

전산화단층사진술을 이용한 상악동 체적의 측정

연세대학교 치과대학 치과방사선학 교실
박창희 · 김기덕 · 박창서

Measurement of Maxillary Sinus Volume Using Computed Tomography

Chang-Hee Park, Kee-Deog Kim, Chang-Seo Park
Department of Dental Radiology, College of Dentistry, Yonsei University

ABSTRACT

Purpose : To propose a standard value for the maxillary sinus volume of a normal Korean adult by measuring the width and height of the sinus and analyzing their correlation and the difference of the sinus size respectively between sexes, and on the right and left sides.

Materials and Methods : Fifty-two (95 maxillary sinuses) out of 20 years or over aged patients who had taken CT in the Department of Dental Radiology, Yonsei University, Dental Hospital, between February 1997 and July 1999 who were no specific symptom, prominent bony septa, pathosis, clinical asymmetry and history of surgery in the maxillary sinus were retrospectively analyzed.

Results : The mean transverse width, antero-posterior width, height and volume of the normal Korean adult's maxillary sinuses were 28.33 mm, 39.69 mm, 46.60 mm and 21.90 cm³, respectively. There was a significant sex difference in the sinus volume ($p < 0.05$). In the mean antero-posterior width, height and volume of the sinus, no significant difference was observed between both sides. All four measurements showed a significant correlation between both sides ($p < 0.0001$). The widths and height of the sinus all showed a significant correlation with the sinus volume ($p < 0.0001$).

Conclusion : In the Korean normal adult's maxillary sinus, males tended to be larger than females. Except for the transverse width, all of the measurements showed no significant difference between the right and left side, but significant correlations in the four measurements between both sides were observed. Thus, the overgrowth or undergrowth in the unilateral maxillary sinus may suggest a certain pathosis or developmental abnormalities in the maxillary sinus. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2000 ; 30 : 63-70)

KEY WORDS : Maxillary sinus volume; tomography, X-ray computed; Standard value

서 론

상악동은 공기를 함유하고 점막으로 피개되어 있는 가장 큰 부비동으로 여러 가지 원인에 의해 다양한 질환이 발생할 수 있으며 특히 치아와 관련되어 질환이 발생하는 경우가 많아 구강악안면영역에서도 임상적으로 중요한 해부학적 구조로 인식되어 왔다.¹

상악동은 부비동 중 가장 먼저 발생하고 태생 3개월경에 중비도 점막의 양이 측방외전을 일으킴으로써 발육이

시작되는데, 출생시 상악동의 평균 크기는 전후방 폭경 7 mm, 근원심 폭경 4 mm, 고경 4 mm 정도이다. 2세말이 되면 성인 크기의 1/2에 이르고, 7세경에는 대략 전후방 폭경 27 mm, 근원심 폭경 18 mm, 고경 17 mm가 된다. 또한 상악동이 전하방으로 성장함에 따라 12세가 되면 상악동은 비강저 수준에 달하고 영구치열이 완성될 때까지 성장이 지속되어 25세경에는 최대 크기에 이른다.²⁻⁹

상악동은 피라미드형이며 4개의 벽과 바닥을 갖는다. 기저부는 내측으로 비강의 외측면과 접하고 첨부는 외측으로 관골체와 접한다. 전방부는 상악골체의 안면부, 상순각거근(levator anguli superioris muscle)과 구각거근(levator anguli oris muscle)의 후방부와 접하고 하방으로는 상악골의 치조돌기, 관골돌기와 접하며 이것이 가장 크다. 천장은 안와저와 접하고 후방으로는 상악골의 측두하부면(infratemporal

접수일 : 1999년 12월 9일 채택일 : 1999년 12월 29일
Correspondence to : Prof. Chang-Seo Park
Department of Dental Radiology, College of Dentistry, Yonsei University, Shinchon-Dong 134, Seodaemun-Gu, Seoul, KOREA
Tel) 02-647-4528, Fax) 02-363-5232
E-mail) csp@yumc.yonsei.ac.kr

surface)과 접한다.¹⁰

상악동의 성장과 발육은 상당히 규칙적이거나 크기, 형태, 위치 및 내부 구조 등은 매우 다양하다고 보고되는데,⁵ Neivert⁶는 안면의 크기와 형태가 상악동 크기를 반영한다고 하였으며, Turner⁹와 Sedwick¹¹은 개인마다 상악동의 형태, 크기, 위치가 매우 다양하고 심지어 같은 사람에서도 좌우간에 차이가 있다고 하였다.

상악동의 형태 및 크기에 관한 분류는 해부학적으로는 물론 인류학적으로 매우 흥미로운 분야이며 이와 관련하여 많은 연구가 있었다. 게다가 이 부위는 감염이 쉽고 암이 발생하거나 이환되는 경우가 많아 임상적으로도 그 연구가 활발히 이루어지고 있다.¹²⁻¹⁴

상악동 체적을 측정하는 방법에는 크게 인체 계측학적 방법, 일반 방사선사진을 이용하는 방법, 전산화단층사진을 이용하는 방법 등이 있다. 상악동의 선형적 계측과 체적 측정은 전통적으로 건조 두개골이나 사체 (cadaver)를 이용하여 이루어졌고 이러한 방법은 최근 연구에서도 종종 이용되고 있다.^{9,12,15} 하지만 이러한 연구 방법은 그 표본의 나이를 정확하게 알 수 없다는 단점과 함께 상악동을 이장하는 연조직이 없어지므로 생존시 크기보다 더 커질 수도 있다는 단점이 있다.¹⁶

상악동의 크기를 평가하고 상악동염을 진단하기 위해 Scheier가 최초로 방사선사진을 이용한 이후로 여러 학자들의 방사선학적 연구가 거듭되었으며, 그 결과 방사선 사진은 상악동 영역의 질환을 진단하고 평가하는 중요한 수단이 되었다.¹⁷ 하지만 이러한 일반 방사선학적 검사는 내, 외인성 오차의 위험이 따르는데, 촬영방법적인 면에서는 상의 확대와 변형을 피할 수 없고, 사진을 판독하는데 있어서는 해부학적 구조물의 명확한 구별이 어렵고, 인접 구조물들이 서로 겹치는 문제가 있다. 또한 사진을 묘사지로 그린 후에 분석하기 때문에 이 역시 또다른 오차 요인이 될 수 있다. 기존의 많은 계측치들은 2차원적인 두부측방 방사선사진에 근거했기 때문에 상악동을 포함한 두개안면부 구조를 너무 단순화시킨 경향이 있었고 고경과 폭경만으로 상악동 크기를 구했으므로 실제 상악동의 크기와 형태를 완전히 재현할 수 없었다.¹⁸⁻²⁰

