

3차원 레이저 스캐너를 이용한 한국 성인 정상교합자의 안면 연조직에 대한 연구

백형선^a·전재민^b·이화진^b

치과교정영역에서 컴퓨터기술의 발달로 안면 경조직 및 연조직의 3차원적인 분석이 가능해졌으며 이에 따라 교정환자의 진단과 치료계획 및 치료 후에 연조직의 3차원적인 평가가 가능하게 되었다. 그러나 안면 연조직의 3차원적 분석을 위한 표준화된 기준이 없고 임상적용이 가능한 진단 프로그램은 아직 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 3차원 진단 시 유용한 안면 연조직 계측점들의 3차원 계측치(X, Y, Z)를 제시하고, 이를 이용하여 설정된 길이, 각도 및 비율의 정상치를 제시하고자 한다. 3차원 촬영 기구로 비접촉식 3차원 레이저 스캐너를 이용하였으며, 한국 성인 정상교합자 남녀 각각 30명(남자평균 20.1세, 여자평균 21.7세)을 연구대상으로 하였다. Rapidform 2004 프로그램(Inus Technology Inc., Seoul, Korea)으로 3차원 영상을 만든 후 3차원 입체영상에 soft tissue nasion을 원점으로 하는 좌표계(X축-좌우, Y축-상하, Z축-전후)를 설정하고, 29개의 계측점을 지정한 후 거리계측 45개 항목, 각도 8개 항목, 거리비율 29개 항목을 분석하였다. 각각의 계측점의 3차원 좌표(X, Y, Z)를 구하였으며 이를 바탕으로 각각의 계측항목을 계산하여 표준화하였다. 특히, 각도항목에서 transverse upper lip prominence (Ch(Rt)-ULPm-Ch(Lt))는 남자 107°, 여자 106°였고, transverse mandibular prominence (Go'(Rt)-Pog'-Go'(Lt))는 남녀 모두 76°였다. Naso frontal angle (G-N'-Pn)은 남자 142°, 여자 147°, transverse nasal prominence (Zy(Rt)-Pn-Zy(Lt))는 남자 112°, 여자 116°로 남녀 간에 통계학적으로 유의차가 있었다 ($p < 0.05$). 하안면고경 하방 2/3 (Li-Me')와 하악체길이(Go'-Me'), 입술고경(ULPm-Li)과 폭경(Ch(Rt)-Ch(Lt))의 비율은 각각 2/5로 나타났다. 관상기준평면에서 안면의 윤곽을 나타내는 계측점인 FT, Zy, Pn, ULPm, Li, Me'까지의 거리의 비는 -1/-1/1/0.5/0.5/-0.6였다. 또한 얻어진 자료를 이용하여 한국 성인 정상교합자의 3차원 안면 모델을 제작하였으며 이는 교정진단 또는 치료결과 비교 시 template로 활용될 수 있으리라 사료된다.

(주요 단어: 3차원 레이저 스캐너, 3차원 좌표계, 비율, 3차원 안면 모델)

서 론

교정치료나 악교정 수술 전후의 결과 평가에서 안면 연조직의 3차원적인 분석은 매우 중요하다. 기존의 2차원적인 진단법의 한계를 벗어나고자 하는 노력은 두부방사선 계측사진을 소개한 Broadbent¹ 때부터 있었지만, 당시의 기술로는 2차원적인 방사선 사진의 조합으로 두개 악안면의 형태를 3차원적으로 이해하여야 했기 때문에 3차원적인 진단에 제약이 있었다.

^a 교수, ^b 대학원생, 연세대학교 치과대학 교정학교실.

교신저자: 백형선

서울시 서대문구 신촌동 134

연세의료원 치과병원 교정과 / 02-2228-8774

baik@yumc.yonsei.ac.kr

원고접수일: 2005년 6월 22일 / 원고최종수정일: 2005년 9월 16일

/ 원고채택일: 2005년 9월 18일

*본 논문은 2004 대한치과교정학회 연구비와 2003년 연세대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음

그 이후에도 Baumrind 등²과 Grayson 등³은 서로 다른 각도에서 촬영한 방사선 사진을 이용하여 3차원 영상을 얻고자 하였다. 그러나 이들 모두는 연조직보다는 경조직에 초점이 맞추어져 있었으며, 진정한 3차원 영상은 아니었다. 최근 산업 공학계의 컴퓨터 기술 및 이미지 채득(capturing) 기술의 발달은 안면 연조직의 3차원적 이미지 채득을 가능하게 하였으며, 이후 안면 연조직을 3차원적으로 분석하고자 하는 연구들이 보고되었다. Ferrario 등⁴은 CCD 카메라 이미지를 통해 얻은 안면 연조직을 3차원 전산화 mesh diagram을 이용하여 분석하고자 하였으며, Arnett 등⁵은 soft tissue cephalometric analysis (STCA)를 소개하여 교정 진단 및 치료 계획에 이용할 수 있도록 하였다. 또한 한⁶은 3차원 CT (computed tomography) 영상을 이용한 안면 연조직 분석을 소개하였으며, 이⁷는 3차원 레이저를 이용한 안면 연조직 분석을 위한 계측점을 제안한 바 있다. 이외에도 여러 가지 3차원 진단 기구에 대한 임상적용의 타당성을 검증하는 보고들이 있다.⁸⁻¹¹ 이러한 3차원 이미지는 기존의 2차원 사진과 다르게, 길이 및 각도, 형태의 왜곡이 거의 없고, 구조물간의 중첩이 없으며, 따라서 악안면 기형 환자나 안면비대칭 환자의 정확한 3차원적인 분석을 가능하게 한다. 그러나 현재 국내외적으로 안면 연조직의 3차원적 분석을 위한 표준화된 기준이 없고 임상적용이 가능한 진단 프로그램도 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 3차원 진단 기구 중 인체에 무해하며, 비교적 간단히 촬영이 가능한 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 한국 성인 정상교합자의 안면 연조직을 스캔 촬영한 후 1) 안면 연조직에 유용한 계측점을 지정하여 평균치를 남녀 각각 제시하고 2) 지정된 계측점을 이용하여 유용한 계측점간의 거리를 구하고 3) 설정된 각도 및 비울항목의 평균치를 제시하고 남녀 간의 차이를 비교하였다.

연구대상 및 방법

연구대상

연세대학교 치과대학 학생 중에서 전방 돌출이 심하지 않으며 안모의 비대칭이 관찰되지 않는 비교적 양호한 안모를 보이는 학생을 선별한 후, 이 중 Angle 씨 I급 구치 및 견치 관계를 보이며 정상 수평 및 수직피개를 갖는 남자 30명(평균 20.1세), 여자 30명(평균 21.7세)을 연구대상으로 하였다.

