

비대칭 분석시 3차원영상의 정확성에 관한 정모 두부방사선사진과의 비교 연구

광주보건대학 치기공과

조 흥 규

=Abstract=

A Comparative Study between the Accuracy of Three-Dimensional Morphometry and That of PA Cephalometry in Asymmetry Analysis

Hong-Kyu Cho

Dept. of Dental Lab. Technology, Kwangju Health College

The purpose of this study was to show the method of three-dimensional morphometry developed recently and to compare the accuracy of three-dimensional morphometry with those of PA cephalometry.

The three-dimensional morphometry analysis program and device were developed. Steel balls (1.2mm in diameter) were attached in twenty five landmarks of artificial human skull. This artificial human skull was used as experimental materials. From three-dimensional morphometry and PA cephalometry of artificial human skull, eleven linear measurements were acquired and made into asymmetry index. Right-left differences of measurements were used as asymmetry index. These measurements and asymmetry index were compared respectively with those of actual.

The results were as follows:

1. Mean difference between three-dimensional morphometry and actual artificial human skull in linear measurements was $1.99 \pm 0.37\text{mm}$, and mean difference between PA cephalometry and actual was $21.12 \pm 0.45\text{mm}$. Both of all were reduced more than those of actual.
2. Mean difference between three-dimensional morphometry and actual artificial human skull in asymmetry index was 0.07 ± 0.42 , and mean difference between PA cephalometry and actual was 3.63 ± 0.60 . Three-dimensional morphometry was reduced while PA cephalometry was magnified more than that of actual.
3. Each eleven asymmetry index of three-dimensional morphometry was the same negative sign as those of actuals while only N-Z, ANS-J, Tr-Go, Tr-ANS asymmetry index were the same in PA cephalometry.

These results suggest that the method of three-dimensional morphometry is more accurate than those of PA cephalometry in asymmetry analysis.

key words : three-dimensional morphometry, PA cephalometry, asymmetry index, accuracy.

1. 서 론

안면비대칭이란 정중선에 대해서 안면 양측 구조물의 크기나 형태가 서로 일치하지 않는 경우를 말한다(Peck & Peck, 1970). 종래에는 중등도 이상의 비대칭에 대하여 진단 및 치료가 시행되었으나 최근 심미에 대한 관심의 증가와 함께 경미한 비대칭을 호소하는 환자가 늘어나고 있으며, 교정치료 전에는 느끼지 못하던 비대칭을 치료 중이나 후에 인지하게 되어 불만을 호소하는 경우도 증가하고 있는 바, 안면비대칭에 대한 체계적이고 정확한 분석이 요구되고 있다(Epker & Fish, 1986).

안면비대칭의 진단을 위하여 정면얼굴 사진(Winiarska & Michalski, 1982; Bishara et al, 1995; Ras et al, 1995), 이하두정 방사선사진(Ritucci & Burstone, 1981; Forsberg et al, 1984; Arnold et al, 1994)과 함께 정모 두부방사선 규격사진(Mulick,

1965; Letzer & Kronman, 1967; Hewitt, 1975; Shah & Joshi, 1978; Farkas & Cheung, 1981; Vazque et al, 1982; Stabrun, 1985; Alavi et al, 1988; Bishara et al, 1994)이 주로 사용되고 있다. 그러나 방사선 사진은 촬영 시 3차원적인 물체를 2차원으로 투영하는 것이므로 촬영 거리나 각도에 의해 상의 왜곡현상이 발생한다(Ahlgqvist et al, 1986; Ahlgqvist et al, 1988). 따라서 3차원적인 구조물을 3차원적으로 분석하려는 많은 연구들이 기존의 2차원적인 분석의 한계를 극복하고자 시행되었다.

Computer tomographic scans는 경조직 분석에 laser scanning, moire' stripes(Moss et al, 1987; Kawai et al, 1990 a, b; Coombes et al, 1991; Motoyoshi et al, 1992)은 연조직 분석에 사용되어 왔으나 고가의 장비가 필요한 점과 교정학적 단순한 질적인 분석이 어려운 점, 그리고 과도한 방사선 조사량 등의 문제로 인해 교정학 영역에서 거

의 사용되지 않고 있다. 또한 3D-cephalometrics (Baumrid & Moffitt, 1983 a, b; Grayson et al, 1988; Brawn & Abbott, 1989; Trocme et al, 1990; Bookstein et al, 1991)은 Broadbent(1931)에 의해 도입된 측모 두부방사선과 정모 두부방사선사진을 합성하여 3차원적으로 분석하려는 방법이나, 이 역시 방사선 고유의 문제를 갖고 있어 안면 비대칭의 분석에 사용되지 못하고 있는 실정이다. 최근 3차원영상 방법(Ferrario et al, 1994 a, b; Ferrario et al, 1996)이 도입되어 연조직 분석이 가능하고, 기존에 사용되던 정모 두부방사선사진 분석과 동일한 분석방법이 적용되고, 동일대상으로부터 정모 두부방사선사진과 3차원영상의 자료를 획득할 수 있고, 3차원영상의 거리계측에서 계측치의 정확도가 높은(Ferrario et al, 1996)등 여러 장점 때문에 안면비대칭의 분석에 이용되는 시도가 있어 왔다.