전산화단층사진은 기존의 일반 방사선사진이나 단층사진과 비교할 수 없이 우수한 대조도 해상능 (contrast resolution)을 가지므로 상악동 내부와 주위 경, 연조직을 명확하게 평가할 수 있다.²¹ 따라서 현재 전산화단층사진은 상악동 영역의 질환을 진단하고 치료 계획을 세우는데 있어 매우 중요한 역할을 담당하고 있으며 그 우수성과 정확성은 이미 널리 알려져 있다. 이러한 전산화단층사진을 생체 체적 측정에 처음 도입한 것은 Koehler 등²²이었으며, 그 후로 이러한 방법은 주로 의학 분야에서 활발히 연구되어 왔고 현재는 전산화단층사진이 생체 체적을 측정하는 가장 정확하고도 비외과적인 방법이 되었다.²³⁻³²

상악동의 크기를 측정한 기존의 많은 연구들이 대부분 2차원적인 일반 방사선 사진에 근거했기 때문에 그 오차가 적지 않을 것으로 생각되며, 또한 전산화단층사진을 이용한 상악동 체적 연구일지라도 인종 및 민족의 차이로 인하여 체질인류학적으로 우리 나라 성인의 상악동과는 차이가 있을 뿐만 아니라 제시한 측정 술식도 다양하여 그 자료를 비교하기가 쉽지 않다.

이에 본 연구에서는 20세 이상 한국인 정상 성인을 대상으로 촬영된 두개안면영역의 연속적인 횡단면 전산화단층사진을 후향적으로 고찰 분석하여 상악동의 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경을 측정하고 체적을 구한 뒤 상악동 각각의 계측치가 상악동 체적과 갖는 상관 관계를 평가하고, 성별, 좌우별 상악동 크기의 차이를 알아봄으로써 한국인 정상 성인 상악동 크기의 표준치를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

1997년 2월부터 1999년 7월까지 연세대학교 치과대학병원 치과방사선과에서 전산화단층사진을 촬영한 20세 이상 성인 환자의 전산화단층사진을 대상으로 후향적으로 고찰, 분석하였다. 이 중 상악동에 특별한 증상이나 골절, 염증, 종양 등의 병변이 없는 정상적인 경우만 선택하였고, 환자가 임상적으로 심한 비대칭 소견을 보이거나 그로 인해 악안면부위 수술을 받은 병력이 있는 경우와 상악동 전체에 걸쳐 중격 (septa)이 있거나 상악동이 부적절하고 불완전하게 촬영된 경우들은 모두 제외하였다. 최종 연구대상으로 결정된 환자수는 총 52명이었고 이 중 남자는 24명, 여자는 28명이었으며 연령분포는 20-48세 (평균: 25.8세)였다. 또한 상악동 수는 우측 47개동, 좌측 48개동으로 총 95개동이였다.

2. 연구방법

1) 전산화단층촬영

환자들은 모두 CT HiSpeed Advantage® 전산화단층촬영장치 (GE Medical System, Milwaukee, USA)를 이용하여 high-resolution algorithm, field of view (FOV) 23.0 cm, 512 × 512 matrix, 120 kVp, 200 mA, 1 sec 조건하에 전산화단층

Table 1. Distribution of patients by age and sex

Age (years)	Male	Female	Total
20-29	21 (37)	22 (41)	43 (78)
30-39	3 (5)	3 (6)	6 (11)
40-49	0 (0)	3 (6)	3 (6)
Total	24 (42)	28 (53)	52 (95)

() : number of maxillary sinuses

촬영을 시행하였다. 환자의 두부는 Frankfurt plane이 바닥 평면에 수직이 되도록 위치시켰고, 5 mm 두께의 연속적인 횡단면 전산화단층촬영을 시행하였으며 table feed는 5 mm/sec였다. 이렇게 촬영된 기본 영상 자료를 2 mm 두께의 영상으로 재구성하였으며, 전반적인 후향적 고찰을 위하여 모든 재구성 사진 자료는 digital audiotape (DAT)에 저장하였다. 영상은 상악동 경계를 정확하게 인식할 수 있도록 450 HU window level, 3700 HU window width의 "bone" window로 조절하였다.

전산화단층촬영 조정대 모니터상에 순서대로 해당 단면 사진을 띄우고 단면마다 관찰되어지는 상악동의 경계를 직접 그린 후 상악동 계측치를 측정하였다.

상악동의 최상방과 최하방 단면사진에서 상악동 자체의 경사로 인해 상악동의 경계가 모호한 경우에는 감쇠 부위의 중앙을 경계로 잡았다.¹³

2) 계측 방법

(1) 상악동 체적 (Volume, V)

상악동이 보이기 시작하는 가장 하방 단면에서부터 가장 상방 단면까지를 모두 전산화단층촬영 조정대 모니터상에서 trackball을 이용해 상악동 경계를 직접 그렸다. 그 결과 상악동 면적은 자동적으로 계산되는데, 이는 이미 면적을 알고 있는 pixel에 관심 부위에 포함되는 pixel의 수를 곱해서 계산된 값이다. 체적은 각 사진의 단면적에 단면사진 두께 (slice thickness)를 곱하고 이를 총합 (integration)하여 계산하였다.

이때 상악동 부피 계산은 다음과 같다.

$$V = \sum_{i=1}^n A_i \cdot T_i$$

A : 주어진 단면에서의 상악동 면적 (mm²)

T : 단면사진 두께 (mm)

아울러 다음의 계측 항목을 계측하여 상악동 체적과의 관련성을 알아보고자 하였다.