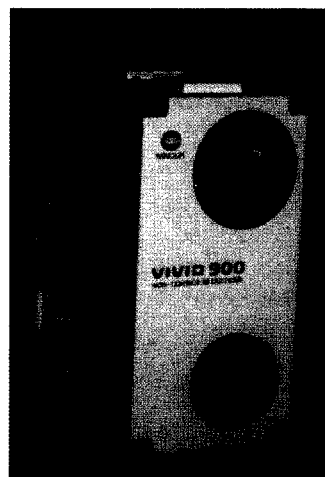


Fig 1. Vivid 900 (Minolta, Tokyo, Japan) laser scanner.

연구방법

촬영 방법

측모 두부방사선 계측사진은 Cranex 3+ Ceph 촬영 기계(Soredex, Helsinki, Finland)를 이용하여 통법에 의해 촬영하였다.

3차원 레이저 스캔은 Vivid 900 (Minolta, Tokyo, Japan) 레이저 스캐너를 이용하여 촬영하였다 (Fig 1). 스캔 촬영 당일 날 피실험자들은 길은 화장은 피하도록 하였고, 안경은 촬영 두 시간 전에 벗도록 하였다.

3차원 레이저 스캔 촬영 전에 정상교합자를 촬영장 내에서 가벼운 도보를 하게 한 후 거울을 정면에서 보도록 하여 자연스러운 두부 위치(natural head position, NHP)를 정한 후 알코올 수준기를 이용하여 그 위치를 기록하였다 (Fig 2). 교정치료 전후 결과를 비교할 때 일정한 두부 자세를 유지하여 촬영하는 것이 중요하며 이를 위해 두부 자세 중 재현성이 높은 NHP으로 촬영하였다.¹² 촬영 도중 자세를 바꾸게 되는데, 이 때 자세의 유지를 위해 두 개의 알코올 수준기를 사용하였다 (Fig 2). 촬영 범위는 안면부로 한정하였으며, 2개의 알코올 수준기를 부착하기 위해 두부에 플라스틱 헤어밴드를 하였다. 정수리 부위의 수준기는 좌우의 기울기를, 측두골 부위의 수준기는 전후방 기울기를 각각 기록하였다. 한 번에 전체 안면을 스캔 촬영할 수 없으므로 정면과 오른쪽, 왼쪽 45° 측방을 각각 스캔 촬영을 하였으며, 아래턱 끝 하방이 잘 나오지 않은 경우 45° 하방 촬영을 추가로 하였다.

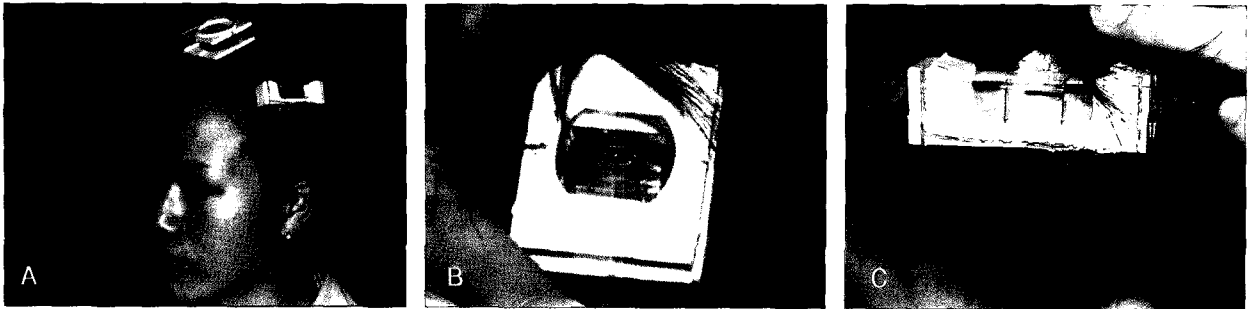


Fig 2. Spirit level. A, Two spirit levels are attached to the plastic hair band for recording patient posture; B, superior spirit level for confirming right/left tilting; C, lateral spirit level for confirming sagittal tilting.

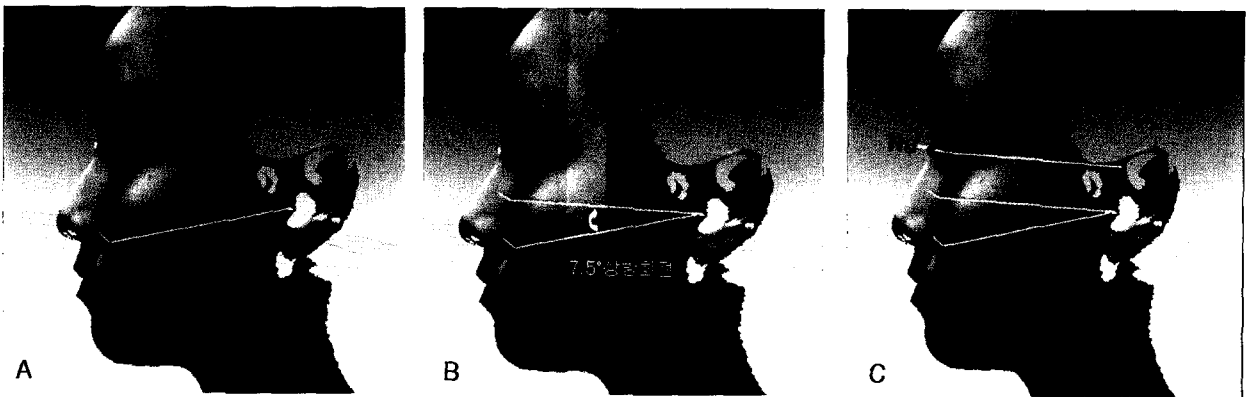


Fig 3. A, Camper's plane; B, establishment of true horizontal plane: rotation of Camper's plane; C, axial reference plane: passing through soft tissue nasion, parallel to the established true horizontal.

안면부 연조직의 3차원 영상 재구성

촬영된 각각의 3차원 레이저 영상은 Rapidform 2004 (Inus Technology Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 개인용 컴퓨터로 전송되고 각각의 방향에서 스캔된 3차원 영상은 merging 과정을 통해 하나의 3차원 입체 영상으로 재구성하였다.

3차원 영상에서 기준 좌표축과 계측점의 지정

기준평면의 설정과 좌표계의 성립을 위해 Soft tissue Frankfort plane은 진성수직선(true vertical)에 대한 각도가 남녀에 따라 다르고,¹² 경조직 점인 porion을 정하기가 불가능하므로 기준평면으로 이용하기에는 부적절하였다. 따라서 비교적 설정이 용이한 tragus와 nasal ala를 이용하여 진성수평면(true horizontal)을 설정하였다. Ferrario 등⁴은 tragus와 nasal ala를 연결한 평면(Camper's plane)이 soft tissue Frankfort plane을 대체할 수 있다고 하였다. 그는 Camper's

plane을 양측 tragus axis를 축으로 7.5° 상방 회전한 평면은 진성수평면과 거의 일치한다고 하였으며, 이 각도 값은 연령, 남녀 간에 차이가 없다고 하였다.