본 연구는 Ferrario 등의 3차원영상 방법을 근간으로 자체 개발한 3차원영상 방법을 소개하고, 두 개안면골 모형의 3차원영상에서와 정모 두부방사선사진에서의 계측치를 실제 계측치와 각각 비교하여 안면비대칭 분석 시 3차원영상의 정확성을 알아보고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 두개안면골 모형 제작

인공 두개골 모형(Artificial Human Skull, Femail, Somso, Germany; Catalogue no. QS 7/6)에 그림 1과 같이 정중선 상의 5개 계측점과 좌우대칭이라고 생각되어지는 10쌍의 계측점, 총 25개 부위에 직경 1.2mm인 쇠구슬을 부착하였다.

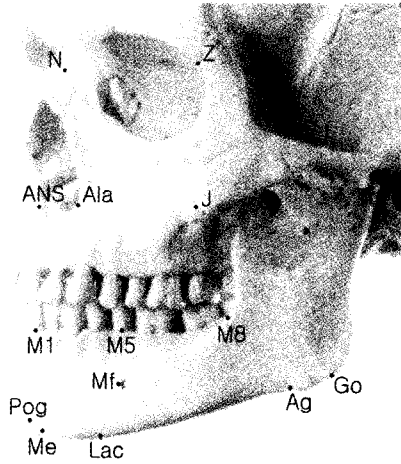


Fig. 1. Anatomic landmarks and abbreviations used in this study.

N	Nasion
ANS	Anterior nasal spine
M1	Mandibular incisor
Pog	Pogonion
Me	Menton
Z	Zygomaticofrontal suture
J	Jugal process
Go	Gonion
Ag	Antegonial notch
Tr	Tragus
Ala	Skeletal nasal ala
M5	Mandibular second premolar
Mf	Mental foramen
Lac	Lateral aspect of chin
M8	Mandibular third molar

2) 3차원영상 촬영장치 제작

피사체를 중심으로 일정한 거리(700mm)를 유지하면서 디지털 카메라(MVC-FD91 Digital Mavica, Sony, Japan)가 수평회전 할 수 있도록 그림 2와 같은 장치를 제작하였다. 장치의 축에는 카메라 높낮이를 조절할 수 있는 미동나사 링을 부착하였으며, 축의 상부에는 카메라 회전 정도를 정확히

표시할 수 있도록 각도를 설치하였다. 축의 최상부에는 십자(十) 형태로 수평 및 수직철사를 부착하여 피사체의 일정부위가 철사의 상단에 위치되게끔 하였으며, 촬영 후 사진에서 확대율 척도로 사용할 수 있도록 수평철사를 일정길이(60mm)로 제작하였다.

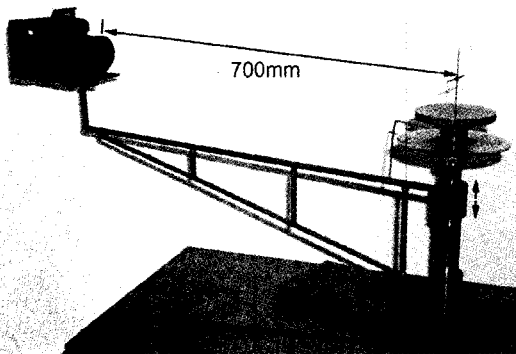


Fig. 2. Three-dimensional morphometric device used in this study.

2. 연구방법

1) 3차원영상 분석 프로그램 제작

두개안면골 모형에 부착된 쇠구슬의 3차원 좌표를 얻기 위하여 Visual Basic 6.0 (Microsoft, U.S.A)으로 프로그램을 작성하였다. 다른 각도에서 촬영된 두 장의 2차원 영상으로부터 동일점에 대한 각각의 x, y 좌표 값을 연립방정식에 대입하여 3차원 좌표 x, y, z 값을 구할 수 있도록 하여 여러 장의 사진으로부터 여러 개의 3차원 좌표 값을 얻을 수 있게 한 후, 이들의 평균값을 최종 좌표 값으로 인식하도록 하였다. 평면영상에서 정확한 좌표 값 입력을 위하여 확대기능을 부여하였고, 마우스 클릭에 의해 자동으로 그 값이 입력되도록 하였으며, 입력된 좌표 값으로부터 필요한 길이와

면적을 계산할 수 있도록 제작하였다. 이 때 2개의 점으로 구성된 길이의 계산은 Caresian coordinate(홍성대, 1989)로, 3점으로 주어지는 삼각형의 면적은 Heron의 공식(홍성대, 1997)을 사용하여 계산할 수 있도록 프로그램을 작성하였다.

프로그램에서 두개안면골 모형에 부착된 쇠구슬의 각 좌표를 3차원영상화하고, x, y, z 방향으로 회전이 가능하도록 하여 화면에 나타나는 영상은 2차원적이지만 3차원 형태의 상황을 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 화면에 나타나는 영상은 확대축소가 가능하며 정사영과 입체투영의 형태로 표현할 수 있도록 하였고, 이를 그림파일로 저장하여 사용할 수 있도록 하였다. 또한 그림에 나타난 계측점을 구별하기 위하여 각 좌표에 부여된 번호를 영상과 함께 나타낼 수 있는 옵션을 주었다.

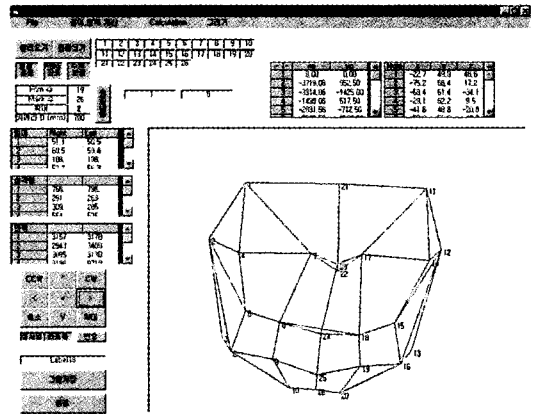


Fig. 3. Three-dimensional morphometric program used in this study.