① 횡단 폭경 (Transverse width, Tw)

상악동을 가장 크게 보여주는 횡단면 전산화단층사진을 선택하여 최내측점과 최외측점을 연결한 길이를 측정하였다.

② 전후 폭경 (Antero-posterior width, APw)

동일 단면상에서 횡단 폭경에 수직이 되는 최대 길이를 측정하였다.

③ 상악동 고경 (Vertical height of the maxillary sinus, V_H) 상악동이 보이기 시작하는 가장 하방 단면에서부터 가장 상방 단면까지의 사진 수에다 단면사진의 두께를 곱하였다.

(2) 대칭도 (Degree of symmetry)

좌우간의 대칭도는 좌우측 상악동의 계측치 중 더 큰 계측치에 대한 좌우측 계측치 차이의 백분율비로 정의하였다.

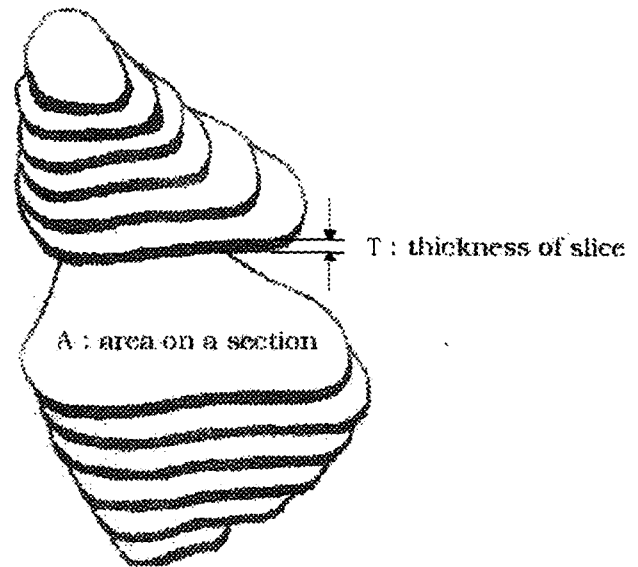


Fig. 1. Diagram showing the method for measuring maxillary sinus volume from CT scans.

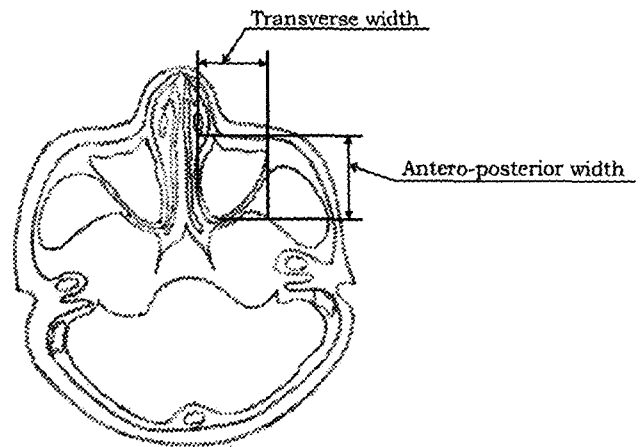


Fig. 2. Diagram showing the method for measuring the size of maxillary sinus from CT scans.

$$\text{대칭도 (Degree of Symmetry)} = \frac{|Rt. - Lt. |}{\text{Max}(Rt., Lt.)} \times 100 (\%)$$

(3) 상관 관계

상악동의 체적, 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경의 좌우측 계측치간의 상관 관계를 평가하고, 또한 체적과 나머지 세 계측치가 가지는 상관 관계를 각각 평가하였다.

3) 통계처리

상악동 각 계측치의 성별 및 좌우별 유의성 차이는 각각 Student's t-test, paired t-test로 평가하였고, 각 계측치의 좌우간 상관 관계, 상악동 체적과 폭경 및 고경간의 상관 관계는 Correlation analysis로 조사하였다.



Fig. 3. Maxillary sinus outlining traced with trackball on CT viewing console.

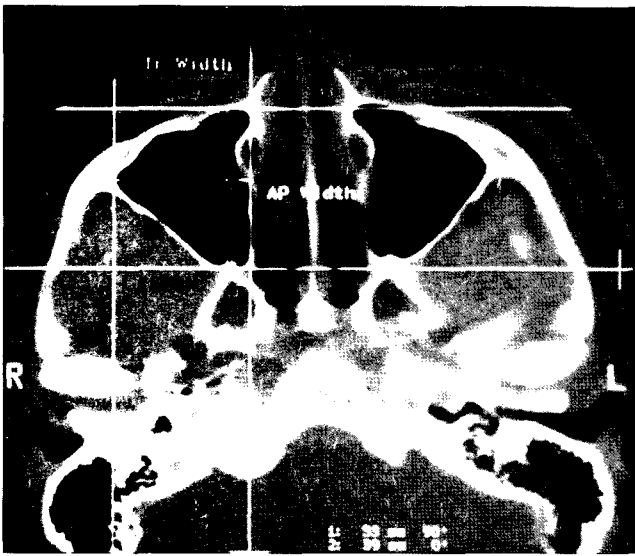


Fig. 4. Linear measurements of the maxillary sinus made on CT viewing console.

연구 결과

1. 성별에 따른 상악동의 크기 비교

성별에 따른 상악동 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경, 체적의 평균값과 표준편차는 표 2와 같다. 성별에 관계없이 상악동 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경의 평균값과 표준편차는 각각 28.33 ± 5.38 mm, 39.69 ± 3.95 mm, 46.60 ± 5.30 mm였으며 체적의 평균값과 표준편차는 21.90 ± 6.99 cm³였다.