본 연구에서는 우선 nasal ala (Rt)와 양측 tragus를 지나는 평면(Camper's plane)을 설정한 후 Camper's plane을 양측 tragus를 연결한 axis를 중심으로 7.5° 상방 회전한 평면을 평행이동 하여 soft tissue nasion과 만나는 평면을 체측기준평면으로 지정하였다 (Fig 3). 체측기준평면에 수직이면서 soft tissue nasion과 좌우 tragus의 중점을 지나는 평면을 시상기준평면으로, 체측기준평면과 시상기준평면에 수직이면서 soft tissue nasion을 지나는 평면을 관상기준평면으로 정하였다 (Fig 4).

세 가지 기준 평면이 설정된 후 체측기준평면은 x축, 관상기준평면은 y축, 시상기준평면은 z축의 역할을 수행하게 되고, soft tissue nasion이 원점이 되는 좌표계가 성립된다. 즉, 환자의 좌우는 x축(우: -, 좌:

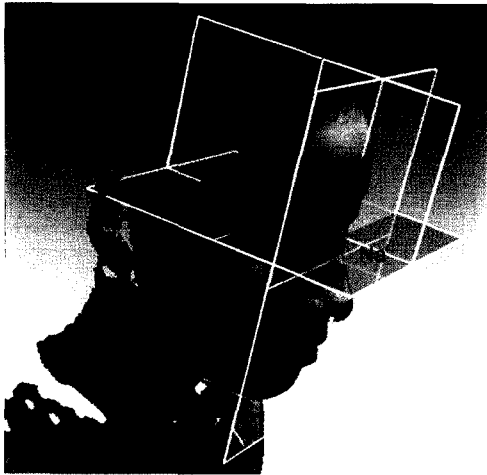


Fig 4. Reference planes. A, Axial reference plane: passing through soft tissue nasion, parallel to the established true horizontal; B, sagittal reference plane (mid-sagittal plane): passing through soft tissue nasion and midpoint of both tragus, perpendicular to the axial reference plane; C, coronal reference plane: passing through soft tissue nasion, perpendicular to the axial reference plane and mid-sagittal plane.

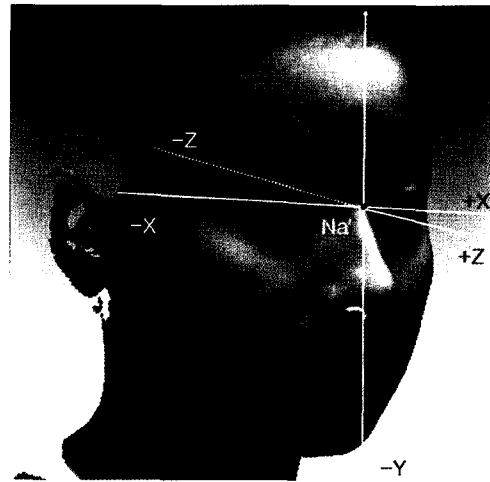


Fig 5. Coordinate system and zero point (soft tissue nasion). X axis, right: -, left: +; Y axis, superior: +, inferior: -; Z axis, anterior: +, posterior: -.

+, 상하는 y축(상: +, 하: -), 전후는 z축(전: +, 후: -)으로 좌표축이 결정된다 (Fig 5).

Rapidform 2004 프로그램을 이용하여 3차원 입체 영상에 다음과 같은 29개의 안면 연조직 계측점을 지정하였다 (Fig 6).

- 1) Tr (trichion): 이마의 최상방점, 이마의 정중앙에 위치;
- 2) G (glabella): 양쪽 눈썹산 사이의 돌출된 부분의 중점;
- 3) N' (soft tissue nasion): 이마와 코 사이의 가장 안쪽 점;
- 4) En (endocanthion): 정면에서 보이는 내측 안각(양측성);
- 5) Ex (exocanthion): 정면에서 보이는 외측 안각(양측성);
- 6) Pn (pronasale): 코의 최전방점;
- 7) Sn (subnasale): 코와 상순이 연결되는 중간점이며 인중의 상부 꼭지점;
- 8) Al (nasal ala): 비익의 최외각점(양측성);
- 9) ULP (upper lip point): 상순의 좌우 최상방점, 입술산의 꼭지점(양측성);
- 10) Ch (cheilion): 입꼬리의 끝점(양측성);
- 11) Li (labialis inferius): 하순의 최전방점;
- 12) B' (soft tissue B point): 이순구의 최심점;
- 13) Pog' (soft tissue pogonion): 가장 전방으로 돌출된 턱끝점;
- 14) Me' (soft tissue menton): 턱의 최하방점, 하악의 좌우 중

- 양에 위치;
- 15) FT (fronto-temporal point): temporal line의 오목한 부분에 있는 점으로 측면에서는 가장 전방, 정면에서는 가장 깊이 위치한 점(양측성);
- 16) Tra (tragus): 측면에서 보이는 귓구멍의 최전방점(양측성);
- 17) CK (cheek point): nasal ala-tragus 연결선과 exocanthion-cheilion 연결선의 교차점(양측성);
- 18) Go' (soft tissue gonion): 하악각 부위의 최외각점(양측성);
- 19) Zy (zygomatic point): 45° 측면에서 관찰되는 중안면부의 최외각점(양측성).

Fig 6의 연조직 계측점 29개를 한 명의 술자가 5회씩 2주 간격으로 2회에 걸쳐 지정하였다. 안면의 계측점을 지정할 때에는 계측점이 정면으로 관찰되도록 3차원 영상을 위치시키고 계측점을 지정한 후, 다시 회전시켜 다른 각도에서 확인하였다. 특히, G, Pog', Me', Go' 등을 지정할 때는 0.5 mm 단위의 contour line으로 나뉘어진 영상으로 입체 영상을 재구성하여 계측점 지정 시 참고하였다.⁷ CK point는 nasal ala-tragus 연결선과 exocanthion-cheilion 연결선의 교차점이므로 3차원 영상을 45° 회전시킨 후 각각 vector를 설정하여 교점을 계측점으로 지정하였다.⁷

계측점의 3차원 좌표를 이용한 한국인 성인 정상교합자의 계측값 계산

한국성인 정상교합자의 계측점의 좌표 및 좌표값의 남녀 비교를 위하여 Rapidform 2004 프로그램에서 3차원 입체 영상에 지정한 계측점의 3차원 좌표를

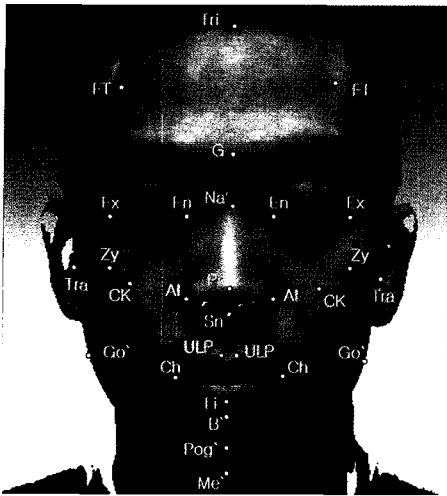


Fig 6. Soft tissue landmarks: *Tri*, trichion; *G*, glabella; *N'*, soft tissue nasion; *En*, endocanthion; *Ex*, exocanthion; *Pn*, pronasale; *Sn*, subnasale; *Al*, nasal alare; *ULP*, upper lip point; *Ch*, cheilion; *Li*, labialis inferior; *B'*, soft tissue B point; *Pog'*, soft tissue pogonion; *Me'*, soft tissue menton; *FT*, fronto-temporal point; *Tra*, tragus; *CK*, cheek point; *Go'*, soft tissue gonion; *Zy*, zygomatic point.

