

두부 방사선 규격사진을 이용한 3 차원 계측 시스템의 개발

이상한 · 권대근 · 김종배*

경북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실, 계명대학교 의과대학 치과 구강악안면외과학교실*

Abstract

A DEVELOPMENT OF 3 DIMENSIONAL CEPHALOMETRIC ANALYSIS SYSTEM

Sang-Han Lee, Tae-Geon Kwon, Jong-Bae Kim*

Dept of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Kyungpook National University

Dept. of Dentistry and OMS, College of Medicine, Keimyung University Taegu, Korea*

Diagnosis of dentofacial deformity needs three dimensional comprehensive understanding of craniomaxillary skeleton. Even though three dimensional computerized tomogram has been developed, the quantified measurement analysis is merely depend on cephalometric analysis. In our pilot study using the ordinary cephalometric radiogram which is commonly used in clinical basis, we tried to reconstruct three dimensional coordinates from frontal and lateral cephalogram taken from five dry skulls attached with small metal ball. To evaluate the reproducibility of the cephalogram, intra-examiner error was measured and compared with the three dimensional coordinates. Fourteen linear measurement of dry skull and three dimensional value has been compared.

The results were as follows,

- 1 The intra-examiner error of the two dimensional cephalogram showed a similar variation below 1 mm in frontal and lateral cephalogram. The error ranged from 0.11 - 0.13mm in the case of frontal cephalometrics and 0.12 - 0.57mm for lateral cephalometrics. Three dimensional coordinates showed relatively high reproducibility except 7 coordinates out of 90 (7.8%). The average error of the single measurement of x,y,z point shown to be $0.04 \pm 0.21\text{mm}$, $0.01 \pm 0.01\text{mm}$, $0.08 \pm 0.08\text{mm}$.
- 2 Compare the 14 linear measurement of dry skull and three dimensional measurement, the mean difference was $0.13 \pm 1.54\text{mm}$, ranging from $2.59 \pm 3.00\text{mm}$ (L-Co, R-Co) to $0.01 \pm 0.38\text{mm}$ (ANS, L-Or). From the result by taking real value percentage rate by 3 dimensional measuring value, the mean value was $100.74 \pm 3.92\%$ and the measurement which showed the most shortening compared with the real value was the distance between R-Or and ANS ($97.75 \pm 3.11\%$) and the most enlarged measurement was the distance between L-VMC, L-VIC ($106.59 \pm 20.33\%$).
- 3 However, compare the real value and two dimensional cephalometric radiograph, difference between the two is significant degree which hinders the use of two dimensional measurement in clinical situation. This potential pitfall of the cephalogram might be overcome by using our three dimensional coordinate system.

If the reproducibility of the frontal and lateral cephalogram is achieved, major concern related to the accuracy of three dimensional measurement is correct detection of anatomical landmark. Further investigation of anatomical investigation of facial skeleton will make this system more accurate and popular in clinical field.

Key words 3 dimensional analysis, Pilot study

I. 서 론

악안면 기형은 선천성과 발육성 모두 원인이 될 수 있으며, 발생원인이 무엇이든지 성장, 발육기간에 악골격계가 비정상적으로 3차원적인 공간적 변화를 일으켜, 저작, 빨름 등의 구강, 악골

이상한

700-422, 대구광역시 중구 동인동 2-101번지
경북대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

Sang-Han Lee
*Dept of OMFS College of Dentistry, Kyungpook National University
2-101, Dongin-Dong, Jung-Gu, Taegu, 700-422, Korea
Tel (053) 420-5915 Fax (053)426-5365*

계 기능저하는 물론 안모의 비정상적인 심미적 표현으로 인해 환자에게 심리적으로도 매우 큰 영향을 줄 수 있다¹⁾. 따라서 악안면 기형환자의 궁극적인 치료목표는 기능적 회복에 있지만 심미적 회복도 간과해서는 안된다. 기형을 야기한 원인과 진단에 대해 환자가 분명하게 알도록 하고 치료계획을 수립하는 과정에서 기능성과 심미성이 서로 어떻게 연관되어 있는가 등, 치료의 전과정이 차트나 사진, 비디오등 설득력있는 매체를 통해 충분히 설명되고 남들되어져, 환자가 치료의 목표와 한계를 보다 잘 이해할 수 있고 의사, 환자 모두가 현실성 있는 치료계획과 기대치에 도달 할 수 있도록 하고 있다²⁾.

*이 논문은 1997년도 경북대학교 공모과제 연구비에 의해서 연구되었음

지금까지 악변형증환자에 대한 분석을 시행함에 있어 두부방사선 규격사진등을 이용한 여러 가지 방법들이 고안되어져 왔으며, 특히 정모와 측모두부방사선사진을 3차원적으로 재구성하여 입체적인 형태를 시각화하려는 노력이 계속되어 왔다. 이미 일본에서는 Kobayashi 등(1990)²⁰이 악변형증 환자에서의 정모 및 측모 두부방사선 규격사진을 이용한 하악골 형태의 3차원적 분석과 3차원적 술후예측을 시도하였으며, Miyajima 등(1995)²¹은 3차원적 두부방사선 규격사진 분석 시스템을 개발하게 되었고 나아가 이를 바탕으로 악변형증 안모 해석, 예측 시스템(POF system)의 구축을 시도하고 있는 실정이다 국내에서도 남등(1991)²²이 컴퓨터를 이용한 2차원적인 모의 악교정 수술전후 영상개발(Video Surgery System)과 김등(1991)²³이 C.T를 이용한 3차원적 컴퓨터 단층 촬영의 유용성을 보고한 바 있으나 앞서와 같은 3차원적인 분석 시스템의 개발은 거의 없는 실정이다

이에 본 연구에서는 두부 정모 및 측모 방사선규격사진을 이용하여 3차원 좌표값을 얻어내 후 각 좌표값을 얻을 때 생기는 오차를 먼저 파악하고 이를 3차원적인 오차값과 통계적으로 비교하고 실측치와 3차원계측치를 비교하여 이러한 3차원계측시스템이 임상적으로 유용하게 이용될 수 있는지 알아보고자 하였다

II. 연구재료 및 방법

1 입체좌표의 설정조건과 방사선사진촬영

경북의대 해부학교실이 소장하고 있는 다섯 개의 건조두개골에 직경 약 0.38 ± 0.05 mm의 금속구를 Table 1에 나타낸 계측점에 접착시키고 건조두개골의 자세를 변화시켜 정모 및 측모 두부방사선사진을 촬영하였다 두부방사선규격사진은 본원 치과방사선과의 Orthorax SD (Philips, Italy)를 이용하여 HFD는 1500mm, X선 focus에서 Cephalostat의 중심(ear rod 사이의 중점)간의

거리는 1350mm, 68kvp, 7mA의 조건으로 촬영하였으며 노출시간은 0.5초였다 필름은 AGFA 제품이며 이중 증감지가 들어 있는 cassette와 grid를 사용하였다 촬영된 사진은 자동현상기에서 현상하였다.

2 계측점의 입체좌표의 산출

Fig 1은 통상적인 Biplanar radiography의 형태를 나타낸 것으로 방사선원 Sa와 Sb에서 공간상의 한 점 P(좌표값 x, y, z)에 각각 조사된 방사선은 측모 두부방사선사진인 film A에 Pa라는 계측점(좌표값 Xa, Ya)을 형성하고 정모 두부방사선계측사진인 film B에 Pb라는 계측점(좌표값 Xb, Yb)을 형성한다 두개의 방사선은 서로 직각으로 조사되어지고 상하방향 Y축에 대하여 직각을 이루게 된다 이때 Film과 방사선원간의 거리는 각각 Fa, Fb로 표기되고, 방사선원에서 필름으로 수직으로 조사될 때 교차되어 만나는 점을 기준점 O로 잡고 O-Sa 거리를 Da, O-Sb 거리를 Db로 설정한다.