성별에 따른 폭경, 고경, 체적의 평균값과 표준편차는 횡

Table 2. Mean value of transverse and antero-posterior widths, vertical height and volume of maxillary sinus and statistical significance according to the sex

	Male (n=42)	Female (n=53)	Total (n=95)	Significance
	ME±SD	ME±SD	ME±SD	
Tw (mm)	29.67±6.18	27.18±4.35	28.33±5.38	NS
APw (mm)	40.67±4.53	38.86±3.23	39.69±3.95	NS
V _H (mm)	47.88±5.98	45.50±4.47	46.60±5.30	NS
V (cm ³)	23.76±8.29	18.98±4.77	21.90±6.99	*

n : number of maxillary sinuses

ME : mean average of parameters of the maxillary sinus size

SD : standard deviation

* : statistically significant difference at $p < 0.05$

단 폭경에서는 남자 29.67 ± 6.18 mm, 여자 27.18 ± 4.35 mm, 전후 폭경은 남자 40.67 ± 4.53 mm, 여자 38.86 ± 3.23 mm, 고경은 남자 47.88 ± 5.98 mm, 여자 45.50 ± 4.47 mm였고, 체적은 남자는 23.76 ± 8.29 cm³, 여자는 18.98 ± 4.77 cm³였다. 체적을 제외한 나머지 세 개의 계측치에서 성별간에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었으나 ($p > 0.05$), 전반적으로 남자가 여자에 비해 다소 큰 경향을 보였다. 체적에서는 성별간에 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었으며 남자가 여자보다 큰 값을 보였다 ($p < 0.05$).

2. 좌우측에 따른 상악동의 크기 비교

좌우측에 따른 상악동 횡단 폭경의 평균값과 표준편차는 좌측 28.48 ± 5.43 mm, 우측 27.49 ± 5.66 mm, 전후 폭경은 좌측 39.44 ± 3.97 mm, 우측 39.38 ± 3.91 mm, 고경은 좌측 46.33 ± 5.62 mm, 우측 46.36 ± 5.70 mm였다. 상악동 체적에서는 좌측 21.32 ± 6.91 cm³, 우측 20.58 ± 6.98 cm³였다.

표 3은 상악동의 폭경 및 고경, 체적에서 좌우측 차이의 평균값과 표준편차 및 대칭도를 나타낸 것이다. 우측의 계측치에서 좌측의 계측치를 뺀 차이의 평균값과 표준편차는 횡단 폭경에서 -0.84 ± 2.65 mm로 좌측이 우측에 비해 다소 큰 경향을 보였으나 ($p < 0.05$), 평균값이 1 mm 이내로 두드러진 차이는 없었다. 전후 폭경과 고경의 좌우측 계측치 차이의 평균값과 표준편차는 각각 -0.07 ± 1.83 mm, 0.19 ± 3.10 mm로 좌우측에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 체적에서는 좌우측 차이의 평균값과 표준편차가 -0.50 ± 2.43 cm³였으며, 좌우측에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 이러한 상악동 크기 계측치의 좌우측 차이를 좌우측 계측치 중 큰 값에 대한 좌우측 계측치 차이의 백분율로 정의한 대칭도를 이용하여 상대적 비율로 평가하였다 (Table 3). 상악동의 좌우측 대칭도의 평균값과 표준편차는 횡단 폭경 $7.85 \pm 5.55\%$, 전후 폭경 $3.64 \pm 2.70\%$, 고경 $5.58 \pm 3.87\%$, 체적은 $9.78 \pm 6.23\%$ 로 모두 평균 10% 이내의 대칭도를 보였다.

표 4는 상악동의 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경, 체적의 좌

Table 3. Mean difference in parameters between the right and left maxillary sinus and degree of symmetry

	Rt. and Lt. difference		Degree of symmetry (%)
	MD±SD	Significance	ME±SD
Tw (mm)	-0.84±2.65	*	7.85±5.55
APw (mm)	-0.07±1.83	NS	3.64±2.70
V _H (mm)	0.19±3.10	NS	5.58±3.87
V (cm ³)	-0.50±2.43	NS	9.78±6.23

MD: mean difference between the Rt. and Lt. parameters of the maxillary sinus

* : statistically significant difference at p<0.05

Table 4. Correlationship between the right and left parameters of maxillary sinus

	Tw	APw	V _H	V
γ	0.87	0.89	0.86	0.94

γ: correlation coefficient

Table 5. Correlationship between maxillary sinus volume and transverse and antero-posterior width, vertical height

	Tw	APw	V _H
γ	0.86	0.87	0.80

우간 상관 관계를 보여주고 있다. 즉, 네 계측치의 좌우간 상관계수가 횡단 폭경 γ=0.87, 전후 폭경 γ=0.89, 고경 γ=0.86, 체적 γ=0.94로서 좌우간에 모든 계측치에서 유의성 있는 상관 관계를 보였다(p<0.0001).

3. 상악동 체적과 상악동의 폭경 및 고경과의 상관 관계

표 5는 상악동의 체적과 상악동의 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경과의 상관 관계를 나타낸 것이다. 상악동 폭경 및 고경은 모두 체적과 유의성 있는 상관 관계를 보였으며 상관 계수(γ)는 각각 0.86, 0.87, 0.80이었다(p<0.0001).

총괄 및 고찰

정상적인 상악동의 크기와 연령에 따른 상악동 변화에 관한 표준치는 상악동의 비정상적 상태를 평가하는데 도움을 주고,²³ 상악동이 포함된 상악골 골절인 경우 상악골을 정확하게 수복하고 수술 결과를 평가하는데도 임상적으로 중요하다.¹⁴ 상악동의 편측에 질환이 의심되거나 외상이 있을 경우, 정상적인 반대측과의 비교와 함께 연령에 맞는 표준치를 고려하면 보다 정확한 진단과 평가가 가능할 것이다.²³

상악동의 크기는 사체나 전조두개골을 이용하여 측정되었는데, 이러한 방법은 최근의 연구에서도 종종 이용되고 있다.^{9, 12, 15} 즉, 두개골에서 직접 측정하거나 사체의 상악동