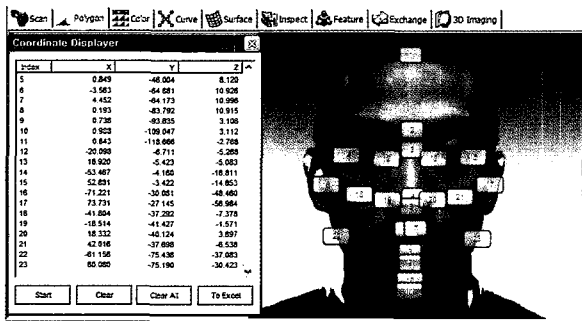


Fig 7. X, Y, Z value of each landmark appears on the left side of the monitor and each value is transferred to the Microsoft Excel program.

Microsoft Excel 프로그램으로 송출하여 저장하였다 (Fig 7). 계측점의 지정을 5회씩 2주 간격으로 2회에 걸쳐한 후 Microsoft Excel 프로그램으로 송출된 X, Y, Z 좌표의 평균과 표준편차를 구하였다. 또한 계측점의 X, Y, Z 좌표를 independent t-test를 통하여 남녀 간에 통계학적으로 유의한 차이가 있는지 알아보았다.

3차원 좌표에서의 계측을 위해 다음과 같이 두 계측점간 거리 계측항목 43개, 두 vector 간의 각도항목 8개, 계측 거리 간 비율 29개를 설정하였다.

Linear measurements

- 1) Tri-G; 2) G-N'; 3) N'-Pn; 4) Pn-Sn; 5) Li-B; 6) B'-Pog'; 7) Pog'-Me'; 8) Anterior face height: N'-Me'; 9) Anterior face height: N'-Me' (vertical); 10) Forehead height: Tri-N'; 11) Forehead height: Tri-N' (vertical); 12) Upper face height: N'-Sn; 13) Upper face height: N'-Sn (vertical); 14) Lower face height: Sn-Me'; 15) Lower face height: Sn-Me' (vertical); 16) Mandibular ramus height: Tra-Go' (Rt/Lt); 17) Mandibular body length: Go'-Me' (Rt/Lt); 18) Upper face width: Ex(Rt)-Ex(Lt); 19) Middle face width: Tra(Rt)-Tra(Lt); 20) Lower face width: Go'(Rt)-Go'(Lt); 21) Nasal width: Al(Rt)-Al(Lt); 22) Philtrum width: ULP(Rt)-ULP(Lt); 23) Mouth width: Ch(Rt)-Ch(Lt); 24) Tri-FT (Rt/Lt); 25) Tri-Ex (Rt/Lt); 26) Tri-Tra (Rt/Lt); 27) N'-FT (Rt/Lt); 28) FT-Tra (Rt/Lt); 29) En-Ex (Rt/Lt); 30) Ex-Tra (Rt/Lt); 31) Al-Ex (Rt/Lt); 32) Ex-Ch (Rt/Lt); 33) N'-Al (Rt/Lt); 34) Al-Tra (Rt/Lt); 35) Tra-Ch (Rt/Lt); 36) Tra-Go' (Rt/Lt); 37) Al-Ch (Rt/Lt); 38) Al-Pn (Rt/Lt); 39) Al-Sn (Rt/Lt); 40) Ch-ULP (Rt/Lt); 41) Ch-Li (Rt/Lt); 42) Ch-Go' (Rt/Lt); 43) Go'-Me (Rt/Lt); vertical: Y 좌표 값 간의 거리

계측점간 거리는 두 점의 좌표를 (X₁, Y₁, Z₁), (X₂, Y₂, Z₂)라고 하면 $\sqrt{(X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2+(Z_2-Z_1)^2}$ 로 하였다. 즉 3차원 상에서 두 점간의 최단 거리를 계산하였다.

Angular measurements

- 1) Nasofrontal angle: G-N'-Pn; 2) Nasomental angle: N'-Pn-Pog'; 3) Nasofacial angle: N'-Pn ⊥ G-Pog'; 4) Transverse nasal prominence (Zy(Rt)-Pn-Zy(Rt)); 5) Transverse upper lip prominence (Ch(Rt)-ULPm-Ch(Lt)); 6) Transverse mandibular prominence (Go'(Rt)-Pog'-Go'(Lt)); 7) Right mandibular plane angle (Tra(Rt)-Al(Rt) ⊥ Go'(Rt)-Me'); 8) Left mandibular plane angle (Tra(Lt)-Al(Lt) ⊥ Go'(Lt)-Me').

Table 1. Mean measurement values on lateral cephalogram

	Male				Female			
	(*exp., N=30)		(**normal)		(*exp., N=30)		(**normal)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
SNA (°)	82.1	2.2	82.5	3.2	82.3	2.1	81.6	3.2
SNB (°)	79.5	2.5	80.4	3.1	79.5	1.9	79.2	3.0
ANB (°)	2.6	1.0	2.1	1.8	2.8	1.4	2.5	1.8
Sum (°)	392.0	4.8	390.3	5.5	392.6	5.2	393.2	5.2
SN⊥MP (°)	31.8	4.1	30.3	5.5	32.8	5.2	33.4	5.1
Upper lip (mm)	0.3	1.5	-0.7	2.2	-0.2	1.4	-0.9	2.2
Lower lip (mm)	1.6	1.4	0.5	2.3	0.7	1.6	0.6	2.3
G-Sn/Sn-Me'	1.0	0.0	1.1	0.1	1.0	0.1	1.1	0.1
Sn-Stms/Stmi-Me'	0.5	0.0	0.5	0.2	0.5	0.1	0.5	0.2
UI to SN (°)	106.4	4.2	108.7	5.7	107.1	3.8	106.9	6.0
IMPA (°)	94.6	5.1	96.6	6.6	94.2	5.3	95.9	6.4

*exp, Experimental group; **normal, Korean norm;¹³ SD, standard deviation.