2) 정모 두부방사선사진 촬영

정모 두부방사선사진 촬영을 위하여 바다에 필름 카세트를 위치시키고, 두개안면골 모형을 방사선 사진용 고정장치에 고정하였다. 고정장치의 좌

조흥규 : 비대칭 분석시 3차원영상의 정확성에 관한 정모 두부방사선사진과의 비교 연구

우 구조물의 끝에 교합기 안공의 ear piece를 부착한 다음, ear piece가 두개안면골 모형의 외이도에 삽입되도록 하였다. 이때 부착된 양쪽 ear piece의 중심이 필름(Konica Medical Film, AX 8"×10")이 들어있는 카세트로부터 150mm 상방에, 방사선원(DXG-550RF, Dong-A, Korea)으로부터 1500mm 거리가 되게끔 위치시켰다. 이 때 수평계를 사용하여 양쪽 ear piece와 필름이 서로 평행이 되도록 하였으며, 80kV, 100mA, 6.67mAs의 조건으로 촬영을 시행하였다. 동일방법으로 1주 간격으로 4회씩 모두 8회 촬영하였다.

3) 3차원영상촬영 및 자료입력

두개안면골 모형은 사진 촬영을 위하여 모형의 상악 중절치 사이에 3차원영상 촬영 장치에 있는 십자 형태의 철사가 접촉되게끔 모형을 위치시켰다. 카메라를 부착하고 viewfinder의 중심에 두개안면골 모형의 전비극(ANS)이 위치되도록 촬영장치의 높낮이 링을 조절하였다. 정면사진을 포함하여 좌우 각각 30°, 60°, 90° 간격으로 카메라를 수평 회전시키면서 6장을 촬영하여 총 7장의 사진을 촬영하였다. 촬영된 사진을 컴퓨터에 전송하여 저장한 다음, 3차원영상 분석 프로그램을 이용하여 각 사진 상에 나타난 25개 구슬위치를 입력하였다. 이 때 사진영상의 십자(+) 형태 철사의 수직선 끝점을 기준 좌표로 하고 모니터 상에 나타난 각 구슬의 위치를 입력하였다. 동일방법으로 1주 간격으로 4회씩 모두 8회 촬영하고 입력하였다.

4) 정모 두부방사선사진 투사도 작성 및 3차원영상 분석

두개안면골 모형을 촬영한 정모 두부방사선사진

위에 0.003 inch 두께의 아세테이트 투사지(Rocky Mountain Orthodontic, U.S.A)를 부착하여 투사도를 작성하였다. 이 때 투사도는 쇄구슬을 연결하는 방식으로 작성하였다. 투사도 상에서 그림 4와 같이 N-Z, ANS-J, Z-Tr, Tr-Go, Tr-N, Tr-ANS, Tr-J, Tr-Me, Go-N, Go-ANS, Go-Me 등 총 11개의 계측 항목을 설정하였다.

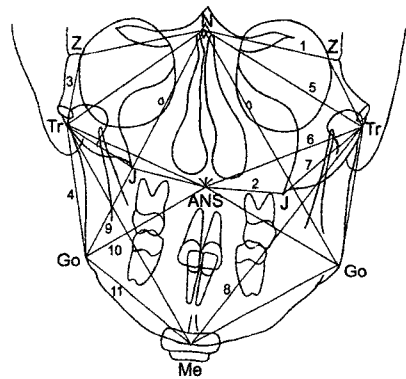


Fig. 4. P-A cephalometric tracing and measurements used in this study.

N	Nasion
ANS	Anterior nasal spine
Me	Menton
Z	Zygomaticofrontal suture
Tr	Tragus
J	Jugal process
Go	Gonion
1. N-Z, (Lt/Rt) 2. N-Z, (Lt/Rt)	
3. ANS-J, (Lt/Rt) 4. Z-Tr, (Lt/Rt)	
5. Tr-Go, (Lt/Rt) Tr-N, (Lt/Rt)	
6. Tr-ANS, (Lt/Rt) 7. Tr-J, (Lt/Rt)	
8. Tr-Me, (Lt/Rt) 9. Go-N, (Lt/Rt)	
10. Go-ANS, (Lt/Rt)	
11. Go-Me, (Lt/Rt)	

계측은 버어니어 캘리퍼를 사용하여 0.05mm 단위로 계측하였고, 우측에서 좌측 값을 감한 차이

를 각 항목별 비대칭지수로 설정하고, 이를 실제 비교에 이용하였다.

두개안면골 모형의 3차원영상에서는 기준좌표를 pronasale (Pn)로 한 후, 그림 5와 같이 정모 두부 방사선사진에서 설정된 계측항목 비대칭지수와 대응될 수 있도록 N-Z, ANS-J, Z-Tr, Tr-Go, Tr-N, Tr-ANS, Tr-J, Tr-Me, Go-N, Go-ANS, Go-Me 등 총 11개의 계측항목을 설정하였다.