이와같은 조건에서 P점의 공간상의 좌표를 photogrammetric equation으로 계산하였을 때 다음과 같이 산출된다.

$$P(x, y, z) \text{에서}$$

$$x = Xa(Da \cdot Fb + Db \cdot Xb) / (Fa \cdot Fb + Xa \cdot Xb)$$

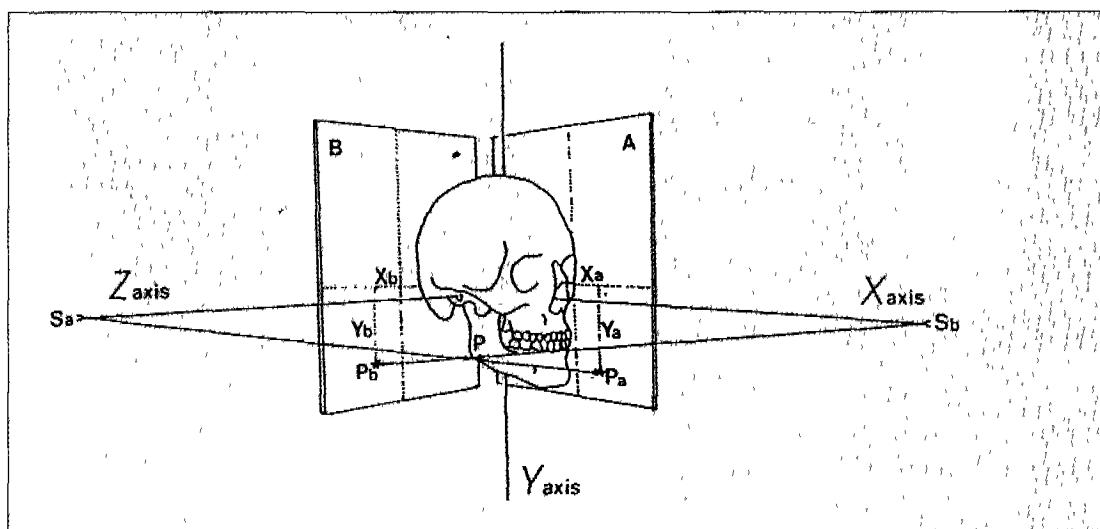
$$y = Ya(Da \cdot Fb + Db \cdot Xb) / (Fa \cdot Fb + Xa \cdot Xb)$$

$$z = -Xb(Fa \cdot Db - Da \cdot Xa) / (Fa \cdot Fb + Xa \cdot Xb)$$

이때 Da, Db = 1350mm, Fa, Fb = 1500mm 이므로 Sa의 좌표는 (150, 0, 1500), Sb 좌표는 (1500, 0, 150) 가 된다. 방사선원에서 조사된 선끼리 만나지 않을 경우에는 Ray intersection method²⁴로 공간상 두점의 구접거리의 중점을 좌표값으로 하였다

Table 1. Definition of the cephalometric landmarks

상안면부계측점		하안면부계측점	
1 O(원점)	X선 방사선축상의 정중점	16 L-LMC	좌측 하악 제 1대구치 원심협측교두정
2 L-Or	좌측 안와하연의 최하점	17 L-LMR	좌측 하악 제 1대구치 원심근첨
3 R-Or	우측 안와하연의 최하점	18 L-LIC	좌측 하악 중절치 치절연의 중앙점
4 L-Po	좌측 골성 외이공의 상연	19 L-LIR	좌측 하악 중절치 치근첨
5 R-Po	우측 골성 외이공의 상연	20 R-LIC	우측 하악 중절치 치절연의 중앙점
6 Na	비골-전두골봉합선의 최상점(정모), 최전방점(측모)	21 R-LIR	우측 하악 중절치 치근첨
7 ANS	전비극첨	22 R-LMC	우-측 하악 제 1대구치 원심협측교두정
8 L-UMC	좌측 상악 제 1대구치 원심협측 교두정	23 R-LMR	우측 하악 제 1대구치 원심근첨
9 L-UMR	좌측 상악 제 1대구치 원심근첨	24 Pog	하악의 최전방점
10 L-UIC	좌측 상악 중절치 치절연의 중앙점	25 Mc	하악의 최하방점
11 L-UIR	좌측 상악 중절치 치근첨	26 L-Con	좌측 하악과 두 최외방점(정모), 최상방점(측모)
12 R-UIC	우측 상악 중절치 치절연의 중앙점	27 R-Con	우측 하악과 두 최외방점(정모), 최상방점(측모)
13 R-UIR	우측 상악 중절치 치근첨	28 L-Go	좌측 Gonion
14 R-UMC	우측 상악 제 1대구치 원심협측교두정	29 R-Go	우측 Gonion
15 R-UMR	우측 상악 제 1대구치 원심근첨		

**Fig. 1.** Schematic drawing of biplanar radiography**Table 2.** List of caliper measurements, three and two dimensional measurements

3 차원 계측항목	2 차원 계측항목		실계측항목
	정 모	축 모	
L-UMC, R-UMC 거리 (8-14)	○	○	-
L-LMC, R-LMC 거리 (16-22)	○	○	-
L-Co, R-Co 거리 (26-27)	○	○	-
L-Go, R-Go 거리 (28-29)	○	○	-
ANS, L-Or 거리 (7-2)	○	○	-
ANS, R-Or 거리 (7-3)	○	○	-
L-UMC, L-UIC 거리 (8-10)	○	-	○
R-UMC, R-UIC 거리 (14-12)	○	-	○
L-LMC, L-LIC 거리 (16-18)	○	-	○
R-LMC, R-LIC 거리 (22-20)	○	-	○
L-Co, Me 거리 (4-25)	○	-	○
R-Co, Me 거리 (5-25)	○	-	○
Na, Me 거리 (6-25)	○	○	○
Na, ANS 거리 (6-7)	○	○	○

3 자료의 입력

트레이싱 용지에 정모와 측모방사선사진을 각각 투사해 그린 후 금속구가 표기된 점의 정중점을 계측점으로 입력한다. 측면 방사선사진상의 점은 (x, y) 좌표로 입력하고 정면사진상의 좌표는 (y, z)로 입력하였다. digitizer (Summagraphics II, USA)로 좌표값을 입력하였고 이를 IBM 호환기종의 computer (586 Pentium)에 저장하여, 2차원적 좌표간의 계측거리는 본과에서 QBASIC으로 작성한 프로그램을 이용하여 각도는 0.01, 길이는 0.01mm까지 계측하였다. 이때 3차원 좌표값은 상기의 photometric equation에 의거하여 찾아내었다.