Linear distance ratios

1) Forehead height (Tri-N')/Mn. width (Go'(Rt)-Go'(Lt)); 2) Upper face height (N'-Sn)/Mn. width(Go'(Rt)-Go'(Lt)); 3) Lower face height (Sn-Me')/Mn. width (Go'(Rt)-Go'(Lt)); 4) Anterior face height (N'-Me')/Mn. width (Go'(Rt)-Go'(Lt)); 5) Anterior face height (N'-Me')/Zy(Rt)-Zy(Lt); 6) Interendo-canthion distance (En(Rt)-En(Lt))/Nasal width (Al (Rt)-Al(Lt)); 7) Mouth height (ULPm-Li) /Mouth width (Ch(Rt)-Ch(Lt)); 8) Lower face height lower 2/3 (Li-Me')/Mn. body length (average of both Go'-Me' linear distance); 9) Mn. ramus height (*Tra(m)-*Go'(m))/Anterior face height (N'-Me'); 10) Upper face height (N'-Sn)/Lower face height (Sn-Me'); 11) Total anterior face height (Tri-Me')/Zy(Rt)-Zy(Lt); 12) Forehead height (Tri-N')/Forehead width (FT(Rt)-FT(Lt)); 13) Upper face height (N'-Sn)/Zy(Rt)-Zy(Lt); 14) Mouth width (Ch(Rt)-Ch(Lt))/Interendocanthion distance (En(Rt)-En(Lt)); 15) Mn. width (Go'(Rt)-Go'(Lt))/ Interexocanthion width (Ex(Rt)-Ex(Lt)); 16) Ex(Rt)-En(Rt)/En(Lt)-Ex(Lt); 17) En(Rt)-En(Lt)/En(Lt)-Ex(Lt); 18) Tri-G/Sn-Me'; 19) G-Sn /Sn-Me'; 20) Facial depth ULPm; 21) Facial depth Li; 22) Facial depth B'; 23) Facial depth Pog';

24) Facial depth Me; 25) Facial depth FT(Rt); 26) Facial depth FT (Lt); 27) Facial depth Zy (Rt); 28) Facial depth Zy (Lt); 29) Facial depth Pn; *m: median point; facial depth: Z 좌표 값의 비율(ratio)로 관상기준평면과의 거리 비.

설정된 계측항목들의 좌표값을 연구대상별로 계산하였다. SAS version 8.2 (SAS, Cary, NC, USA)를 이용하여 통계처리를 하였으며, 남녀 각각 평균과 표준편차를 구한 후 independent t-test로 남녀 간에 통계학적으로 유의한 차이가 있는지 알아보았다.

결 과

연구대상과 한국 성인 정상교합자간의 비교

연구대상의 두부방사선 계측값을 한국 성인 정상교합자의 계측치¹³와 independent t-test를 이용하여 비교하였다. 비교 결과 본 연구대상은 한국 성인 정상교합자와 통계적인 유의차가 없었다 ($p > 0.01$) (Table 1).

각 계측점의 좌표 평가

Soft tissue nasion을 (0,0,0)으로 할 때 다른 계측점

Table 2. Coordinate value (X, Y, Z value) of landmarks (mm)

	X				Y				Z						
	Male		Female		Male		Female		Male		Female				
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
N'	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Tri	0.16	0.53	0.36	0.69	75.19	8.09	77.13	4.78	-20.22	8.77	-20.22	8.48			
G	0.00	0.52	0.29	0.50	*	21.40	5.20	27.27	4.48	**	2.99	1.90	1.44	2.58	*
Pn	0.03	0.68	0.18	0.07		-37.92	3.59	-34.18	3.72	**	21.34	3.15	19.72	3.10	*
Sn	-0.04	0.70	0.15	0.83		-52.30	3.37	-47.97	4.55	**	9.22	4.15	8.18	3.59	
Li	-0.07	0.67	0.39	0.76	*	-85.67	4.18	-79.04	5.37	**	10.82	5.02	9.84	5.84	
B'	0.06	0.47	0.50	0.79	*	-94.04	4.47	-88.77	5.37	**	3.60	5.30	2.99	6.22	
Pog'	0.05	0.52	0.47	0.73	*	-106.07	5.03	-100.80	5.77	**	3.54	5.58	2.61	7.56	
Me'	0.03	0.56	0.56	0.86		-120.73	6.00	-113.72	5.69	**	-9.64	8.69	-9.05	8.91	
Al-Rt	-19.59	1.86	-18.83	1.50		-43.18	3.15	-40.55	3.49	**	-1.46	3.60	-0.80	3.21	
Al-Lt	19.31	1.87	18.75	1.53		-43.27	3.16	-40.60	3.31	**	-1.83	3.61	-0.71	2.90	
Tra-Rt	-78.26	3.41	-74.15	2.96	**	-32.60	3.14	-29.06	5.07	**	-88.95	5.82	-84.71	5.45	**
Tra-Lt	78.26	3.41	74.15	2.96	**	-32.60	3.14	-29.06	5.07	**	-89.54	5.99	-83.73	5.79	**
En-Rt	-19.29	1.74	-18.18	2.04	*	-5.46	2.33	-3.55	2.59	**	-7.75	1.55	-6.75	1.86	*
En-Lt	19.41	1.41	18.11	1.81	**	-5.46	2.45	-3.14	2.55	**	-7.75	1.69	-6.65	1.58	*
Ex-Rt	-53.69	3.10	-52.62	2.93	*	-4.38	2.64	-2.50	3.39	*	-19.67	2.96	-18.05	2.91	*
Ex-Lt	53.64	3.03	52.34	2.66		-4.83	2.58	-1.96	3.23	**	-18.81	2.89	-17.84	2.90	
ULP-Rt	-6.59	1.34	-5.67	1.12	**	-65.40	3.82	-60.51	4.05	**	12.54	4.59	11.13	4.43	
ULP-Lt	6.31	1.06	5.74	0.84	*	-65.79	3.86	-60.50	4.08	**	12.38	4.72	11.13	4.43	
Ch-Rt	-25.90	2.35	-24.52	1.74	*	-77.84	3.01	-72.10	4.12	**	-2.29	4.98	-3.54	5.50	
Ch-Lt	25.37	2.31	24.39	1.98		-77.64	3.26	-71.66	4.26	**	-1.63	4.89	-2.85	5.24	
FT-Rt	-46.98	3.20	-44.62	4.75	*	47.68	5.77	49.52	4.47		-22.80	6.07	-19.35	5.99	*
FT-Lt	46.61	3.39	43.13	5.24	**	48.37	5.36	50.34	4.54		-22.77	5.97	-19.41	6.18	*
CK-Rt	-44.35	4.18	-45.33	2.87		-41.01	3.08	-38.91	3.65	*	-8.21	3.78	-5.50	3.59	**
CK-Lt	44.34	3.96	44.77	2.87		-41.59	3.41	-38.91	3.19	**	-7.86	4.00	-5.40	3.62	*
Zy-Rt	-60.95	3.89	-59.59	2.50		-29.84	3.78	-26.98	2.82	**	-19.38	3.61	-16.88	3.81	*
Zy-Lt	60.97	4.08	59.66	3.69		-30.20	3.50	-26.36	2.87	**	-19.11	4.49	-16.28	3.93	*
Go'-Rt	-63.34	3.82	-58.72	3.82	**	-82.79	7.04	-78.57	6.92	*	-74.92	7.14	-71.42	6.71	*
Go'-Lt	64.06	4.06	59.21	3.89	**	-82.90	7.58	-79.39	6.21	*	-73.46	6.71	-69.01	6.39	*

*, Statistically significant difference between male and female at $p < 0.05$; **, statistically significant difference between male and female at $p < 0.01$; SD, standard deviation.