에 치과 인상재 (dental impression materials)를 주입하여 주형을 만들어 상악동 체적을 측정하였다.^{6, 12, 15, 33-35} 하지만 이러한 측정은 그 표본의 나이를 정확하게 알 수 없다는 단점과 상악동 이장 연조직의 소실로 실제 생존시 크기보다 더 커질 수 있다는 위험이 있다.¹⁶ 일반 방사선사진을 이용한 상악동 크기 연구는 오랫동안 많은 학자들에 의해 이루어졌는데, 우리 나라에서는 김과 이³⁶가 상악동 220예의 후전위 및 측두위 방사선사진으로 한국인 성인 상악동에 관한 실물대 계측치를 측정하였으며, 김³⁷은 파노라마 방사선사진을 이용하여 성인 상악동의 크기를 측정하였다. 김과 안³⁸ 역시 파노라마 방사선사진을 이용하였으나 상의 확대율을 고려하여 보다 정확한 측정을 시도하였다. 김과 김³⁹도 파노라마 방사선사진을 이용하여 상악동 형태를 연구하였으나, 계측방법에 있어서 김과 안³⁸과는 다소 차이가 있었다. 고와 이⁴⁰는 파노라마 방사선사진과 구내 표준촬영사진을 바탕으로 정상 상악동의 형태와 크기를 연구한 바 있다. 하지만 이러한 일반 방사선학적 검사는 내, 외인성 오차를 가지는데, 촬영 방법적인 면에서는 상의 확대와 변형을 피할 수 없고 사진을 판독하는데 있어서는 해부학적 구조물을 명확하게 구별하기가 어려우며 인접 구조물들이 서로 겹치는 문제가 있다. Nowak과 Mehlis⁴¹는 2,940개 상악동 전두위 사진 (frontal view)을 이용하여 상악동 크기를 측정하였는데, 상악동 상부에 다른 부비동과 두개안면부 골격이 겹쳐져 변형됨으로써 그 결과는 다소 신뢰성이 떨어졌으며, Ohba와 Katayama⁴²는 파노라마 방사선사진이 상악동 경계를 정확하게 묘사하지 못한다고 보고하였다.

Koehler 등²²이 생체 체적 측정에 전산화단층사진을 최초로 도입한 후로 전산화단층사진을 이용한 체적 측정은 의학 분야에서 활발히 연구되어 왔다.^{16, 23-28, 30-32, 43} 더구나 과학 기술의 발달로 최근에 사용되는 전산화단층촬영기는 아무리 복잡한 부위라도 상이 Cathode-ray tube (CRT) 모니터상에 보여지는 동안 관심 부위의 경계를 그릴 수 있으므로 그 측정 과정은 더욱 간단해졌고, 해당 부위의 단면적을 컴퓨터상에서 자동으로 계산할 수 있으며, 특수한 소프트웨어 프로그램으로 체적도 자동으로 계산할 수 있게 되었다. 또한 최근에 개발된 자동 경계설정 소프트웨어 프로그램은 관심 부위의 경계를 컴퓨터가 자동으로 그리므로 작동자가 눈으로 인식하고 손수 경계를 그림으로써 발생할 수 있는 오차를 줄이고 작업을 보다 신속하고 정확하게 실행할 수 있게 되었다.^{25, 44} 한편 구강악안면영역에서도 이러한 방법으로 상악동의 크기를 측정한 연구들이 보고되고 있는데, Arijji 등은 115명 환자들의 횡단면 전산화단층사진을 이용하여 상악동 체적을 측정하고 연령에 따른 체적 변화를 평가하였으며,¹⁶ 107명의 환자들의 횡단면 전산화단층사진을 이용하여 상악동의 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경을 측정하고, 임상에서 간단하게 상악동 체적을 추측할 수 있는 지표 (index)로서의 유용성을 평가하였다.²³

Ikeda³⁰는 연속적인 관상면 (coronal) 전산화단층사진을 이용하여 정상 상악동 체적과 염증성 (inflamed) 상악동 체적을 측정, 비교하였는데, planimeter로 상악동 단면적을 측정하고 상악동 체적으로 환산하였다. Kim 등⁴³은 관상면 (coronal) 전산화단층사진을 이용하여 만성 부비동염 환자군과 낭성섬유증 (cystic fibrosis) 환자군의 상악동 크기를 측정하고 이를 정상군과 비교하였다. Uchida 등³¹은 20세 이상 성인 환자군에서 3차원 전산화단층사진을 이용하여 상악동의 모형을 재현하고 상악동 체적을 측정하였다.

일련의 전산화단층사진을 이용하여 체적을 측정할 때에는 측정방법 자체의 정확성을 검증하는 과정이 필요하다. 25,28,31,45 Breiman 등²⁵은 전산화단층사진을 이용한 체적 측정법이 충분히 정확하고 전산화단층촬영이 비교적 쉽고 재현가능하며 촬영과정이 거의 다 자동으로 이루어지기 때문에 촬영기기를 손수 작동함으로써 야기될 수 있는 오차도 발생하지 않는다고 하였으며, Uchida 등³¹은 실제 상악동 체적과 전산화단층사진으로 측정된 체적 간에 통계학적으로 유의할만한 차이가 없었으므로 전산화단층사진으로 측정된 연구 방법이 정확하다고 보고하였다.

전산화단층사진을 이용하여 체적을 측정할 때 관심 부위의 윤곽이 급작스럽게 변하는 경우 측정 오차가 발생할 수 있는데, 이러한 오차는 일련의 전산화단층사진들이 불연속적일 때 더욱 커진다. 이렇게 관심부위 윤곽의 변화 (contour variations)로 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위해서 Breiman 등²⁵은 몇가지 수학적 총합 (integration) 기법을 고안하고, 단면적 총합 기법 (simple summation of areas)을 더해 그 정확성을 비교하였다. 그 결과 전산화단층사진을 이용한 체적 계산에 있어 여러가지 복잡한 총합 기법들과 단순한 단면적 총합 기법의 정확성간에는 유의할만한 차이가 없었으며, 오히려 대부분의 경우 단면적 총합 기법이 더 정확하였다. 또한 Phantoms을 이용하여 단면적 총합 기법으로 측정된 체적과 실제 체적을 비교한 결과 두 값 사이에 높은 상관성이 있다고 보고하였다 (상관계수 $\gamma=0.9984$).