4 오차의 분석

동일한 정모 및 측모 두부방사선 사진을 같은날에 10회에 걸쳐 각각 트레이싱을 시행하고 digitizer에 입력시킨후 계측치를 산출하고 2일 경과후 다시 같은 방법으로 동일한 실험자가 10회에 걸쳐 트레이싱을 하여 좌표값의 차이를 통계적으로 비교하고 실험자가 실험도중에 미칠 수 있는 오차정도를 파악하였다. 이러한 일련의 오차분석은 Houston의 방법⁸을 응용하였다. 동일한 방사선사진에 대한 평균적인 차이의 standard deviation은 임의적 오차 (random error)를 나타내고, 각 측정치에 대한 t-test를 시행하여 실험도중의 오차(intracanexaminer bias)를 파악하였다. 각각의 측정항목에 대하여 얼마나 측정치가 정확한지를 평가하기 위하여 두 측정치의 차이의 variance의 제곱의 반을 제곱근으로 한 수치를

각 측정항목의 오차를 측정하는데 사용하였다 각 측정항목에 대한 신뢰한계는 95% 유의수준으로 하였다

캘리퍼로 측정한 측정치의 오차를 파악하기 위하여 하나의 건조두개골을 가지고 각각 5회씩 날짜를 달리하여 2 차례 벼어나어 캘리퍼로 측정하고 그 평균과 표준편차 및 그 차이의 표준편차와 표준오차를 통계적으로 검사하였다.

5. 3차원 계측치와 정모, 측모두부방사선사진상의 계측치 및 실계측치간의 비교

각각 촬영된 한쌍의 정모 및 측모두부방사선사진은 한개의 삼차원적 영상을 구축하게 되고 5개의 각각 다른 두개골을 5회씩 촬영하여 5가지의 삼차원적 계측치를 얻어 이를 각각 비교하여

Table 3. Intra-judge errors of frontal cephalogram (The mean standard deviation of the difference between replicate determination, mm)

	X-coordination			Y-coordination		
	Mean	SD	95%CL	Mean	SD	95%CL
L-Or	-0.01	0.15	0.22	-0.20	0.51	0.73
R-Or	-0.08	0.22	0.32	-0.13	0.19	0.27
L-Po	-0.02	0.29	0.40	-0.13	0.19	0.27
R-Po	0.03	0.25	0.35	0.02	0.44	0.63
Na	-0.06	0.50	0.71	0.04	0.29	0.41
ANS	-0.10	0.18	0.26	-0.19	0.16	0.22
L-Umc	0.06	0.25	0.36	-0.05	0.24	0.34
L-Umr	-0.01	0.24	0.34	-0.03	0.09	0.12
L-Uic	-0.03	0.15	0.21	0.03	0.21	0.30
L-Uir	0.08	0.24	0.34	0.12	0.22	0.32
R-Uic	-0.07	0.36	0.52	-0.22	0.26	0.36
R-Uir	-0.14	0.24	0.34	0.10	0.24	0.34
R-Umc	0.00	0.27	0.38	0.14	0.11	0.16
R-Umi	-0.06	0.32	0.45	-0.11	0.24	0.34
L-Llmc	-0.04	0.20	0.29	-0.29	0.24	0.35
L-Lmr	-0.02	0.31	0.44	0.01	0.14	0.20
L-Lic	-0.13	0.22	0.31	0.10	0.14	0.20
L-Lir	-0.07	0.16	0.22	-0.39	0.24	0.35*
R-Lic	0.16	0.14	0.20	0.23	0.18	0.26
R-Lir	-0.14	0.17	0.24	-0.35	0.30	0.42
R-Lmc	-0.12	0.20	0.29	-0.05	0.16	0.23
R-Lmr	0.03	0.28	0.40	-0.27	0.25	0.35
Pog	-0.05	0.23	0.32	-0.11	0.30	0.43
Me	0.22	0.07	0.11*	0.04	0.30	0.43
L-Co	-0.03	0.19	0.27	-0.18	0.49	0.70
R-Co	0.05	0.28	0.39	.15	0.27	0.38
L-Go	-0.08	0.26	0.37	-0.24	0.31	0.44
R-Go	-0.04	0.30	0.43	-0.22	0.44	0.63
Mean	-0.02	0.08	0.35	-0.08	0.16	0.36

95% CL 95% confidence limits for single determination (* p < 0.05)

통계적으로 검토하였다

전체적으로 얻어진 계측치는 각 항목별로 삼차원적 거리계측치와 실측치와의 차이의 평균과 표준편차, 정모 및 측모두부방사선 계측치와 실계측치의 평균과 표준편차 등을 계산하여 t-test로 통계적 검증을 시행하였다.

Table 2는 본 연구에 이용된 거리 계측항목으로 3차원적 세측치, 2차원적 계측치, 실계측치를 각각 나타내고 있다

III. 연구성적

1. 오차의 분석

동일한 방사선사진을 2회에 걸쳐 10회씩 트레이닝하여 방사선

Table 4. Intra-judge errors of lateral cephalogram (The mean standard deviation of the difference between replicate determination, mm)

	X-coordination			Y-coordination		
	Mean	SD	95%CL	Mean	SD	95%CL
L-Or	-0.15	0.26	0.37	-0.42	0.14	0.20*
R-Or	0.09	0.34	0.47	-0.09	0.11	0.16
L-Po	0.04	0.19	0.27	-0.09	0.11	0.16
R-Po	0.03	0.20	0.29	-0.12	0.11	0.15
Na	0.08	0.17	0.25	-0.12	0.08	0.12*
ANS	0.02	0.27	0.38	-0.11	0.10	0.14
L-Umc	0.03	0.16	0.23	-0.07	0.14	0.20
L-Umr	-0.02	0.29	0.41	-0.15	0.10	0.15*
L-Uic	0.01	0.26	0.37	-0.31	0.11	0.15*
L-Uir	0.01	0.34	0.49	-0.15	0.19	0.27
R-Uic	-0.21	0.16	0.22*	-0.28	0.19	0.26*
R-Uir	0.02	0.24	0.35	-0.24	0.16	0.22*
R-Umc	-0.12	0.24	0.34	-0.11	0.23	0.33
R-Umi	-0.23	0.16	0.23*	-0.13	0.16	0.22
L-Llmc	-0.05	0.32	0.45	-0.08	0.15	0.22
L-Lmr	-0.06	0.27	0.38	-0.07	0.17	0.24
L-Lic	-0.05	0.36	0.51	-0.18	0.11	0.16*
L-Lir	0.03	0.26	0.37	-0.13	0.14	0.19
R-Lic	0.01	0.27	0.38	-0.20	0.20	0.28
R-Lir	-0.11	0.27	0.38	-0.16	0.19	0.27
R-Lmc	-0.15	0.15	0.22	0.02	0.17	0.24
R-Lmi	0.00	0.31	0.41	-0.10	0.22	0.31
Pog	-0.12	0.40	0.57	-0.12	0.10	0.14
Me	-0.13	0.34	0.48	-0.06	0.11	0.15
L-Co	-0.13	0.34	0.48	-0.09	0.14	0.20
R-Co	0.08	0.23	0.32	-0.01	0.21	0.30
L-Go	-0.21	0.27	0.38	-0.05	0.28	0.40
R-Go	-0.05	0.38	0.54	-0.06	0.24	0.34
Mean	-0.05	0.09	0.39	-0.13	0.09	0.23

95% CL 95% confidence limits for single determination (* p < 0.05)

Table 5. Intra-judge errors of three dimensional cephalogram (The mean standard deviation of the difference between replicate determination, mm)