들의 좌표의 평균과 표준편차를 구하였다 (Table 2). 시상기준평면을 좌우 Tra의 중점을 지나는 평면으로 하였으므로 좌우 Tra의 X, Y 좌표는 같게 나타났다.

남녀를 비교하였을 때 X축에서는 G, Li, B', Tra (Rt/Lt), En (Rt/Lt), Ex (Rt), ULP (Rt/Lt), Ch (Rt), FT (Rt/Lt), Go' (Rt/Lt)이 통계학적으로 유의한 차

Table 3. Three-dimensional linear distance (mm)

Measurement (mm)	Male		Female		Significance
	Mean	SD	Mean	SD	
Tri-G	58.92	10.46	54.73	5.90	
G-N'	21.69	5.10	27.44	4.46	**
N'-Pn	43.51	3.57	39.59	3.66	**
Pn-Sn	18.98	2.57	18.12	2.51	
Li-B	11.26	2.32	12.14	2.63	
B'-Pog'	12.03	4.02	12.18	3.65	
Pog'-Me'	19.74	6.66	17.48	5.23	
Anterior face height (N'-Me')	121.42	6.03	114.41	5.89	**
Anterior face height (N'-Me')-v	120.41	6.00	113.72	5.69	**
Forehead height (Tri-N')	78.17	9.64	80.13	5.54	
Forehead height (Tri-N')-v	75.13	8.11	77.13	4.73	
Upper face height (N'-Sn)	53.26	3.46	48.40	4.52	**
Upper face height (N'-Sn)-v	52.11	3.42	47.97	4.55	**
Lower face height (Sn-Me')	71.23	6.87	68.25	4.82	
Lower face height (Sn-Me')-v	68.30	6.02	65.74	4.25	
Mn. ramus height (Tra-Go')	55.06	5.78	54.49	6.01	
Right Mn. ramus height (Tra(Rt)-Go'(Rt))	54.68	5.91	53.93	6.49	
Left Mn. ramus height (Tra(Lt)-Go'(Lt))	55.17	6.23	55.04	5.82	
Mn. body length (Go'-Me')	99.25	6.65	92.14	4.52	**
Right Mn. body length (Go'(Rt)-Me')	99.52	6.28	93.31	4.63	**
Left Mn. body length (Go'(Lt)-Me')	98.54	7.06	90.98	4.80	**
Upper face width (Ex(Rt)-Ex(Lt))	106.75	6.13	104.98	5.47	
Middle face width (Tra(Rt)-Tra(Lt))	156.57	6.80	148.32	5.92	**
Lower face width (Mn. width, Go'(Rt)-Go'(Lt))	127.38	7.43	118.01	7.41	**
Nasal width (Al(Rt)-Al(Lt))	38.59	3.80	37.60	2.86	
Philtrum width (ULP(Rt)-ULP(Lt))	12.85	2.29	11.43	1.86	*
Mouth width (Ch(Rt)-Ch(Lt))	51.28	4.57	48.94	3.60	*

*, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; v, linear distance through true vertical; Mn, mandibular; SD, standard deviation.

이를 나타냈으며, Y축에서는 Tri, FT (Rt/Lt)를 제외한 모든 계측점에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다. Z축에서는 G, Pn, Tra (Rt/Lt), En (Rt/Lt), Ex (Rt/Lt), FT (Rt/Lt), CK (Rt/Lt), Zy (Rt/Lt), Go' (Rt/Lt)이 남녀 간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다.

3차원 입체 영상에서 주요 거리 계측값

설정된 주요 거리 계측항목의 평균과 표준편차를 구하였다 (Tables 3 and 4). 남녀를 비교하였을 때 G-N', N'-Pn, anterior face height (N'-Me'), anterior face height (N'-Me')- true vertical distance, upper

Table 4. Three-dimensional bilateral linear distance (mm)

Measurement (mm)	Male				Female			
	Right		Left		Right		Left	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Tri-FT	54.91	5.21	54.16	4.96	53.29	5.15	50.98	6.00
Tri-Ex	96.37	7.49	96.58	7.33	96.19	4.76	95.17	4.80
Tri-Tra	149.88	5.83	149.97	5.81	145.30	4.24	144.47	4.31
N'-FT	70.72	5.61	70.92	5.76	69.79	4.91	69.51	4.94
FT-Tra	108.56	6.62	109.45	6.68	106.76	6.16	107.17	6.54
En-Ex	36.35	2.99	35.83	3.09	36.38	3.09	36.16	3.13
Ex-Tra	78.50	5.06	79.63	4.88	75.06	4.61	74.67	4.81
Al-Ex	54.90	3.33	54.23	3.49	53.84	3.50	54.10	3.01
Ex-Ch	80.51	3.05	79.99	3.35	76.63	3.82	76.76	4.03
N'-Al	47.41	3.27	47.39	3.25	44.86	3.39	44.85	3.17
Al-Tra	105.65	5.02	105.87	5.36	101.27	6.03	100.58	6.20
Tra-Ch	110.78	5.32	111.88	4.99	104.57	6.75	104.24	6.89
Tra-Go'	54.78	5.83	55.34	6.22	53.93	6.49	55.04	5.82
Al-Ch	35.44	2.54	35.17	2.62	32.40	2.91	31.84	2.64
Al-Pn	30.54	2.36	30.65	2.08	28.87	1.52	28.43	1.64
Al-Sn	24.10	2.43	24.13	2.09	22.43	1.64	22.03	1.32
Ch-ULP	27.51	2.80	26.69	2.87	26.78	1.90	26.05	2.23
Ch-Li	30.17	2.77	29.60	2.67	29.27	2.45	28.30	2.39
Ch-Go'	82.12	5.80	81.85	6.16	76.58	5.16	75.44	5.86
Go'-Me'	99.75	6.56	98.75	7.19	93.31	4.63	90.98	4.80

SD, Standard deviation.

face height (N'-Sn), upper face height (N'-Sn)-true vertical distance, mandibular body length (Go'-Me'), middle face width (Tra(Rt)-Tra(Lt)), lower face width (Go'(Rt)-Go'(Lt)), philtrum width (ULP(Rt)-ULP(Lt)), mouth width (Ch(Rt)-Ch(Lt))가 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다 (Table 3).

양측성으로 존재하는 거리 계측 항목은 좌우의 거리를 각각 계산하여 비교하였으며 남녀 모두 좌우간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 ($p < 0.01$) (Table 4).

주요 계측점으로 형성된 vector간의 3차원적 각도(°)

주요 계측점을 연결하여 형성된 vector간의 3차원적 각(°)을 계산한 후 평균과 표준편차를 구하였다 (Table 5). 남녀 간의 비교에서 nasofrontal angle (G-N'-Pn), transverse nasal prominence (Zy(Rt)-Pn-Zy(Lt))가 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다 (Figs 8-10).