이러한 연속적인 일련의 전산화단층사진에서 단면적 총합 기법으로 체적을 측정하는 방법이 임상적인 관점에서는 충분히 정확하다고 하더라도 실측치와의 측정 오차는 피할 수 없는데, 그 원인은 주로 환자와 연관된다기보다는 술자가 관심 부위의 경계를 인지하고 이를 손으로 직접 그리는 데 있다고 할 수 있다. 그리고 관심 부위의 최상방과 최하방 부위가 해당 단면사진에서 부분적으로 포함될 때 불균등용적효과 (partial volume effect)가 야기될 수 있는데 이로 인해 그 해당 단면사진에서 관심 부위의 단면적은 실제보다 조금 적거나 더 크게 된다.²⁵ 또한 관심 부위와 인접한 주위 구조간 경계가 display level setting에 따라 다르게 인식될 수 있어 경계가 항상 일정한 것은 아니다. 하지만 이러한 여러 가지 원인 중 무엇보다 술자의 지식과 숙련도가 중요하므로 능숙하지 못한 경우에는 측정이

부정확할 뿐만 아니라 측정 과정이 느리고 비효율적일 수 있다. 따라서 이러한 관점에서 본다면 술자의 관여가 가능한 적은 자동 경계설정 프로그램⁴⁴의 사용이 바람직하다고 할 수 있다.

본 연구에 따르면 상악동 크기의 지표가 되는 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경, 체적의 평균값은 각각 28.33 mm, 39.69 mm, 46.60 mm, 21.90 cm³였다 (Table 2). 본 연구와 유사하게 횡단면 전산화단층사진을 이용하여 상악동의 크기를 측정된 Arijj²³ 등에 따르면 횡단 폭경과 전후 폭경이 각각 27.0 mm, 35.6 mm로 본 연구에 비해 다소 작은 결과를 보였는데, 이는 인종 및 민족의 차이뿐만 아니라 횡단 폭경과 전후 폭경을 측정하는 방법, 전산화단층촬영 방법상의 차이, 환자군의 다소 높은 연령 분포 등의 복합적인 원인으로 인한 결과로 생각된다. 한편 Arijj 등¹⁶에 따르면 상악동 체적의 평균값은 14.7 cm³였고, Uchida 등³¹이 3차원 전산화단층사진으로 측정된 상악동 체적은 13.6 cm³로서, 둘 다 본 연구에 비해 작게 나왔는데 이 또한 위에 기술한 원인으로 인한 결과라고 생각된다. 그러나 관상면 전산화단층사진을 이용하여 상악동의 체적을 측정된 Ikeda³⁰의 연구에서는 상악동 체적이 20.5 cm³로서 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 실제 건조두개골이나 사체에서 직접 상악동 크기를 측정된 연구들^{6,9,12,34,35,41}에 따르면 횡단 폭경 22.0-27.1 mm, 전후 폭경 30.1-35.4 mm, 고경 28.0-38.0 mm 범위였고, 체적은 약 8.0-20.0 cm³ 범위로 본 연구 결과에 비해 작은 수치를 보였다. 하지만 이 연구들의 대상에는 성인뿐만 아니라 상악동이 아직 성장 단계에 있는 소아까지 포함되어 있어 본 연구와 객관적으로 비교하기는 어렵다고 생각된다. 파노라마 방사선사진과 구내 표준촬영사진을 이용하여 한국인 정상 상악동의 크기를 측정된 고와 이⁴⁰의 연구에서는 성인의 상악동 내측벽 전후 폭경이 33.7-34.1 mm 범위로 본 연구와 어느 정도 비슷한 결과를 보였다.

성별간 상악동 크기의 차이를 알아보기 위하여 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경, 체적의 성별에 따른 평균값을 비교하였다 (Table 2). 횡단 폭경은 남자 29.67 mm, 여자 27.18 mm, 전후 폭경은 남자 40.67 mm, 여자 38.86 mm, 고경은 남자 47.88 mm, 여자 45.50 mm, 체적은 남자 23.76 cm³, 여자 18.98 cm³였으며 체적에서만 성별간에 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었고 남자가 여자보다 큰 값을 보였다 ($p < 0.05$). 하지만 나머지 세 계측치에서는 여자에 비해 남자의 계측치가 전반적으로 다소 높은 경향은 있었지만, 성별간에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 일부 연구에서는 남성이 여성보다 상악동이 크다는 결과를 보고하였으나,^{36,46} 대부분의 연구에 따르면 성별간에 통계학적으로 유의할만한 차이는 보고되고 있지 않다.^{16,20,23,35,47} 본 연구에서는 상악동의 체적에서만 성별간에 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었고, 나머지 계측치에서는 통계

학적으로 유의성있는 차이는 없었으나 전반적으로 남자가 여자보다 큰 수치를 보였다. 이러한 결과는 상악동의 체적이 안면부 골격 크기와 신체 크기 즉, 신장이나 몸무게 등과 상관 관계가 있다는 보고와¹⁶ 안면의 크기와 형태가 상악동의 크기를 반영한다는 Neivert⁶의 연구 결과를 반영하고 있다고 볼 수 있다.

또한 본 연구에서는 좌우간의 상악동 크기의 차이를 평가하였는데 (Table 3), 우측의 계측치에서 좌측의 계측치들엔 차이의 평균값과 표준편차는 횡단 폭경 -0.84 ± 2.65 mm, 전후 폭경 -0.07 ± 1.83 mm, 고경 0.19 ± 3.10 mm, 체적 -0.50 ± 2.43 mm³였다. 통계학적으로 횡단 폭경은 좌우간에 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었으나 ($p < 0.05$), 나머지 계측치에서는 좌우간에 통계학적으로 유의성있는 차이가 없었다 ($p > 0.05$). 하지만 횡단 폭경에서 좌우간에 통계학적으로 유의성있는 차이가 있더라도 좌우측 차이의 평균값이 1 mm 이하로써 사람이 시각적으로 명확하게 식별할 수 있을 정도의 차이는 아니었으므로 실제 임상적인 관점에서 그다지 의미있는 차이는 아니라고 생각된다. 각 계측치의 좌우간 차이를 상대적 비율로 평가하기 위하여 대칭도를 이용하였는데 (Table 3), 대칭도는 좌우간 계측치 중 큰 값에 대한 좌우간 계측치 차이의 백분율로 정의하였다. 상악동의 좌우간 대칭도의 평균값은 횡단 폭경 7.85%, 전후 폭경 3.64%, 고경 5.58%, 체적은 9.78%로 모두 평균 10% 이내의 대칭도를 보였다. 체적에서 약간 높게 나온 것은 각각의 길이를 곱해서 체적을 구하기 때문이라고 생각된다. 다른 연구 결과와 비교해 보면 고와 이⁴⁰의 연구에서 상악동 내측벽의 전후 폭경이 좌측에서 우측보다 작은 경향을 보였으나, Arijji 등²³과 Uchida 등³⁵에 따르면 상악동 횡단 폭경, 전후 폭경, 체적 모두 좌우간에 통계학적으로 유의성있는 차이가 없었다.