	X-coordination				Y-coordination				Z-coordination			
	Mean	SD	95%CL	t-test	Mean	SD	95%CL	t-test	Mean	SD	95%CL	t-test
L-Or	0.01	0.04	0.06		-0.29	0.06	0.08		0.14	0.04	0.08	
R-Or	-0.07	0.13	0.18		-0.10	0.07	0.11		-0.08	0.00	0.00	
L-Po	-0.02	0.07	0.10		-0.10	0.08	0.11		-0.04	0.14	0.20	
R-Po	0.03	0.03	0.04		-0.04	0.09	0.12		-0.02	0.15	0.21	
Na	-0.05	0.02	0.03		-0.03	0.02	0.03		-0.07	0.10	0.15	
ANS	-0.09	0.00	0.00		-0.14	0.01	0.02	*	-0.02	0.02	0.02	
L-Umc	0.06	0.08	0.11		-0.05	0.09	0.13		-0.03	0.09	0.13	
L-Umr	-0.01	0.02	0.03		-0.08	0.01	0.02	*	0.02	0.00	0.01	
L-Uic	-0.03	0.02	0.03		-0.12	0.10	0.15		-0.01	0.09	0.13	
L-Uir	0.08	0.05	0.07		-0.01	0.02	0.03		-0.01	0.05	0.07	
R-Uic	-0.07	0.15	0.21		-0.22	0.06	0.08	*	0.18	0.08	0.12	*
R-Uir	-0.13	0.20	0.28		-0.06	0.01	0.01		-0.03	0.03	0.04	
R-Umc	0.00	0.02	0.03		0.02	0.06	0.08		0.10	0.09	0.13	
R-Umr	-0.06	0.21	0.29		-0.11	0.07	0.10		0.20	0.06	0.09	
L-Lmc	-0.03	0.16	0.22		-0.17	0.04	0.05		0.04	0.04	0.06	
L-Lmt	-0.02	0.25	0.36		-0.03	0.02	0.02		0.05	0.14	0.20	
L-Lic	-0.13	0.15	0.22		-0.08	0.05	0.07		0.03	0.07	0.10	
L-Lir	-0.07	0.13	0.18		-0.24	0.04	0.05	*	-0.03	0.02	0.03	
R-Lic	0.15	0.00	0.01		0.02	0.02	0.03		0.00	0.02	0.03	
R-Lir	-0.13	0.02	0.03		-0.24	0.11	0.16		0.09	0.05	0.07	
R-Lmc	-0.12	0.15	0.21		-0.02	0.02	0.03		0.12	0.05	0.07	
R-Lmt	0.03	0.04	0.05		-0.17	0.02	0.03		0.00	0.00	0.01	
Pog	-0.05	0.14	0.20		-0.11	0.03	0.05		0.10	0.06	0.09	
Mc	0.20	0.00	0.00	*	0.00	0.01	0.02		0.12	0.01	0.01	
L-Co	-0.03	0.05	0.07		-0.12	0.06	0.08		0.12	0.09	0.12	
R-Co	0.01	0.04	0.06		0.06	0.01	0.01		-0.07	0.03	0.04	
L-Go	-0.07	0.19	0.27		-0.13	0.02	0.04		0.18	0.16	0.22	
R-Go	-0.04	0.23	0.33		-0.12	0.03	0.04		0.05	0.12	0.17	
Mean	-0.04	0.21	0.30		-0.01	0.01	0.02		0.08	0.08	0.11	

95% CL 95% confidence limits for single determination (* p < 0.05)

촬영시의 두부 위치의 변화에 따른 오차의 개입없이 순수한 오차를 측정하였다 임의적 오차를 나타내는 standard deviation에서 정모와 측모 방사선 사진 모두 1mm 이하의 비슷한 정도로 오차를 보였다 전체적인 오차를 나타내는 t-test에서 몇가지 항목에서 유의한 차이가 발견되었다. 정모보다는 측모가, 수평적 계측점보다는 수직적 계측항목에서 통계적인 차이가 더 많이 발견되었으며 임의적 오차수준도 또한 비슷한 양상을 가지고 있었다. 위상적으로 임의적 오차는 단독 측정치의 95% 신뢰한계에서 잘 나타내어 질 수 있다. 오차의 범위는 95% 신뢰한계에서 정모 두부방사선 사진의 경우 0.11 - 0.73mm (Table 3), 측모 두부방사선 사진의 경우 0.12 - 0.57mm 였다(Table 4).

위와 같이 2회에 걸쳐 촬영된 측모 및 정모 두부방사선 사진에서 얻어진 좌표값을 이용하여 3차원적인 좌표값으로 산출하여

동일한 사진에 대한 3차원 계측치에서 반복 트레이싱 간의 통계적인 유의성을 측정하여 실험자의 오류(intra-examiner bias)를 파악한 결과 90개 계측요소중 7개 (7.8%)에서만 유의한 오차가 발견되었다. x, y, z 좌표간의 평균적인 편차(error of single measurements)는 각각 $0.04 \pm 0.21\text{mm}$, $0.01 \pm 0.01\text{mm}$, $0.08 \pm 0.08\text{mm}$ 로 나타났다(Table 5).

동일한 건조두개골상에서 14가지 계측거리를 2회에 걸쳐 각각 5회씩 버어니어 캘리퍼로 측정한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 ($p > 0.01$), 평균 $0.16 \pm 0.22\text{mm}$ 의 차이를 가지고 있었다. 가장 큰 편차를 나타낸 L-UMC, L-UIC 간의 거리의 경우 $0.43 \pm 0.54\text{mm}$ 의 차이를 보였다. 이 항목의 경우 95% 유의수준에서 $22.06 \pm 0.77\text{mm}$, 즉 $22.83\text{mm} - 21.29\text{mm}$ 사이에 존재한다는 것을 의미한다(Table 6).

Table 6. Intra-judge errors of caliper measurements (mm)

	Mean(1st)	Mean(2nd)	Difference	SD	95% CL
1 L-UMC, R-UMC	45.48	45.30	0.09	0.15	0.21
2 L-LMC, R-LMC	42.48	42.70	0.13	0.19	0.27
3. L-Co, R-Co	91.34	91.70	0.35	0.40	0.57
4 L-Go, R-Go	71.94	71.80	0.04	0.09	0.13
5. L-Co, Me	112.96	113.00	0.10	0.11	0.16
6 R-Co, Me	110.96	110.80	0.10	0.15	0.21
7. ANS, L-Or	30.44	30.60	0.05	0.11	0.16
8 ANS, R-Or	30.46	30.50	0.10	0.11	0.16
9 L-UMC, L-UIC	22.06	21.70	0.43	0.54	0.77
10. R-UMC, R-UIC	22.22	22.40	0.18	0.24	0.34
11 L-LMC, L-LIC	30.40	30.00	0.15	0.27	0.39
12. R-LMC, R-LIC	31.26	31.30	0.20	0.23	0.33
13 Na, Me	81.76	81.80	0.13	0.16	0.22
14. Na, ANS	36.42	36.70	0.17	0.26	0.37
Mean			0.16	0.22	0.31

Table 7. Discrepancy between measurements of three dimensional cephalogram and dry skull(mm)

	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	Mean	SD
1 L-UMC, R-UMC	-1.61	0.34	-4.51	0.86	-0.28	-1.04	2.15
2 L-LMC, R-LMC	2.04	0.26	4.92	-0.38	5.52	2.47	2.67
3 L-Co, R-Co	6.56	2.15	4.65	-0.56	0.15	2.59	3.00
4 L-Go, R-Go	-0.36	-0.14	0.04	1.06	-0.53	0.01	0.62
5 L-Co, Me	0.04	0.19	0.04	0.16	0.68	0.22	0.27
6. R-Co, Me	0.14	-0.03	0.07	-0.29	0.25	0.03	0.21
7 ANS, L-Or	0.29	0.12	-0.10	0.32	-0.60	0.01	0.38
8. ANS, R-Or	-0.59	-0.78	-0.24	0.08	-3.76	-1.06	1.55
9 L-UMC, L-UIC	-0.71	5.01	-4.15	-0.12	1.19	0.24	3.31
10 R-UMC, R-UIC	-1.77	2.89	-0.56	0.20	-1.02	-0.05	1.79
11 L-LMC, L-LIC	-0.71	-0.22	-0.98	-1.28	-0.61	-0.76	0.40
12. R-LMC, R-LIC	0.80	-0.01	2.14	-1.07	-1.36	0.10	1.43
13 Na, Me	4.65	-0.85	-2.08	-1.46	-2.69	-0.49	2.95
14 Na, ANS	0.83	-0.16	-0.70	-0.88	-1.18	-0.42	0.79
Mean						0.13	1.54

2. 실측치와 3차원 두부방사선사진 계측치의 차이

Table 7에는 5개의 견조두개골을 대상으로 한 3차원 계측치와 실계측치의 평균과 표준편차가 나타나 있다. 14개 항목중 6개 항목은 3차원 계측치가 실측치보다 축소되었고 8개 항목은 확대되어 나타났으며 전체 평균 0.13 ± 1.54 mm의 차이를 보였다. 이중 L-Co, R-Co가 2.59 ± 3.00 mm의 차이를 나타내어 가장 크게 확대되어 나타났다.

