환자에서 폐쇄성 수면무호흡증을 유발시킬 수 있는 요인을 예방하는 데 좀 더 효과적일 것이라 언급하였다. 그러나 III급 악교정 수술 시의 상기도 공간 변화에 대한 연구에 있어서는 III급군이 오히려 넓다는 점이 고려될 필요가 있을 것으로 생각된다.

이번 연구에서 aa plane, CV₂ plane, CV₃ plane에 의해 형성된 수평면상의 상기도 공간의 횡단면은 비인두, 구인두, 하인두 부위의 공간의 평가를 판별할 수 있는 위치인 것으로 생각된다. 상기도 공간의 2차원 측모두부방사선계측 사진 분석에서는 전후방적인 폭경 길이만 계측이 가능하였다. 그러나 본 연구는 측방 폭경까지 계측이 가능하였고 면적의 계산까지 시행하여 3차원 구조물의 평가에 더욱 실효성이 높았다고 생각된다. 그러나 3차원 CBCT 연구에서 측방 폭경 길이의 계측값들이 안면골격형태에 따라 다르지 않고 통계학적인 큰 차이가 존재하지 않았다. 따라서 단순히 상기도 공간의 전후방적

폭경 길이를 계측하는 데 있어서는 2차원 측모두부 규격방사선 사진의 계측값도 어느 정도 신뢰성이 높다고 할 수 있겠다. 그러나 실제적 면적을 계측하는데 있어서는 다소간의 차이가 발생하였다.

Major 등¹⁴은 수직성장양상을 보이는 I급과 II급 대상자에서 정상 대상자보다 상기도 공간의 폭경이 작다고 언급하였다. 그러나 본 연구에서는 II급군에서는 정상군과 수직군에 따른 유의한 차이를 발견하지 못하였다. 그러나 I급군에서는 수직 성장양상을 보이는 군에서 정상 군에 비해 다소 폭경이 작은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). III급군은 상대적으로 넓은 상기도 공간을 보였다. 상기도 공간은 호흡이라고 하는 생리적인 현상에 따라 변화하는 동적인 기관이다. 그러나 3차원 전산화단층촬영 영상을 이용한 입체공간의 분석은 정적인 상태에서의 분석이라는 점에서 완벽한 기능적 분석의 한계가 존재한다. 따라서 평면적 분석보다는 공기의 흐름을 고려하여 입체적 분석과 함께 기도라고 하는 역동적 변화를 보이는 조직의 특성을 고려한 동적인 상태의 기능적 분석이 더하여진 좀 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

결론

안면골격형태에 따른 상기도 공간의 분석을 3차원 CBCT를 이용하여 시행하였다. 부산대학교 치과 진료처 교정과에 내원하여 진단을 위해 CBCT를 촬영한 102명을 대상으로 시행하여 3차원 영상이미지

를 채득하였고 이를 바탕으로 상기도 공간을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. *aa* plane에 의해 형성된 상기도 공간은 단면적이 Group 3 (Class III)에서 가장 넓었다 ($p < 0.01$). 전후방 폭경길이는 Group 2 (Class II)가 Group 3 (Class III)집단보다 유의하게 좁았다 ($p < 0.05$).
2. CV_2 plane에 의해 형성된 상기도 공간은 단면적이 Group 2 (Class II)가 Group 3 (Class III)에 비해 유의성 있게 작았다.
3. CV_3 plane에 의해 형성된 상기도 공간의 경우, 단면적에서는 Group 2 (Class II)의 경우가 상대적으로 좁았으며, 전후방적 폭경 길이도 Group 2 (Class II)에서 좁았다.
4. 측방 폭경은 안면 골격형태에 따라 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$).
5. 수직 안면골격형태와 정상 안면골격 형태 간의 유의성 있는 차이는 없었으나, *aa* plane에서 형성된 상기도 공간의 전후방 폭경은 group 1V (Class I vertical)가 group 1N (Class I normal)에 비해 유의성 있게 좁은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$).