또한 좌우 계측치간의 상관 관계를 평가한 결과 (Table 4) 모든 계측치에서 유의성있는 상관 관계를 보였으며, 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경, 체적의 좌우 계측치간 상관계수는 각각 $\gamma = 0.87$, $\gamma = 0.89$, $\gamma = 0.86$, $\gamma = 0.94$ 이었다. 한편 Arijji 등²³의 연구에서도 본 연구와 유사하게 상악동의 모든 계측치에서 좌우간에 통계학적으로 유의성있는 상관 관계를 보였다 (횡단 폭경 $\gamma = 0.67$; 전후 폭경 $\gamma = 0.79$; 고경 $\gamma = 0.73$; 체적 $\gamma = 0.95$). 하지만 Schumacher 등³⁴에 따르면 상악동 체적의 좌우간 상관 계수가 0.49로서 낮은 상관 관계를 보였는데, 이는 연구 표본수가 너무 적은 데에 기인한 결과가 아닌가 여겨진다. 본 연구 결과 상악동 좌우 계측치간에 유의성있는 상관 관계가 있었으므로 좌우측 상악동의 크기를 비교함으로써 상악동 크기에 영향을 미칠 수 있는 어떤 비정상적인 상악동 병변이나 발육성 이상을 확인하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 양측성 만성 상악동염 환자의 상악동 체적이 정상군보다 통계학적으로 유의성있게 작았으며, 편측성 상악동염 환자의 이환측 역

시 정상측보다 유의할 정도로 상악동 체적이 작았다고 보고한 Ikeda³⁰의 연구는 이러한 가능성을 지지해주는 것이라 할 수 있다.

상악동의 크기 계측치인 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경이 체적에 미치는 영향을 알아보기 위하여 체적과의 상관 관계를 평가하였다 (Table 5). 횡단 폭경, 전후 폭경, 고경 모두 체적과 통계학적으로 유의성있는 상관 관계가 있었으며 (체적과 횡단 폭경간의 상관계수 $\gamma = 0.86$, 체적과 전후 폭경간의 상관계수 $\gamma = 0.87$, 체적과 고경과의 상관계수 $\gamma = 0.80$, $p < 0.0001$), 이는 Arijji 등²³의 연구 결과 (체적과 횡단 폭경간의 상관계수 $\gamma = 0.82$, 체적과 전후 폭경간의 상관계수 $\gamma = 0.73$)와 유사하였고, Uchida 등³⁵의 연구 결과 (체적과 횡단 폭경간의 상관계수 $\gamma = 0.7$, 체적과 전후 폭경간의 상관계수 $\gamma = 0.5$)보다는 높았다.

본 연구에서는 현재 가장 비외과적이면서도 정확한 체적 측정법이라고 알려져 있는 전산화단층사진을 이용하여 한국인 정상 성인의 상악동 크기를 측정하였는데, 전산화단층사진이 임상적으로 충분히 정확하다 하더라도 측정 방법 자체의 오차를 배제할 수는 없다. 또한 본 연구에서 제시한 크기의 정확도를 평가하지 못하였기 때문에 향후 이 부분에 대한 보완이 필요하리라 사료된다. 또한 앞으로 비정상적인 상태의 상악동을 대상으로 상악동 크기를 측정하고 본 연구에서 제시한 상악동 크기의 정상치와 비교함으로써 상악동 질환이 실제로 상악동 크기에 미치는 구체적인 영향과 정도를 평가할 필요가 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 한국인 정상 성인의 상악동은 성별간에는 전반적으로 남자가 여자에 비해 다소 큰 경향이 있었고, 좌우간에는 횡단 폭경을 제외하고 모든 계측치에서 유의성있는 차이가 없었으며 네 계측치 모두 좌우간에 유의성있는 상관 관계가 있었다. 따라서 편측으로 상악동의 과성장이나 열성장이 관찰된다면 상악동 크기에 영향을 미칠 수 있는 어떤 비정상적인 상악동 병변이나 발육성 이상을 생각해 볼 수 있을 것으로 사료된다. 또한 상악동 체적과 나머지 세 계측치간에 각각 유의성있는 상관 관계가 있었으므로 상악동 폭경 및 고경이 크면 체적도 클 것으로 예상할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Newcombe RG, Absi EG. Letter to the Editor The size of the maxillary sinus studied by CT. *Dentomaxillofac Radiol* 1995; 24: 204-5.
2. Ennis LM. Roentgenographic variations of maxillary sinus and nutrient canals of maxilla and mandible. *Int J Orthod* 1937; 23: 173-93.
3. Fireman SM, Noyek AM. Dental anatomy and radiology and the maxillary sinus. *Otolaryngol Clin North Am* 1976; 9: 83-91.
4. Gerrie JW. The Floor of the maxillary antrum. *J Am Dent Assoc* 1935; 22: 731-48.
5. Killey HC, Kay LW. The Maxillary sinus and its dental implication. 1st ed. Bristol, John Wright & Sons Ltd. 1975; 1-25.