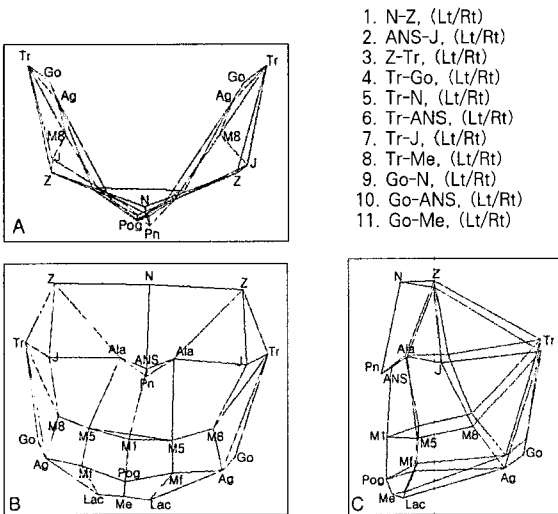


Fig. 5. Three-dimensional morphometry and measurements used in this study.
 A, over view; B, frontal view; C, lateral view.

입력자료로부터 프로그램에서 3차원계산명령 클릭을 시행하여 구슬의 3차원 좌표 값을 화면에 나타나게 하고, 계산명령 클릭을 시행하여 각 계측항목 값을 산출하였다.

5) 두개안면골의 실제 계측

두개안면골의 N-Z, ANS-J, Z-Tr, Tr-Go, Tr-N, Tr-ANS, Tr-J, Tr-Me, Go-N, Go-ANS, Go-Me 등 총 11개의 계측항목을 버어니어 캘리퍼를 사용하여

0.05mm 단위로 계측하였고, 3인이 교대로 측정을 하여 모두 8회를 시행하였다.

6) 통계처리 및 자료분석

실제 계측, 정모 두부방사선사진상의 계측, 3차원영상의 계측들의 모두에서 11개 항목과 각각의 비대칭지수의 값에 대하여 SPSS 7.5 통계프로그램을 사용하여 평균과 표준편차를 구했고, 실제 계측치와 3차원영상 계측치 간 및 실제 계측치와 정모 두부방사선사진상의 계측치 간의 대응표본검정을 시행하였다.

III. 연구성적

1. 실제 두개안면골 모형의 계측치에 대한 3차원영상과 정모 두부방사선사진 계측치의 비교

3차원영상의 Anterior nasal spine-Jugal process 거리를 제외한 모든 계측항목에서 실제 두개안면골 모형 계측치에 비해 축소경향을 나타냈다. 3차원영상의 계측항목의 평균 계측치는 79.85 ± 0.25 mm이였으며, 실제 두개안면골 모형의 평균 계측치는 81.93 ± 0.32 mm이였고, 3차원영상과 실제 두개안면골 모형 계측치의 평균오차는 -1.99 ± 0.37 mm를 나타냈다(Table. 1). 정모 두부방사선사진의 경우에서도 3차원영상과 같이 Anterior nasal spine-Jugal process 거리를 제외한 모든 계측항목에서 실제 두개안면골 모형 계측치에 비해 축소경향을 나타냈다. 정모 두부방사선사진의 계측항목의 평균 계측치는 60.81 ± 0.81 mm이였으며, 실제 두개안면골 모형의 평균 계측치는 81.93 ± 0.32 mm이였고, 3차원영상과 실제 두개안면골 모형 계측치의 평균오차는

Table 1. Comparison between three-dimensional morphometry and actual artificial skull in linear measurements (n=8)

Liner measurements(mm)		3D	Actual skull	Difference
		morphometry		(3D-Actual)
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Nasion	Right	50.25 ± 0.18	50.73 ± 0.49	-0.48 ± 0.62
-Zygomaticofrontal suture	Left	49.87 ± 0.18	50.08 ± 0.50	-0.20 ± 0.56
Anterior nasal spine	Right	59.69 ± 0.22	57.30 ± 0.28	2.39 ± 0.25
-Jugal process	Left	57.97 ± 0.26	56.61 ± 0.55	1.35 ± 0.50
Zygomaticofrontal suture	Right	60.07 ± 0.36	65.94 ± 0.33	-3.87 ± 0.36
-Tragus	Left	63.40 ± 0.39	67.15 ± 0.16	-3.75 ± 0.34
Tragus	Right	52.07 ± 0.07	56.01 ± 0.27	-3.94 ± 0.27
-Gonion	Left	52.34 ± 0.21	56.08 ± 0.34	-3.75 ± 0.49
Tragus	Right	97.41 ± 0.23	99.58 ± 0.26	-2.18 ± 0.40
-Nasion	Left	97.65 ± 0.31	99.66 ± 0.26	-2.00 ± 0.43
Tragus	Right	96.72 ± 0.15	98.98 ± 0.13	-2.25 ± 0.20
-Anterior nasal spine	Left	96.69 ± 0.23	98.34 ± 0.23	-1.65 ± 0.24
Tragus	Right	48.52 ± 0.24	51.66 ± 0.36	-3.15 ± 0.43
-Jugal process	Left	52.06 ± 0.20	55.08 ± 0.35	-3.01 ± 0.43
Tragus	Right	119.10 ± 0.32	120.41 ± 0.25	-1.31 ± 0.42
-Menton	Left	119.14 ± 0.29	120.51 ± 0.43	-1.37 ± 0.50
Gonion	Right	113.83 ± 0.26	118.36 ± 0.29	-4.53 ± 0.47
-Nasion	Left	114.51 ± 0.36	118.48 ± 0.43	-3.97 ± 0.46
Gonion	Right	92.54 ± 0.20	95.30 ± 0.35	-2.76 ± 0.33
-Anterior nasal spine	Left	93.10 ± 0.25	95.69 ± 0.23	-2.59 ± 0.30
Gonion	Right	84.75 ± 0.27	84.93 ± 0.27	-0.18 ± 0.21
-Menton	Left	85.11 ± 0.22	85.61 ± 0.24	-0.50 ± 0.29
Total		79.85 ± 0.25	81.93 ± 0.32	-1.99 ± 0.37