참고문헌

1. Moss ML, Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth. *Am J Orthod* 1969;55:566-77.
2. Dunn GF, Green LJ, Cunat JJ. Relationship between variation of mandibular morphology and variation of nasopharyngeal airway size in monozygotic twins. *Angle Orthod* 1973;43:129-35.
3. Kerr WJ. The nasopharynx, face height, and overbite. *Angle Orthod* 1985;55:31-6.
4. McNamara Jr JA. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* 1984;86:449-69.
5. Hwang YI, Lee KH, Lee KJ, Kim SC, Cho HJ, Cheon SH, et al. Effect of airway and tongue in facial morphology of prepubertal Class I, II children. *Korean J Orthod* 2008;38:74-82.
6. Lee YS, Kim JC. A cephalometric study on the airway size according to the types of the malocclusion. *Korean J Orthod* 1995;25:19-20.
7. Son WS, Choi YS. Evaluation of hyoid bone position and airway size in Class III malocclusion. *Korean J Orthod* 1996;26:247-54.
8. Kwak SY, Kim HY, Jeon YM, Kim JG. Airway size in malocclusions with hyperdivergent skeletal pattern. *Korean J Orthod* 2003;33:293-305.
9. Kyung SH, Park YC, Pae EK. Obstructive sleep apnea patients with the oral appliance experience pharyngeal size and shape changes in three dimensions. *Angle Orthod* 2005;75:15-22.
10. Rachmiel A, Aizenbud D, Pillar G, Srouji S, Peled M. Bilateral mandibular distraction for patients with compromised airway analyzed by three-dimensional CT. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:9-18.
11. 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.
12. Jeon HJ, Park SH, Jung SH, Chun YS. Three dimensional analysis of tooth movement using different sizes of NiTi wire on NiTi scissors-bite corrector. *Korean J Orthod* 2009;39:43-53.
13. Hwang SH, Park IS, Nam KY, Kim JB, Cho YW, Suh YS, et al. Cephalometric differences in obstructive sleep apnea between obese and non-obese Korean male patients. *Korean J Orthod* 2008;38:202-13.
14. Major MP, Flores-Mir C, Major PW. Assessment of lateral cephalometric diagnosis of adenoid hypertrophy and posterior upper airway obstruction: a systemic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006;130:700-8.
15. Jeans WD, Fernando DC, Maw AR, Leighton BC. A longitudinal study of the growth of the nasopharynx and its contents in normal children. *Br J Radiol* 1981;54:117-21.
16. Lagravère MO, Carey J, Toogood RW, Major PW. Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:112-6.
17. Chang HS, Baik HS. A proposal of landmarks for craniofacial analysis using three-dimensional CT imaging. *Korean J Orthod* 2002;32:313-25.
18. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercurary, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:219-26.
19. Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc* 2003;31:817-23.
20. Anegawa E, Tsuyama H, Kusakawa J. Lateral cephalometric analysis of the pharyngeal airway space affected by head posture. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:805-9.
21. de Freitas MR, Alcazar NM, Janson G, de Freitas KM, Henriques JF. Upper and lower pharyngeal airway in subjects with Class I and Class II malocclusions and different growth patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:742-5.
22. Ceylan I, Okatay H. A study on the pharyngeal size in different skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995;108:69-75.
23. Chen F, Terada K, Hua Y, Saito I. Effects of bimaxillary surgery and mandibular setback surgery on pharyngeal airway measurements in patients with Class III skeletal deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:372-7.

Pharyngeal airway analysis of different craniofacial morphology using cone-beam computed tomography (CBCT)

Yong-II Kim, DDS, MSD,^a Seong-Sik Kim, DDS, MSD, PhD,^b Woo-Sung Son, DDS, MSD, PhD,^c
Soo-Byung Park, DDS, MSD, PhD^c

Objective: CBCT has become popular for orthodontic diagnosis and treatment planning in recent times. The 3D pharyngeal airway space needs to be analysed using a 3D diagnostic tool. The aim of this study was to analyse the pharyngeal airway of different craniofacial morphology using CBCT. **Methods:** The sample comprised 102 subjects divided into 3 groups (Class I, II, III) and 6 subgroups according to normal or vertical craniofacial patterns. All samples had CBCT (VCT, Vatech, Seoul, Korea) taken for orthodontic treatment. The pharyngeal airway was assessed according to the reference planes: aa plane (the most anterior point on the anterior arch of atlas), CV₂ plane, and CV₃ plane (most infero-anterior point on the body of the second & third cervical vertebra). The intergroup comparison was performed with one-way ANOVA and duncan test as a second step. **Results:** The results showed the pharyngeal airway and anteroposterior width of group 2 (Class II) in aa plane, CV₂ plane, CV₃ plane were significantly narrower than in group 3 (Class III). There was no significant difference between vertical and normal craniofacial patterns except for the anteroposterior pharyngeal width of Group 1 (Class I) in aa plane. **Conclusions:** Subjects with Class II patterns have a significantly narrower pharyngeal airway than those with Class III. However there was no difference in pharyngeal airway between vertical and normal craniofacial morphology. (*Korean J Orthod* 2009;39(3):136-145)

Key words: Cone-beam computed tomography (CBCT), Pharyngeal airway, Craniofacial morphology

^aFellow, ^bAssociate professor, ^cProfessor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pusan National University.
Corresponding author: *Soo-Byung Park*.

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pusan National University, 305, Gudeok-ro, Seo-gu, Busan 623-739, Korea.

+82 51 240 7446; e-mail, *sbypark@pusan.ac.kr*.

Received September 17, 2008; Last Revision January 16, 2009; Accepted January 21, 2009.