3차원 계측치를 실계측치에 나누어 백분율로 계산한 결과 전반적으로 $100.74 \pm 3.92\%$ 확대율을 보였으며 실측보다 가장 축소되어 나타난 항목은 ANS, R-Or간의 거리($97.75 \pm 3.11\%$) 였으며,

가장 확대되어 나타난 항목은 L-UMC, L-UIC 간 거리($106.59 \pm 20.33\%$) 였다(Table 8).

3. 실측치와 정도 두부방사선사진 계측치, 실측치와 측모 두부방사선사진 계측치의 차이

실측치와 2차원적 두부방사선 계측치 사이에는 다양한 정도의 차이가 있었으며 필름면과 평행하지 않는 시상면에 놓인 계측거리측정에서는 축소가 두드러졌다. 필름과 견조두개골 각 계측점간의 거리는 항목에 따라 달랐으며 이를 3차원적 계측치와 비교하였을 때 훨씬 그 오차가 큰 것을 알 수 있었다(Table 9).

Table 8. Percent discrepancy between caliper measurements and three dimensional measurement (%)

	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	Mean	SD
1 L-UMC, R-UMC	97.10	100.77	93.05	101.39	99.56	98.37	3.40
2 L-LMC, R-LMC	104.20	101.07	109.34	99.37	108.98	104.59	4.52
3 L-Co, R-Co	106.42	102.35	103.81	99.53	100.12	102.44	2.81
4 L-Go, R-Go	99.65	99.81	100.04	101.24	99.49	100.05	0.70
5 L-Co, Me	100.03	100.17	100.03	100.24	100.11	100.12	0.09
6. R-Co, Me	100.99	99.97	100.05	99.77	100.17	100.19	0.47
7 ANS, L-Or	100.65	100.32	99.78	100.71	98.78	100.05	0.80
8 ANS, R-Or	98.79	97.91	99.46	100.18	92.39	97.75	3.11
9 L-UMC, L-UIC	98.43	141.99	90.15	99.73	102.64	106.59	20.33
10 R-UMC, R-UIC	96.18	121.63	98.53	100.47	97.79	102.92	10.57
11 L-LMC, L-LIC	98.24	98.58	97.76	97.07	98.71	98.07	0.67
12 R-LMC, R-LIC	101.92	99.93	105.25	97.41	97.15	100.33	3.37
13. Na, Me	104.08	98.98	98.38	98.82	97.90	99.63	2.52
14 Na, ANS	101.74	99.53	98.70	98.37	97.90	99.25	1.52
Mean						100.74	3.92

Table 9. Percent ratio of magnification between measurements of frontal & lateral cephalogram and dry skull (%)

	No 1		No 2		No 3		No 4		No 5		Mean	SD		
	Frontal	Lateral												
1 L-UMC, R-UMC	103.91	-	106.61	-	98.29	-	108.39	-	105.88	-	104.62	-	3.88	
2 L-LMC, R-LMC	110.04	-	107.05	-	116.76	-	105.85	-	115.62	-	111.06	-	4.94	
3 L-Co, R-Co	117.17	-	112.66	-	114.27	-	109.29	-	110.02	-	112.68	-	3.21	
4 L-Go, R-Go	107.91	-	109.80	-	110.23	-	111.31	-	108.52	-	109.55	-	1.36	
5 L-Co, Me	-	89.39	-	80.16	-	85.53	-	81.51	-	82.76	-	83.87	-	3.67
6 R-Co, Me	-	88.48	-	79.92	-	85.86	-	80.37	-	79.56	-	82.84	-	4.07
7 ANS, L-Or	98.26	-	100.65	-	100.71	-	104.96	-	102.66	-	101.45	-	2.51	
8 ANS, R-Or	96.48	-	99.78	-	100.08	-	104.91	-	94.89	-	99.23	-	3.86	
9 L-UMC, L-UIC	-	97.61	-	122.43	-	81.32	-	92.27	-	98.13	-	98.35	-	15.06
10 R-UMC, R-UIC	-	94.92	-	123.93	-	75.86	-	87.24	-	86.06	-	93.60	-	18.26
11 L-LMC, L-LIC	-	97.70	-	66.65	-	91.66	-	87.23	-	88.17	-	86.28	-	11.72
12 R-LMC, R-LIC	-	93.94	-	67.81	-	87.31	-	77.19	-	78.84	-	81.02	-	10.00
13 Na, Me	109.61	116.80	105.36	111.27	104.65	110.56	104.61	111.20	103.01	110.03	108.56	108.71	4.46	4.23
14 Na, ANS	106.68	111.23	103.41	112.45	101.98	110.70	103.81	110.58	102.96	110.05	107.96	107.38	4.17	4.04

IV. 고 칠

1931년 Broadbent⁹⁾에 의한 두부방사선 규격사진 촬영법이 치과영역에 도입된 이래 치아교정 및 악교정 영역에서는 없어서는 안될 진단자료의 하나가 되었다. 그러나 측모 및 정모 두부방사선규격사진의 2차원적인 계측법만으로는 두개악안면의 복잡한 3차원형태를 명확하게 파악하기는 힘들다 즉 두개안면외과술식에서의 술전치료계획에서 규격화된 정상범위(normalized standard)와 함께 두부방사선규격사진, 안모사진, 치아모형 및 임상소견의 동시 평가가 이루어져야 하는 것이다 따라서 악변형증환자 대한 분석을 시행함에 있어 정모와 측모 두부방사선규격사

진 모두를 이용하여 3차원적으로 재구성하여 두개악안면의 입체적인 형태를 시각화하려는 노력이 계속되어 왔다

정모 및 측모 두부방사선 규격사진을 이용한 두부의 입체적 진단법으로서 Takimoto 와 Kawata(1962)¹⁰⁾가 정모 및 측모 두부방사선 규격사진과 악태모형을 각각 독립항목에서 유기적인 관련성을 나타내는 전개도(Roland Bay의 견취도를 응용)로 치열궁, 악, 안면두개를 입체적으로 관찰하여 부정교합의 진단에 응용하고자 한 바 있으며, Vogel(1967)¹¹⁾은 다방향으로 분산되는 방사선을 재현하기 위한 “compensator”와 “corrective scale”을 정모 두부방사선 규격사진상의 porion axis에 평행한 선분의 계측에 이용한 것을 측모 두부방사선 규격사진에도 이용하여 측모 및 정모

두부방사선 규격사진 모두에 조합함으로서 계측의 정도를 항상 시켰다.