Table 2. Comparison between PA cephalometry and actual artificial skull in linear measurements (n=8)

Liner measurements(mm)		PA	Actual skull	Difference
		cephalometry		(PA-Actual)
		Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Nasion	Right	50.36 ± 0.30	50.73 ± 0.49	-0.38 ± 0.54
-Zygomaticofrontal suture	Left	48.84 ± 0.13	50.08 ± 0.50	-1.23 ± 0.50
Anterior nasal spine	Right	52.46 ± 0.11	57.30 ± 0.28	-4.84 ± 0.36
-Jugal process	Left	51.48 ± 0.10	56.61 ± 0.55	-5.13 ± 0.61
Zygomaticofrontal suture	Right	37.79 ± 0.16	65.94 ± 0.33	-28.14 ± 0.31
-Tragus	Left	37.26 ± 0.73	67.15 ± 0.16	-29.89 ± 0.82
Tragus	Right	58.71 ± 0.31	56.01 ± 0.27	2.70 ± 0.38
-Gonion	Left	59.81 ± 0.65	56.08 ± 0.34	3.73 ± 0.73
Tragus	Right	73.22 ± 0.12	99.58 ± 0.26	-26.36 ± 0.28
-Nasion	Left	68.09 ± 0.38	99.66 ± 0.26	-31.56 ± 0.41
Tragus	Right	65.34 ± 0.12	98.98 ± 0.13	-33.64 ± 0.12
-Anterior nasal spine	Left	58.97 ± 0.41	98.34 ± 0.23	-39.38 ± 0.48
Tragus	Right	14.19 ± 0.17	51.66 ± 0.36	-37.47 ± 0.27
-Jugal process	Left	9.84 ± 0.31	55.08 ± 0.35	-45.24 ± 0.52
Tragus	Right	97.40 ± 0.26	120.41 ± 0.25	-23.01 ± 0.34
-Menton	Left	93.94 ± 0.48	120.51 ± 0.43	-26.56 ± 0.56
Gonion	Right	107.47 ± 0.30	118.36 ± 0.29	-10.89 ± 0.46
-Nasion	Left	104.59 ± 0.24	118.48 ± 0.43	-13.89 ± 0.43
Gonion	Right	73.59 ± 0.25	95.30 ± 0.35	-21.71 ± 0.31
-Anterior nasal spine	Left	68.51 ± 0.13	95.69 ± 0.23	-27.18 ± 0.18
Gonion	Right	56.33 ± 0.57	84.93 ± 0.27	-28.61 ± 0.66
-Menton	Left	49.65 ± 0.40	85.61 ± 0.24	-35.96 ± 0.57
Total		60.81 ± 0.30	81.93 ± 0.32	-21.12 ± 0.45

-21.12 ± 0.45mm를 나타냈다 (Table. 2).

2. 실제 두개안면골 모형의 비대칭지수에 대한 3차원영상과 정모 두부방사선사진 비대칭지수의 비교

3차원영상의 N-Z, ANS-J, Tr-ANS 거리항목에서 우측이 좌측보다 큰 수치를 보였지만 나머지 항목에서는 우측이 좌측보다 작은 수치를 보여서 전체 적으로 안면우측 반구가 좌측 반구보다 크게 나타났다. 실제 두개안면골 모형 계측에서도 같은 경향을 보였다. 3차원영상의 계측항목의 평균 비대

칭지수는 -0.45 ± 0.23이었으며, 실제 두개안면골 모형의 평균 비대칭지수는 -0.37 ± 0.40이었고, 3차원 영상과 실제 두개안면골 모형 비대칭지수의 평균 오차는 -0.07 ± 0.42를 나타냈다. 3차원영상의 비대칭지수와 실제 두개안면골 모형 비대칭지수간의 대응표본검정 결과 ANS-J, Tr-ANS 항목에서 매우 유의한 결과를 보였고 (p<0.001), Go-N, Go-Me 항목에서 유의한 결과를 보였다 (p<0.05) (Table. 3).

정모 두부방사선사진의 경우에는 Tr-Go 거리항목을 제외한 모든 항목에서 우측이 좌측보다 크게 나타났으며, N-Z, ANS-J, Tr-Go, Tr-ANS를 제

Table 3. Comparison between three-dimensional morphometry and actual artificial skull in asymmetry index (n=8)

Asymmetry index	3D	Actual skull	Difference (3D-Actual)
	morphometry		
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Nasion	0.38 ± 0.18	0.66 ± 0.42	-0.28 ± 0.38
-Zygomaticofrontal suture			
Anterior nasal spine	1.73 ± 0.22	0.69 ± 0.46	1.04±0.37***
-Jugal process			
Zygomaticofrontal suture	-1.33 ± 0.27	-1.21 ± 0.37	-0.12 ± 0.27
-Tragus			
Tragus-Gonion	-0.27 ± 0.24	-0.08 ± 0.30	-0.19 ± 0.36
Tragus-Nasion	-0.25 ± 0.19	-0.08 ± 0.32	-0.17 ± 0.45
Tragus			
-Anterior nasal spine	0.03 ± 0.25	0.63 ± 0.24	-0.60±0.32***
Tragus-Jugal process	-3.55 ± 0.25	-3.41 ± 0.61	-0.13 ± 0.56
Tragus-Menton	-0.04 ± 0.26	-0.10 ± 0.52	0.06 ± 0.60
Gonion-Nasion	-0.69 ± 0.29	-0.12 ± 0.50	-0.56 ± 0.64*
Gonion			
-Anterior nasal spine	-0.56 ± 0.21	-0.39 ± 0.28	-0.17 ± 0.32
Gonion-Menton	-0.36 ± 0.16	-0.68 ± 0.39	0.33 ± 0.36*
Total	-0.45 ± 0.23	-0.37 ± 0.40	-0.07 ± 0.42

* $p<0.05$. *** $p<0.001$.