각 계측점간 거리의 비율(ratios)

주요 거리 계측항목간의 비율(ratios)을 계산하여 평균과 표준편차를 구하였다 (Table 6) (Figs 11 and 12)

Table 5. Three-dimensional angle (°)

Measurement (°)	Male		Female		Significance
	Mean	SD	Mean	SD	
Nasofrontal angle (G-N'-Pn)	141.59	4.86	146.67	5.59	**
Nasomental angle (N'-Pn-Pog')	136.07	4.38	135.50	4.36	
Nasofacial angle (N'-Pn⊥G-Pog')	29.19	2.47	29.59	3.06	
Trans nasal prominence (Zy(Rt)-Pn-Zy(Lt))	111.57	3.29	116.15	4.67	**
Trans upper lip prominence (Ch(Rt)-ULPm-Ch(Lt))	107.04	5.68	105.90	6.55	
Trans Mn prominence (Go'(Rt)-Pog'-Go'(Lt))	76.07	5.14	75.52	5.11	
Right Mn plane angle (Tra(Rt)-Al(Rt)⊥Go'(Rt)-Me')	20.20	5.66	18.65	4.35	
Left Mn plane angle (Tra(Lt)-Al(Lt)⊥Go'(Lt)-Me')	20.65	5.25	18.97	4.42	

***p* < 0.01; *Trans*, transverse; *Mn*, mandibular; *SD*, standard deviation.

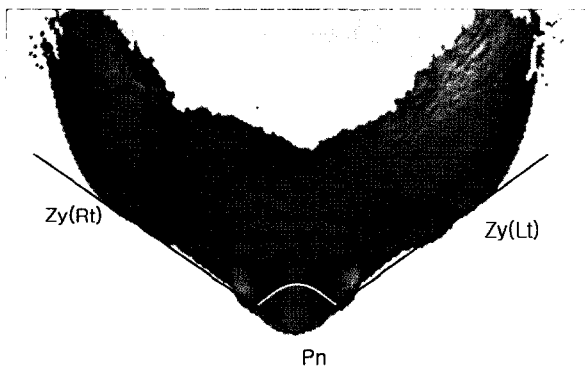


Fig 8. Transverse nasal prominence (male: 112°, female: 116°).



Fig 9. Transverse upper lip prominence (male: 107°, female: 106°).

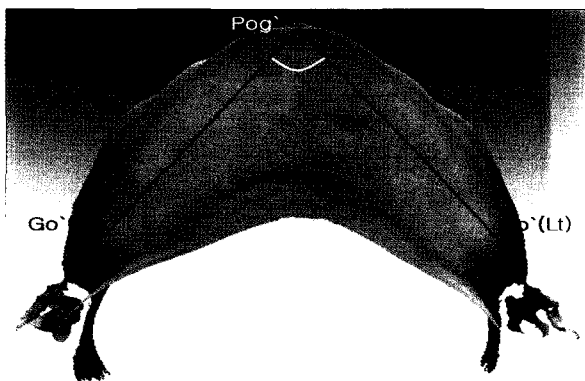


Fig 10. Transverse Mn. prominence (male: 76°, female: 76°).

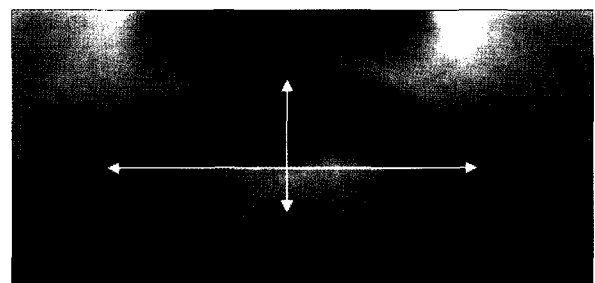


Fig 11. Linear distance ratio between lip height and width (2:5).

Table 6. Linear distance ratios

Measurement	Male		Female		Significance
	Mean	SD	Mean	SD	
Forehead height (Tri-N')/Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt))	0.62	0.08	0.68	0.06	**
Upper face height (N'-Sn)/Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt))	0.42	0.04	0.41	0.04	
Lower face height (Sn-Me')/Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt))	0.56	0.06	0.58	0.04	
Anterior face height (N'-Me')/Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt))	0.96	0.06	0.97	0.06	
Anterior face height (N'-Me')/Zy(Rt)-Zy(Lt)	1.00	0.07	0.96	0.05	**
Interendocanthion distance (En(Rt)-En(Lt))/Nasal width (Al(Rt)-Al(Lt))	1.01	0.11	0.97	0.10	
Mouth height (ULPm-Li)/Mouth width (Ch(Rt)-Ch(Lt))	0.40	0.06	0.38	0.06	
Lower face height lower 2/3 (Li-Me')/Mn body length (average of both Go'-Me' linear distance)	0.41	0.07	0.43	0.05	
Mn ramus height (average of both Tra-Go')/Anterior face height (N'-Me')	0.48	0.05	0.45	0.06	
Upper face height (N'-Sn)/Lower face height (Sn-Me')	0.72	0.09	0.76	0.11	
Total anterior face height (Tri-Me')/Zy(Rt)-Zy(Lt)	1.61	0.08	1.62	0.11	
Forehead height (Tri-N')/Forehead width (FT(Rt)-FT(Lt))	0.92	0.11	0.84	0.10	**
Upper face height (N'-Sn)/Zy(Rt)-Zy(Lt)	0.41	0.04	0.44	0.04	**
Mouth width (Ch(Rt)-Ch(Lt))/Interendocanthion width (En(Rt)-En(Lt))	1.36	0.18	1.33	0.15	
Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt))/Interexocanthion width (Ex(Rt)-Ex(Lt))	1.13	0.08	1.20	0.09	**
Ex(Rt)-En(Rt)/En(Lt)-Ex(Lt)	1.01	0.03	1.02	0.04	
En(Rt)-En(Lt)/En(Lt)-Ex(Lt)	1.01	0.14	1.09	0.13	*
Tri-G/Sn-Me'	0.80	0.09	0.84	0.17	
G-Sn/Sn-Me'	1.12	0.12	1.05	0.17	

*, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; *SD*, standard deviation.