Savara 등(1965)¹²⁾, Savara 와 Tracey (1967)¹³⁾은 표준형의 Broadbent-Bolton cephalometer 를 이용하여 정모 및 측모 두부방사선규격사진을 동시에 촬영하여 방사선사진에서 얻어진 좌표를 조합한 입체좌표로 3차원적인 평가를 처음으로 시행하였다 그러나 지금처럼 우리가 사용하고 있는 Cepalometer 는 정보와 측모 동시촬영이 되지 않기에 정모 두부방사선 규격사진 촬영시에는 ear-rod 를 중심으로 두부가 회전된 상태가 되며, 이것은 정모 및 측모 두부방사선 규격사진 사이에 입체적 계측의 차이가 나타날 수 있다 Ishikawa 와 Nakada(1977)¹⁴⁾은 Margolis 개량형 cephalometer 를 이용하여 촬영한 정모 및 측모 두부방사선규격사진에서 두 개의 전후방향의 회전을 보정하기 위해 임의의 45° 경사규격사진을 가하여 3차원적 해석을 시도하였다

Yamazaki 와 Iwazawa(1981)¹⁵⁾는 입체좌표의 개념을 도입하여 건조 두개골상에 여러개의 계측점을 설정하여 계측점간 거리에 대한 실측치와 정모 및 측모 두부방사선사진에서 얻어진 입체산출거리와 비교하여 각 계측점의 입체좌표에 의한 입체거리 및 입체각도의 산출방법을 검색하여 임상적으로 두부에 대한 하악의 입체적 위치 및 형태를 비교검토하여 보고하였다 Baumrind 등(1983)¹⁶⁾은 일반적인 직각 평면(biplanar method)에서 항공사진의 원리로 한쌍의 동일 평면(paired coplanar method)에서 3차원 분석을 시도하기도 하였고 Grayson 등(1983)¹⁷⁾은 3차원 분석을 다 평면 두부방사선 계측사진 분석(multiplane cephalometric analysis)으로 두개안면복합체의 일정 깊이에서 골격성 중심선의 시각화를 시작하였다 이후 Motoyoshi 등(1986)¹⁸⁾은 상하악형태의 입체적 평가에서 자신들이 개발한 3차원 계측시스템을 이용함으로서 이의 장점으로 ① 측모 및 정모 두부방사선 규격사진에서 3차원 좌표를 얻을 수 있으며, ② 음극선관(cathode-ray tube . CRT)에 그림을 보듯이 표시할 수 있으며, ③ 계측점을 증가시켜 두개안면의 형태의 특징을 보다 자세하게 이해할 수 있다고 하였다 Inoue 등(1986)¹⁹⁾은 수술담당의와 교정담당의와의 원활한 정보교환을 위해서는 특히 악변형증환자의 수술법 선택과 술식의 검토등에 3차원적인 자료가 보다 효과적이라는 점에서 앞서의 방법을 이용한 3차원 컴퓨터그래픽 외과술식(3 dimensional computer graphic surgery)의 효용성을 검토한 바, 즉 paper surgery의 입체화로 ① 악안면의 형태적 특성과 술후의 형태를 입체화하여 파악하기 쉽고, 보고자 하는 방향에서도 관찰이 가능하며, ② 좌우로 편위된 경우에도 paper surgery 만으로는 생각하기 어려웠던 점도 이렇게 함으로서 입체적으로 파악하기 쉬웠다고 하였다

Brown 과 Abbott(1989)²⁰⁾는 직각 평면(biplanar system)에서 단순 와이어프레임 모형으로 3차원적인 형태로 시각화하게 되었다. 한편 Marsh 와 Vannier(1983)²¹⁾, Marsh 등(1985)²²⁾은 당시 개발되기 시작한 CT 테이터를 기초로 한 3차원적인 이미지를 소개하여 보편화하게 되어 악안면외상과 악교정수술의 진단 및 예측에 이용하게 되었으며, 이와 함께 Bhutta 와 Sowray(1984)²³⁾은 이차원적이지만 악교정수술에서의 컴퓨터를 이용한 진단 및 예측(CAD

Computer-Aided Design) 시스템을 체계화하게 되어, Cutting 등(1986)²⁴⁾은 이러한 CT 데이터를 기초로 한 3차원 시뮬레이션 프로그램과 두부방사선계측사진 데이터를 기초로 한 프로그램을 연관지어 최대한 활용으로 컴퓨터 그래픽방법을 이용한 line drawing 으로 술전후의 상태를 시각화하고자 하였다

그러나 본 연구에서처럼 정모 및 측모 두부방사선규격사진을 이용한 3차원 계측시스템의 개발은 Grayson 등(1988)²⁵⁾이 지적한 것처럼 CT에 비해 ① 방사선 폐폭량이 적고, ② 경제적으로 손쉽게 얻을 수 있고, ③ 충분한 정상범위의 데이터베이스(norm)가 확보되어 있으며, ④ 정량적이나 장기간의 계속적인 분석에서 실용적이라고 한 관점에서 그 의미가 있다고 하겠다

본 연구에서는 건조두개골을 이용한 3차원적 계측을 시행하여, 전체적인 오차와 임의적 오차가 어느정도로 나타나는지 동일한 촬영사진을 중복 트레이싱한 후 그 오차를 분석하고, 실제 측치와 3차원 계측치의 차이, 실제측치와 방사선 사진과의 차이를 파악하여 진단학적 가치와 유용도를 시험해 보고자 하였다

Kobayashi 등(1990)²⁶⁾은 하악전돌증환자에서 하악골 형태의 3차원적 분석을 위해 정모 및 측모 두부방사선 규격사진을 관구(TF;TL)를 시점으로 한 투시도를 가정하여 세측점 P의 3차원 좌표치를 연속적으로 산출한 바, 즉 3차원적 규격화로 임상적으로 충분한 정도를 가졌으며, 술후예측법에서도 만족스러운 결과를 얻었다고 보고하였다

연구자체의 계측오차를 알아보기 위해 직경 0.5mm 이하의 소구(small ball)나 푸즈, 혹은 와이어 등을 건조두개골에 부착하여 정모 및 측모 두부방사선 규격사진을 촬영하는지 본 연구에서는 5개의 건조두개골에 직경 약 0.38±0.05mm 의 금속구를 접착시키고 건조두개골의 자세를 변화시켜 정모 및 측모 두부방사선사진을 촬영하였다.

그리고 통법에 따라 동일한 방사선사진을 2회에 걸쳐 10회씩 트레이싱하여 방사선 촬영시의 두부 위치의 변화에 따른 오차의 개입없이 순수한 오차를 측정하였으며, 임의적 오차를 나타내는 standard deviation 에서 정모와 측모 방사선 사진 모두 1mm 이하의 비슷한 정도로 오차를 보였는데, Mori 등(1990)²⁷⁾은 정모 및 측모 두부방사선 규격사진에서 세측점의 입체좌표를 추출하고, 정모 두부방사선 규격사진의 보정을 행한 결과 부동점의 표준편차가 1~2mm 나 나타나 이점을 항상 염두에 두고 데이터를 평가할 필요가 있다고 하였다

진체적인 오차를 나타내는 t-test 에서 몇가지 항목에서 유의한 차이가 발견되었다 Runc 등(1986)²⁸⁾은 1974년 Selvik²⁹⁾이 고안한 방사선 입체 계측분석(RSA)을 검증한 바 임프란트의 형태에 따라 달라질 수 있으나, 일반적으로 정확도는 두개의 어떠한 좌표축에서도 회전은 0°, 이동은 0.05mm 였다고 하였으며, Yamazaki 와 Iwazawa (1981)¹⁵⁾는 오차가 ±0.2mm로 무시할 수 있는 정도였으며 폭경에 관련된 계측항목에서는 크게, 장경에 관련된 계측항목에서는 모두 크게 나타났다고 하였다. 본 연구에서도 정보보다는 측모가, 수평적 계측점보다는 수직적 계측항목에서 통계적인 차이가 더 많이 발견되었으며 임의적 오차수준도 또한 비슷한 양상을 가지고 있었고 임상적으로 임의적 오차의