외한 모든 항목에서 실제 두개안면골 모형 계측항목과 비교 시 좌 우측의 대소가 반대의 경향을 나타냈다. 정모 두부방사선사진의 계측항목의 평균 비대칭지수는 3.26 ± 0.41 이였으며, 정모 두부방사선사진과 실제 두개안면골 모형 계측치의 평균 비대칭지수 오차는 3.63 ± 0.60 을 나타냈다. 정모 두부방사선사진의 비대칭지수와 실제 두개안면골 모형 비대칭지수간의 대응표본검정 결과 ANS-J 항목에서는 유의함을 보이지 않았고, N-Z 항목에서는 유의한 결과를 보였으며 ($p<0.05$), 이 외 모든 항목에서 매우 유의한 결과를 보였다 ($p<0.001$) (Table. 4).

Table 4. Comparison between PA cephalometry and actual artificial skull in asymmetry index (n=8)

Asymmetry index	PA	Actual skull	Difference (PA-Actual)
	cephalometry		
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Nasion	1.51 ± 0.30	0.66 ± 0.42	0.86 ± 0.62**
-Zygomaticofrontal suture			
Anterior nasal spine	0.98 ± 0.13	0.69 ± 0.36	0.29 ± 0.43
-Jugal process			
Zygomaticofrontal suture	0.53 ± 0.77	-1.21 ± 0.37	1.74±0.82***
-Tragus			
Tragus-Gonion	-1.11 ± 0.43	-0.08 ± 0.30	-1.03±0.47***
Tragus-Nasion	5.13 ± 0.31	-0.08 ± 0.32	5.20±0.34***
Tragus			
-Anterior nasal spine	6.37 ± 0.45	0.63 ± 0.24	5.74±0.54***
Tragus-Jugal process	4.36 ± 0.28	-3.41 ± 0.61	7.77±0.68***
Tragus-Menton	3.46 ± 0.61	-0.10 ± 0.52	3.56±0.64***
Gonion-Nasion	2.88 ± 0.14	-0.12 ± 0.50	3.00±0.60***
Gonion			
-Anterior nasal spine	5.08 ± 0.19	-0.39 ± 0.28	5.47±0.29***
Gonion-Menton	6.68 ± 0.90	-0.68 ± 0.39	7.36±1.15***
Total	3.26 ± 0.41	-0.37 ± 0.40	3.63 ± 0.60

** $p<0.01$. *** $p<0.001$.

IV. 총괄 및 고찰

교정 임상에서 비대칭 분석 시 널리 사용되어지고 있는 기존의 정모 두부방사선사진은 대상물이 좌우대칭이라는 가정 하에 분석을 시행하게 되므로 방사선원과 대상물, 필름사이의 거리에 따라 각각의 확대율이 달라지므로 좌우 구조물의 길이 차이가 상쇄되거나 더 강조될 수 있다(Vogel, 1967; Baumrind & Freantz, 1971). 때로는 비대칭이 현저히 나타남에도 불구하고 정모 두부방사선사진에서 발육이상부위를 정확히 파악하지 못 할 경우

가 있으며, 시술자가 느끼는 비대칭의 정도 및 부위가 정모 두부방사선사진 분석결과와 일치하지 않아서 진단 및 치료계획 수립 시, 치료 후 평가 시 혼란을 야기하기도 한다. 따라서 3차원적인 구조물을 3차원적으로 분석, 진단하려는 노력들은 여러 영역에서 꾸준히 계속되어져 왔고, 최근 측모 두부방사선과 정모 두부방사선사진을 합성하여 3차원적으로 분석하려 3D-cephalo-metrics 방법과 3차원영상 방법이 활발히 연구되어 지고 있다.

이에 3D-cephalometrics 방법보다 여러 장점을 지닌 3차원영상 방법의 임상적용 가능성을 알아보기 위해 기존의 정모 두부방사선사진과 비교하여 3차원영상의 정확도를 측정하고자 본 연구를 수행하였다.

3차원영상 좌표를 얻는 방법은 여러 가지 가능하겠지만 본 연구에서는 digital camera에 의한 여러 개의 2차원영상으로부터 3차원영상 좌표를 얻는 방법으로 시행하였다. 따라서 3차원영상의 자료를 획득하기 위하여 필수적으로 2차원영상 촬영이 필요하게 되었다. 촬영된 2차원영상의 외곽부위는 카메라가 피사체에 근접할수록 실제보다 둥글게 나타날 것이다. Ferrario 등(Ferrario et al., 1994; Ferrario et al., 1995; Ferrario et al., 1996)은 CCTV와 피사체간의 거리를 2100mm, Ras 등(Ras et al., 1995)은 카메라와 피사체간의 거리를 1000mm로 고정하여 시행한 바 있다. 본 연구에서는 디지털 카메라와 피사체간의 거리를 700mm로 고정하였고, 예비실험 결과 실측치에 대한 3차원영상의 좌우 계측치 확대율 차이가 $0.59 \pm 0.78\%$ 이하를 나타냄으로써 본 연구의 결과에 큰 영향을 미치지 않았을 것으로 생각된다.