6. Neivert H. Surgical anatomy of the maxillary sinus. *Laryngoscope* 1930; 40: 1-4.
7. Poyton HG. Maxillary sinuses and the oral radiologist. *Dent Radiogr Photogr* 1972; 45: 43-50.
8. Sicher M. *Orban's oral histology and embryology*. 8th ed. St. Louis: Mosby Co.; 1976: 405-11.
9. Turner AL. Some points in the anatomy of the antrum of Highmore. *Dental Record* 1902; 22: 255-60.
10. Bhaskar SN. *Orban's Oral Histology and Embryology*. St. Louis: Mosby Co.; 1980.
11. Anagnostopoulou S, Venieratos D, Spyropoulos N. Classification of human maxillary sinuses according to their geometric features. *Anat Anz Jena* 1991; 173: 121-30.
12. Calcaterra TC, Cherney EF, Hanafee WF. Normal variations in size and neoplastic changes of skull foramina. *Laryngoscope* 1973; 83: 1385-97.
13. Ritter NF. *The paranasal sinuses. Anatomy and Surgical Technique*. 2nd ed. St. Louis: Mosby Co.; 1978.
14. Schaeffer JP. The sinus maxillaris and its relations in the embryo, child, and adult man. *Am J Anat* 1910; 10: 313-68.
15. Arijji Y, Kuroki T, Moriguchi S, Arijji E, Kanda S. Age changes in the volume of the human maxillary sinus: a study using computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1994; 23: 163-8.
16. Maresh MM. Paranasal sinuses from birth to late adolescence. *Am J Dis Child* 1940; 60: 55-78.
17. Moyers RE, Bookstein FL. The inappropriateness of conventional cephalometrics. *Am J Orthod* 1979; 75: 599-617.
18. Sekiguchi T, Savara BS, Arya BS. Norms of size and annual increments of six anatomical measures of the cranium in boys and girls from four to fifteen years of age. *Am J Phys Anthropol* 1973; 39: 49-56.
19. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac J* 1992; 29: 118-28.
20. Shatz CJ, Becker TS. Normal CT anatomy of the paranasal sinuses. *Radiol Clin North Am* 1984; 22: 107-18.
21. Koehler PR, Anderson RE, Baxter B. The effect of computed tomography viewer controls on anatomical measurements. *Radiology* 1979; 130: 189.
22. Arijji Y, Arijji E, Yoshiura K, Kanda S. Computed tomographic indices for maxillary sinus size in comparison with the sinus volume. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25: 19-24.
23. Bite U, Jackson IT, Forbes GS, Gehring DG. Orbital volume measurements in enophthalmos using three-dimensional CT imaging. *Plast Reconstr Surg* 1985; 75: 502-7.
24. Breiman RS, Beck JW, Korobkin M, et al. Volume determinations using computed tomography. *Am J Roentgenol* 1982; 138: 329-33.
25. Checkley DR, Zhu XP, Antoun N, Chen SZ, Isherwood I. An investigation into the problems of attenuation and area measurements made from CT images of pulmonary nodules. *J Comput Assist Tomogr* 1984; 8: 237.
26. Dufresne CR, McCarthy JG, Cutting CB, Epstein FJ, Hoffman WY. Volumetric quantification of intracranial and ventricular volume following cranial vault remodeling: A preliminary report. *Plast Reconstr Surg* 1987; 79: 24.
27. Gault D, Brunelle F, Renier D, Marchac D. The calculation of intracranial volume using CT scans. *Childs Nerv Syst* 1988; 4: 271-3.
28. Heymsfield SB, Fulenwider T, Nordlinger B, Barlow R, Sones P, Kutner M. Accurate measurement of liver, kidney, and spleen volume and mass by computerized axial tomography. *Ann Intern Med* 1979; 90: 185-7.
29. Ikeda A. Volumetric measurement of the maxillary sinus by coronal CT scan. *J Oto-Rhino-Laryngol Japan* 1996; 99: 1136-43.
30. Uchida Y, Goto M, Katsuki T, Soejima Y. Measurement of maxillary sinus volume using computed tomographic images. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13: 811-8.
31. Vannier MW, Conroy GC, Marsh JL, Knapp RH. Three-dimensional cranial surface reconstructions using high-resolution computed tomography. *Am J Phys Anthropol* 1985; 67: 299.
32. Alberti PW. Applied surgical anatomy of the maxillary sinus. *Otolaryngol Clin North Am* 1976; 9: 3-20.
33. Schumacher VGH, Heyne HJ, Fanghanel R. Zur anatomic der menschlichen nasennebenhohlen 2 : Mitteilung volumetrie. *Anat Anz Bd* 1972; 130: 143-57.
34. Uchida Y, Goto M, Katsuki T, Akiyoshi T. A cadaveric study of maxillary sinus size as an aid in bone grafting of the maxillary sinus floor. *J Oral Maxillofac Surg* 1998; 56: 1158-63.
35. 김기령, 이달호. 한국인 부비강의 형태학적 연구 제3절 정상 한국인 성인의 전두동 및 상악동 X선 실물대상. *최신의학* 1961; 4: 111-5.
36. 김두주. Orthopantomograph에 의한 상악동의 형태학적 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1971; 1: 7-11.
37. 김한평, 안형규. Orthopantomograph에 있어서 상의 수평확대에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1974; 4: 39-43.
38. 김형식, 김재덕. Orthopantomogram을 이용한 상악동의 형태에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1983; 13: 107-15.
39. 고광준, 이상래. 정상인 상악동의 형태에 관한 방사선학적 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1984; 14: 17-25.
40. Nowak VR, Mehlis G. Untersuchungen zum verhalten der pneumatization des sinus maxillaris. *Anat Anz Bd* 1975; 138: 143-51.
41. Ohba T, Katayama H. Panoramic roentgen anatomy of the maxillary sinus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975; 39: 658-64.
42. Kim HJ, Friedman EM, Sulek M, Duncan NO, McCluggage C. Paranasal sinus development in chronic sinusitis, cystic fibrosis, and normal comparison population: Computerized tomography correlation study. *Am J Rhinol* 1997; 11: 275-81.
43. Keller JM, Edwards FM, Rundle R. Automatic outlining of regions on CT scans. *J Comput Assist Tomogr* 1981; 5: 240-5.
44. Posnick JC, Bite U, Nakano P, Davis J, Armstrong D. Indirect intracranial volume measurements using CT scans: Clinical applications for craniostenosis. *Plast Reconstr Surg* 1992; 89: 34-45.
45. Penev VP, Sotirov S, Dimitrov D, et al. Anthropometrische untersuchungen uber die volumina der sinus maxillares. *Stomatol* 1981; 31: 20-3.
46. 송화석, 김병우. 한국인 전두동 및 상악동에 관한 X선학적 연구. *가톨릭대학의학부논문집* 1973; 25: 309-31.