범위는 95% 신뢰한계에서 정모 두부방사선 사진의 경우 $0.11 - 0.73\text{mm}$, 측모 두부방사선 사진의 경우 $0.12 - 0.57\text{mm}$ 였었다

촬영된 측모 및 정모두부방사선 사진에서 얻어진 좌표값을 이용하여 3차원적인 좌표값으로 산출하여 동일한 사진에 대한 3차원 계측치에서 반복 트레이싱 간의 통계적인 유의성을 측정한 실험자의 오류(intra-examiner bias)를 파악한 결과 90개 계측요소 중 7개 (7.8%)에서만 유의한 오차가 발견되었다 x, y, z 좌표간의 평균적인 편차(error of single measurements)는 각각 $0.04 \pm 0.21\text{ mm}$, $0.01 \pm 0.01\text{mm}$, $0.08 \pm 0.08\text{mm}$ 로 나타났다 이는 동일한 신뢰 수준에서 3차원좌표치와 2차원적인 방사선사진에서 얻어진 좌표치와 오차의 범위가 그다지 차이가 없다는 것을 나타낸다. 즉 3차원적인 좌표값이 2차원적 좌표값의 합성에 이루어지는 만큼 기본적인 데이터가 되는 정면 및 측모두부 방사선사진의 촬영 및 트레이싱의 오차가 3차원적인 좌표값의 오차에 그대로 반영 된다는 것이다

본연구에서 동일한 건조두개골상에서 14가지 계측거리를 2회에 걸쳐 각각 5회씩 버어너 캘리퍼로 측정한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 ($p < 0.01$), 평균 $0.16 \pm 0.22\text{mm}$ 의 차이를 가지고 있었다 가장 큰 편차를 나타낸 L-UMC, L-UIC 간의 거리의 경우 $0.43 \pm 0.54\text{ mm}$ 의 차이를 보였다 이 항목의 경우 95% 유의 수준에서 $22.06 \pm 0.77\text{mm}$, 즉 $22.83\text{mm} - 21.29\text{mm}$ 사이에 존재한다는 것을 의미한다

Bookstein 등(1991)²⁷은 Cutting 등(1986)²⁸과 Grayson 등(1988)²⁹의 방법에 따른 캘리퍼 측정에서 interlandmark distance 의 정확도는 0.377mm 로 반복측정의 오차는 0.5mm 에 대한 이론적인 한계 (0.204mm)와 거의 비슷하다고 하였다

실측치와 3차원 두부방사선사진 계측치와의 차이에서 Savara 등(1965)³⁰은 $0.1 - 0.3\text{mm}$ 라고 하였으나, Ishikawa 와 Nagata (1977)³¹는 $0.3 - 0.9\text{mm}$ 가 되었다고 하면서 이러한 차이는 두부고 정장치의 방사선축에 대한 고정각도의 상이와 판독의 목적으로 부착한 금속구나 와이어의 크기차이 등을 들 수 있으며, 어떤 선분의 길이에 대한 반영에 의한 오차는 0.5mm 이내라고 하였다

본 연구에서는 5개의 건조두개골을 대상으로 한 3차원 계측치와 실계측치의 평균과 표준편차에서 14개 항목중 6개항목은 3차원 계측치가 실측치보다 축소되었고 8개 항목은 확대되어 나타났으며 전체 평균 $0.13 \pm 1.54\text{mm}$ 의 차이를 보였다 이중 L-Co, R-Co가 $2.59 \pm 3.00\text{mm}$ 의 차이를 나타내어 가장 크게 확대되어 나타났다 본 연구에서 실측치와 3차원적 계측치간의 통계적인 비교분석을 시행하지 못한 것은 실험에 사용된 건조두개골의 수가 한정되어 있어 통계적 수치를 내기가 어려웠기 때문이다. 향후 이어지는 연구를 통해 이러한 실측치와의 비교분석을 시행할 예정으로 있다 3차원 계측치를 실계측치에 나누어 백분율로 계산한 결과 전반적으로 $100.74 \pm 3.92\%$ 확대율을 보였으며 실측보다 가장 축소되어 나타난 항목은 ANS, R-Or 간의 거리($97.75 \pm 3.11\%$)였으며, 가장 확대되어 나타난 항목은 L-UMC, L-UIC 간 거리($106.59 \pm 20.33\%$)였다

3차원계측치의 정확도는 방사선사진의 재현성이 보장되어 질 경우 정모, 측모두부방사선 사진중의 좌표점을 인식하는 정확도

에 좌우된다고 할 수 있다 측모 및 정모 두부방사선사진에서 판독이 어려운 좌표점의 선택은 3차원적인 좌표값의 오류로 나타나게 되기 때문에 충분한 해부학적 지식으로 2차원적인 두부방사선 사진을 트레이싱한다면 구강악안면영역에서 이용될 수 있는 정도의 정확도 즉, 술전술후 비교평가등의 경우에 충분히 이용되어 질 수 있을것으로 사료된다.

실측치와 2차원적 두부방사선 계측치를 비교하였을 경우 다양한 정도의 차이가 있었으며 필름면과 평행하지 않는 시상면에 놓인 계측거리측정에서는 축소가 두드러졌다 필름과 건조두개골 각 계측점간의 거리는 항목에 따라 달랐으며 이를 3차원적 계측치와 비교하였을 때 훨씬 그 오차가 큰 것을 알 수 있었다. 이는 3차원적 계측치가 임상적으로 측정하기 어려운 부위의 측정에 이용될 수 있다는 가능성을 시사하는 것으로 이를 위하여 오차의 범위를 최소화하는 노력이 이어져야 하겠다

IV. 요 약

두부방사선 규격사진을 이용한 3차원 계측시스템을 자체 개발하여 3차원적인 상하악골의 형태를 동일 좌표계로 비교하여 임상적으로 만족스러운 정도를 얻을 수 있도록 다섯 개의 건조두개골에 직경 약 $0.38 \pm 0.05\text{mm}$ 의 금속구를 접착시키고 건조두개골의 자세를 변화시켜 정모 및 측모 두부방사선사진을 촬영한 후 자체 오차분석과 각각 촬영된 한쌍의 정모 및 측모두부방사선사진을 한개의 삼차원적 영상으로 구축된 3차원 계측치와 두부방사선사진상의 계측치 및 실계측치를 각각 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다