현재 사용되어지고 있는 정모 두부방사선사진 촬영장치는 머리의 상하회전이 쉽게 이루어질 수

있으나 좌우회전은 일어나지 않도록 설계되어 있다. Ishiguro 등(Ishiguro et al., 1976)은 정모 두부방사선사진의 거리계측 중 폭은 머리자세에 의해 영향을 받지 않았음을 규명한 바 있다. 그러나 잘못된 정중선의 설정과 양쪽 바깥귀 길의 위치상의 조그만 차이로 머리의 회전을 일으킨다면 계측 사진 상에서는 비대칭으로 나타나게 된다. 본 연구에서도 실제 비대칭의 정도와 정모 두부방사선사진의 비대칭은 반대로 나오는 결과를 보여주기도 하였다. 이에 반하여 3차원영상은 실제 비대칭과 크기는 차이가 있었지만 반대의 경우는 발생되지 않아 대상물의 위치자세에 의하여 큰 영향을 받지 않았음을 증명하고 있다고 생각되어진다.

3차원영상의 거리 계측은 실제 계측에서 보다 대부분 축소의 양상을 보였다. 이는 3차원영상자료 입력 시 x, y, z의 기준점을 가상의 pronasale (Pn)로 설정하고, 코 끝 부위에 위치한 사진영상의 십자(+) 형태 철사의 수직선 끝점을 기준 길이로 보정하여 계산하였기 때문에 실제 계측점은 디지털 카메라와 거리가 700mm보다 더 멀리 위치해 실제보다 축소되어 나타났다고 생각한다.

3차원영상과 정모 두부방사선사진과의 비대칭을 실제에 비교하여 연구한 본 연구는 인체가 아닌 두개안면골 모형을 사용하였다. 모형에서는 계측점을 동일한 부위로 설정하여 연구할 수 있었으나 인체에서는 정모 두부방사선사진에서는 골격구조의 계측점을 나타낼 것에 반하여 3차원영상에서는 안면 연조직의 계측점을 계측해야하는 동일 계측점에 대한 한계를 보여 줄 것이다. 따라서 모형에서 3차원영상의 정확성이 정모 두부방사선사진보다 더 높다는 연구의 결과를 차후 인체를 대상으로 한 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 거리계측만 비교된 바 차후 계측점으로

이루어지는 각도와 면적의 비교 연구도 필요할 것으로 생각된다.

이상의 결과는 비대칭 분석 시 3차원영상이 정모 두부방사선사진보다 더 정확함을 시사하고 있다.

V. 결 론

참고문헌

본 연구는 최근에 개발된 3차원영상 방법을 소개하고, 비대칭 분석 시 정모 두부방사선사진과 비교하여 3차원영상의 정확성을 규명하고자 시행하였다. 이를 위해 3차원영상 프로그램을 개발하여 두개안면골 모형의 3차원영상을 형성한 다음, 11개 거리계측항목과 계측항목 좌우차이를 비대칭 지수로 설정하여 3차원영상의 계측치, 비대칭지수를 실제 및 정모 두부방사선사진에서의 계측치, 비대칭지수와 각각 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3차원영상의 계측치 평균오차는 $1.99 \pm 0.37\text{mm}$, 정모 두부방사선사진에서는 $21.12 \pm 0.45\text{mm}$ 이었으며, 양쪽 모두에서 실제 계측치보다 축소되어 나타났다.
2. 3차원영상의 비대칭지수 평균오차는 0.07 ± 0.42 , 정모 두부방사선사진에서는 3.63 ± 0.60 이었으며, 3차원영상의 경우에는 실제 비대칭지수보다 축소되어 나타낸 반면 정모 두부방사선사진에서는 실제 비대칭지수보다 확대되어 나타났다.
3. 3차원영상에서 11개 모든 계측항목의 비대칭지수는 실제 비대칭지수와 동일한 음 양 부호를 나타낸 반면, 정모 두부방사선사진에서는 계측항목 중 N-Z, ANS-J, Tr-Go, Tr-ANS의 비대칭지수만 실제 비대칭지수와 동일한 음 양의 부호를 나타냈다.

홍성대. 기본 수학II의 정석, 성지사, p. 196, 1989.
 홍성대. 기본 공통수학의 정석. 성지사, p. 525, 1997.
 Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on cephalometric length measurements. Eur J Orthod, 8, 141-8, 1986.
 Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projection errors on angular measurements in cephalometry. Eur J Orthod, 10, 353-61, 1988.
 Alavi DG, BeGole EA, Schneider BJ. Facial and dental arch asymmetries in Class II subdivision malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 93, 38-46, 1988.
 Arnold TG, Anderson GC, and Lilyemark WF. Cephalometric norm for craniofacial asymmetry using submental-vertical radiographs. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 106, 250-6, 1994.
 Baumrind S, Frantz R. The reliability head film measurements. 2. Conventional angular and linear measures. Am J Othod, 60, 505-517, 1971.
 Baumrid S, Moffitt FH, Curry S. Three-dimensional x-ray stereometry from paired coplanar images : A progress report. Am J Orthod, 84, 292-312, 1983.
 Baumrid S, Moffitt FH, Curry S. The geometry of three-dimensional measurements from paired coplanar x-ray images. Am J Orthod, 84, 313-22, 1983.