- 방사선 촬영시의 두부 위치의 변화에 따른 오차의 개입없이 순수한 오차를 측정한 결과 정모와 측모 두부방사선사진에서 모두 1mm 이하의 오차를 보였으며, 오차의 범위는 정모 및 측모 두부방사선 사진의 경우 각각 $0.11 - 0.73\text{mm}$, $0.12 - 0.57\text{mm}$ 였다($p < 0.05$).
- 측모 및 정모 두부방사선사진에서 얻어진 좌표값으로 산출한 3차원 계측치에서는 실험자의 오류(intra-examiner bias)가 90개 계측요소중 7개(7.8%)에서만 유의한 오차가 나타났으며, x, y, z 좌표간의 평균적인 편차(error of single measurements)는 각각 $0.04 \pm 0.21\text{mm}$, $0.01 \pm 0.01\text{mm}$, $0.08 \pm 0.08\text{mm}$ 로 나타났다
- 동일 건조두개골상에서 14가지 계측거리를 실측한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 ($p > 0.01$), 평균 $0.16 \pm 0.22\text{mm}$ 의 차이를 가지고 있었다 가장 큰 편차를 나타낸 L-UMC, L-UIC 간의 거리의 경우 $0.43 \pm 0.54\text{mm}$ 의 차이를 보였다
- 3차원 계측치와 실계측치와의 차이에서 14개 항목중 6개 항목은 축소되었고 8개 항목은 확대되어 나타났으며(평균차이 $0.13 \pm 1.54\text{mm}$ 의 차이), 이중 L-Co, R-Co 가 $2.59 \pm 3.00\text{mm}$ 의 차이로 가장 크게 확대되어 나타났다 백분율로 계산한 결과 $100.74 \pm 3.92\%$ 확대율을 보였으며 실측보다 가장 축소되어 나타난 항목은 ANS, R-Or 간의 거리($97.75 \pm 3.11\%$)였으며, 가장 확대되어 나타난 항목은 L-UMC, L-UIC 간 거리($106.59 \pm 20.33\%$)였다

20.33%)였다

5 실측치와 2차원적 두부방사선 계측치 사이에는 다양한 정도의 차이가 있었으며 필름면과 평행하지 않는 시상면에 놓인 계측거리 측정에서 축소가 두드리 겼다 필름과 기조두개골 각 계측점간의 거리는 항목에 따라 달랐으며 이를 3차원적 세측치와 비교하였을 때 훨씬 그 오차가 큰 것을 알 수 있었다

이를 종합할 때 3차원계측치의 정확도는 방사선사진의 재현성이 보장되어질 경우 정모, 측모두부방사선 사진중의 좌표점을 인식하는 정확도에 좌우된다고 할 수 있다 측모 및 정모두부방사선사진에서 판독이 어려운 좌표점의 선택은 3차원적인 좌표값의 오류로 나타나게 되기 때문에 충분한 해부학적인 지식으로 2차원적인 두부방사선 사진을 트레이싱한다면 구강악안면영역에서 이용될 수 있는 정도의 정확도 즉, 술전술후 비교평가등의 경우에 충분히 이용되어 질 수 있을것으로 사료된다

참 고 문 헌

- 1 대한구강악안면외과학회편찬 『구강악안면외과학교과서』 의지사서 1998 pp 645-738
- 2 Kobayashi T, Ueda K, Honma K, Michimi N et al Three-dimensional Analysis of Mandibular Morphology Using Frontal and Lateral Cephalograms Bull Jpn. Soc Jaw Deform 9 117-118, 1990
- 3 Miyajima T, Sugahara T, Mori Y, Minami K et al Development of the system of three dimensional cephalometric analysis -First report- Prog & Abst Jpn Soc Oral & Maxillofac Surg 40th Annual Meeting, 1995 p 177
- 4 남일우, 정필훈, 김종배, 백대일 컴퓨터를 이용한 모의 악교정 수술전후 영상개발에 관한 연구 대한구강악안면외과학회지 17(4) 22-32, 1991
- 5 김종원, 김병린, 김대경, 유준영 구강악안면영역의 3차원 컴퓨터 단층촬영 대한구강악안면외과학회지 17(1) 1-9, 1991
- 6 Brown T, and Abbott A Computer-assisted location of reference points in three dimensions for radiographic cephalometry Am J Orthod Dentofac Orthop 95 490-498, 1989
- 7 Cutting C, Bookstein F, Grayson, B, Fellingham, L, and McCarthy, J Three dimensional computer-assisted design of craniofacial surgical procedure Optimization and interaction with cephalometric and CT-based models Plast & Reconstit Surg 77 877-885, 1986
- 8 Houston W J B The analysis of errors in orthodontic measurements Am J Orthod 83 382-389, 1983
- 9 Broadbent B II A new x-ray technique and its application to orthodontia Angle Orthod 145-66, 1931
- 10 Takimoto K, and Kawata T A three-dimensional survey of the cephalo-facio-dental relationship J Jpn Orthod Soc 21 1-6, 1962
- 11 Vogel C Correction of frontal dimention from head x-ray Angle Orthod 37 1-8, 1967
- 12 Savara B S A method of measuring facial bone growth in three dimensions Hum Biol 37 245-55, 1965
- 13 Savara B S, and Tracey W. F Norms of size and annual increments of five anatomical measures of the mandible in boys from 3 to 16 years of age Arch Oral Biol 12 469-86, 1967
- 14 Ishikawa K, and Nakada S A study of three dimensional measurement of craniofacial skeleton Shounishikkagakzashi 15 1-8, 1977
- 15 Yamazaki T, and Iwazawa T A study on the three-dimensional positionand morphology of the mandible in cephalic region -with reference to comparisons between the normal occlusal and true mandibular protruusion groups- J Jpn Orthod Soc 40 205-227, 1981
- 16 Baumrind S, Moffitt F H, and Curry, S The geometry of three-dimensional x-ray stereometry from paired coplanar images , a progress report Am J Orthod 84,292-312, 1983
- 17 Grayson, H II Analysis of craniofacial asymmetry by multiplane cephalometry Am J Orthod 84 217-224, 1983
- 18 Motoyoshi M, Yamazaki T, Inoue K, Kura M, Yoshida T, and Namura S Studies on three dimensional evaluation of maxillo-mandibular morphology Morphology of skeletal class III J Jpn Orthod Soc 45 181-195, 1986
- 19 Inoue K, Yamazaki T, Motoyoshi M, Matsunaga S, Hayashi M, and Namura S Studies on 3-dimensional prediction of orthognathic surgery cases 3-dimensional computer graphic surgery for the skeletal class III cases J Jpn Orthod Soc , 1986,5 658-666
- 20 Marsh J L, and Vanner, M W The third dimension in craniofacial surgery Plast & Reconstit Surg 71 759-767, 1983
- 21 Maish J L, Vannier M W, Stevens W G , Warren J O et al Computerized imaging for soft tissue and osseous reconstruction in the head and neck Clinics Plast Surg 12 279-291, 1985
- 22 Bhatia S N, and Sowry, J II A computer aided design for orthognathic surgery Br J Oral Maxillofac Surg 22 237-253, 1984
- 23 Grayson B, Cutting C, Bookstein F, Kim H, and McCarthy J The three dimensional cephalogram Theory, technique, and clinical application Am J Orthod Dentofac Orthop 94 327-337, 1988
- 24 Mori Y, Sugahara T, Minami K, Mishima K et al Difficulty of postoperative feature inference and estimation of mandibular protruusion Bull Jpn Soc Jaw Deform 9 85-87, 1990
- 25 Rune B, Sarnas K, Selvik G., and Jacobsson S Roentgen stereometry in the study of the craniofacial anomalies - the state of the art in Sweden Br J Orthod 13 151-157, 1986
- 26 Selvik G A Roentgen stereophotogram- metric method for the study of the kinematics of skeletal systems[thesis], Malmo, Sweden, Univ Lund 1974
- 27 Bookstein F, Grayson B, Cutting C, Kim H , and McCarthy J Landmarks in three dimensions Reconstruction from cephalograms versus direct observation Am J Orthod Dentofac 50,133-140, 1991
- 28 Cutting C, Grayson B , Bookstein F, Fellingham L , and McCarthy J G Computer-aided planning and evaluation of facial and orthognathic surgery Clinics Plast Surg 13,449-62, 1976