조흥규 : 비대칭 분석시 3차원영상의 정확성에 관한 정모 두부방사선사진과의 비교 연구

- Bishara SE, Burkey PS, Kharouf JG. Dental and facial asymmetries : a review. *Angle Orthod*, 64, 89-98, 1994. .
- Bishara SE, Jorgensen GL, Jakobsen JR. Change in facial dimension assessed from lateral and frontal photographs. *Patr I-Methodology. Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 108, 389-93, 1995.
- Bookstein FL, Grayson B, Cutting CB , Kim H-C, MacCarthy JG. Landmarks in three dimension : Reconstruction from cephalograms versus direct observation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 100, 133-40, 1991.
- Brawn T, Abbott AH. Computer-assisted location of reference points in three-dimensions for radiographic cephalometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 95, 490-8, 1889.
- Broadbent B. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod*, 1, 45-66, 1931.
- Coombes AM, Moss JP, Linney AD, Richard R, James DR. A mathematical method for the comparison of three-dimensional changes in the facial surface. *Eur J Orthod*, 13, 95-110, 1991.
- Epker BN, Fish LC. *Dentofacial Deformities : Integrated orthodontic and surgical correction*, Vol. 1,2, C.V. Mosby Co. 1986.
- Farkas LG, Cheung G. Facial asymmetry in healthy North American Caucasians. An anthropometrical study. *Angle Orthod*, 51, 70-7, 1981.
- Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Tartaglia G. Distace from symmetry : A three-dimensional evaluation of facial symmetry. *J Oral Maxillofac Surg*, 52, 1126-32, 1994.
- Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Puleto S, Bignotto M, Tartaglia G. Comparison of soft tissue facial morphometry in children with Class I and Class II occlusion. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, 9, 187-94, 1994.
- Ferrario VF, Sforza C, Miami A Jr, Serrao G. A three-dimensional evaluation of human facial asymmetry. *J Anat*, 186, 103-10, 1995.
- Ferrario VF, Sforza C, Puleo A, Poggio CE, Schmitz J. Three-dimensional facial morphometry and conventional cephalometrics : a correlation study. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, 11, 329-38, 1996.
- Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Serrao G. Facial three-dimensional morphometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 109, 86-93, 1996.
- Forsberg CT, Burstone CJ, Hanley KJ. Diagnosis and treatment planning of skeletal asymmetry with a submental-vertical radiograph. *Am J Orthod*, 85, 224-37, 1984.
- Grayson B, Cutting C, Bookstein FL, Kim H, MacCarthy JG. The three-dimensional cephalogram : Theory, technique, and clinical application. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 94, 327-37, 1988.
- Hewitt AB. A radigraphic study of facial asymmetry. *Br J Orthod*, 2, 37-40, 1975.
- Ishiguro K, Krogman WM, Mazaheri M, Harding RL. A longitudinal study of morphological craniofacial patterns via P-A x-ray headfilms in cleft patients from birth to six years of age. *Cleft Palate J*, 13, 104-26, 1976.

- Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T. Three-dimensional analysis of facial morphology using moire' stripes. Part I. Method, *Int J Oral Maxillofac Surg*, 19, 356-8, 1990.
- Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T. Three-dimensional analysis of facial morphology using moire' stripes. Part II. Analysis of normal adults. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 19, 359-62, 1990.
- Letzer GM, Kronman JH. A posteroanterior cephalometric evaluation of cranio-facial asymmetry. *Angle Orthod*, 37, 205-11, 1967.
- Moss JP, Linney AD, Grindrod SR, Arridge SR, Clifton JS. Three-dimensional visualization of face and skull using computerized tomography and laser scanning technique. *Eur J Orthod*, 9, 247-53, 1987.
- Motoyoshi M, Namura S, Arai HY. A three-dimensional measuring system for the human face using three-directional photography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 101, 431-440, 1992.
- Mulick JF. Clinical use of the frontal head film. *Angle Orthod*, 35, 299-304, 1965.
- Peck H, Peck S. A concept of facial esthetics. *Angle Orthod*, 40, 284-318, 1970.
- Ras F, Habets LL, van Ginkel FC, Prahl-Anderson B. Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry. *Angle Orthod*, 65, 233-9, 1995.
- Ritucci R, Burstone CJ. Use of the submental vertical radiograph in the assessment of asymmetry. Thesis submitted in the partial fulfillment of the requirements for certificate in orthodontics. Farmington : University of Connecticut, 1981.
- Shah SM, Joshi MR. An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex. *Angle Orthod*, 48, 141-8, 1978.
- Stabrun AE. Mandibular morphology and position in juvenile rheumatoid arthritis. A study on posteroanterior radiographs. *Eur J Orthod*, 7, 288-98, 1985.
- Trocme' M, Sather H, An K. A biplanar cephalometric stereoradiography technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 98, 168 -75, 1990.
- Vazque F, Grostic JD, Fonder AC. Eccentricity of the skull. Correlation with malocclusion. *Angle Orthod*, 52, 144-58, 1982.
- Vogel C. Correction of frontal dimensions from head x-ray. *Angle Orthod*, 37, 1-8, 1967.
- Winiarska-Majczyno M, Michalski W. Usefulness of photogrammetric methods in the diagnosis of facial asymmetry. *Czas Stomatol*, 35, 133-9, 1982.