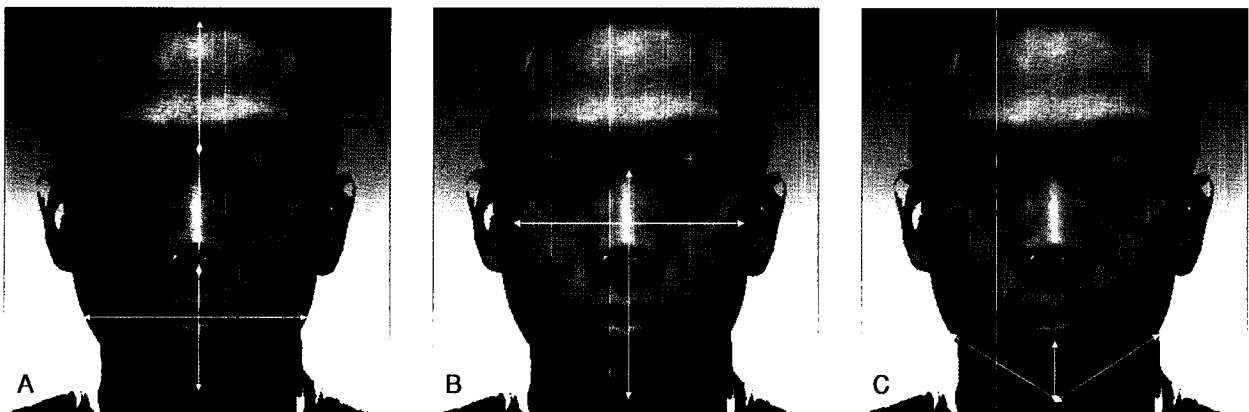


Fig 12. A, Forehead height (Tri-N')/Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt)), upper face height (N'-Sn)/Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt)), lower face height (Sn-Me')/Mn width (Go'(Rt)-Go'(Lt)); B, anterior face height (N'-Me')/Zy(Rt)-Zy(Lt) = 1/1; C, lower face height lower 2/3 (Li-Me')/Mn body length (average of both Go'-Me' linear distance) = 2/5.

Table 7. Linear distance (Z value) ratios

Measurements	Ratio (Male and female)
FT (Rt)	15 ^r
FT (Lt)	15 ^r
Zy (Rt)	15 ^r
Zy (Lt)	15 ^r
Pn	14 ^r
Sn	5
ULPm	7
Li	6
B'	1
Pog'	1
Me'	9 ^r

^r, it is located posterior to Sn.

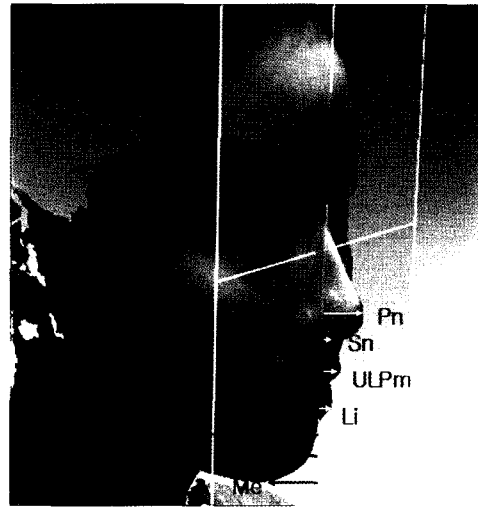


Fig 13. Z value ratios. FT/Zy/Pn/ULPm/Li/Me' = -1/-1/1/0.5/0.5/-0.6.

안면부의 주요 계측점간의 Z 좌표의 비율

안면부의 주요 계측점간의 Z 좌표의 비율을 구하였다 (Table 7, Fig 13). 유의수준 0.01로 independent t-test 결과 모든 항목에서 남녀 간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

고찰

두개악안면 복합체는 크게 경조직과 경조직에 부속되거나 연계된 근육, 신경, 피부 등의 연조직으로 구성되어 있다. 경조직은 연조직의 배열이나 구성 및 돌출도 등에 영향을 주며, 연조직은 경조직을 둘러싸서 비로소 외부로 보이는 형상을 이루게 된다. Peck 등¹⁴은 안면부의 조화와 균형은 안면골격과 그를 둘러싼 연조직에 의해 결정된다고 하였으며, Zylinski 등¹⁵은 안면부의 visual impact는 연조직의 구조와 상대적인 비율에 의해 결정된다고 하였다. 안면 연조직을 3차원적으로 재현하는 방법으로 서론에 언급한 것처럼 현재 여러 가지 진단기구의 발전 및 임상적용이 검증되고 있으며 본 연구에서는 그 중 연조직을 3차원적으로 가장 잘 재현하면서 비교적 촬영 방법이 용이하며 촬영 시간이 짧고 색상까지 표현이 가능한 3차원 레이저 스캐너를 이용하였다.

촬영할 때 두부자세는 natural head position으로 하였다. Ferrario 등⁸은 안면부의 3차원적인 계측값들

은 촬영할 때 두부자세에 민감하지 않다고 하였으나, 안면 연조직은 유연성이 있는 조직이며 두부자세에 의해 탄력적으로 늘어날 수 있는 조직이다. 즉 두부자세는 안면 연조직의 3차원 계측값에 변화를 줄 수 있다고 사료되며, 따라서 본 연구에서는 비교적 재현성이 높은 natural head position을 택하였다. Cooke와 Wei¹⁶은 두부자세 중 natural head position은 재현성이 높으며, 재촬영할 때 각도 변화량이 3° 미만이라고 하였다. 스캐너 뒤에 거울을 두어 스캐너 앞에서 natural head position을 정할 수도 있겠으나, 스캐너에 가려 거울상의 자신의 눈을 볼 수 없고, 스캔 촬영은 회전외자에 앉아서 촬영을 하므로 직립상태의 두부자세를 재현할 수 없었다. 따라서 알코올 수준기를 이용하여 촬영 전 정해진 두부자세를 유지하도록 하였다.

3차원 입체 영상에서 계측점은 Farkas¹⁷가 제안한 점을 대부분 사용하였고, Ferrario 등¹⁸이 제안한 CK point, 그리고 한⁶이 제안한 zygomatic point를 추가하였다. 본 논문에 사용된 계측점은 이⁷에 의해 지정이 용이하고 반복 재현성이 높은 것으로 증명되었다.

Rapidform 2004 프로그램에서 3차원 입체 영상에 계측점을 지정할 때 프로그램 내에 설정된 좌표계가 있으나 촬영할 때마다 기준이 바뀌므로 샘플마다 일관되게 적용할 수가 없었다. 따라서 일관된 좌표계를 3차원 입체 영상 내에서 설정해야 하였다. Ferrario 등⁴은 Camper's plane을 Tra (Rt)-Tra (Lt)를 축으로

7.5° 상방 회전 시 진성 수평면에 거의 일치한다고 하였으며, 이 각도는 연령이나 성에 무관하게 일정하다고 하였다. 본 연구에서 체측기준평면은 Camper's plane을 Tra (Rt)-Tra (Lt)를 축으로 7.5° 상방 회전한 평면에 평행이면서 지정된 원점(soft tissue nasion)을 지나는 평면으로 하였다. 시상기준평면은 체측기준평면에 수직이면서 지정된 원점과 좌우 tra의 중점(Tm)을 지나는 평면으로 설정하였다. 시상기준평면의 설정에 이용된 Tm point는 안면 연조직 계측점을 연결하여 형성된 3차원 안면 모델(Fig 14)의 중첩 시 기준점으로 이용될 수 있다. Ferrario 등⁴은 환자들의 3차원 안면 모델을 비교할 때 Tm point와 Camper's plane을 기준으로 정상인의 3차원 안면 모델과 중첩하였다. 계측점을 지정할 때 우선 Rapidform 2004 프로그램 내에 정해져 있는 좌표계에서 N', Al (Rt), Tra (Rt), Tra (Lt)를 지정하여 새로운 좌표계를 설정한 후 나머지 25개의 point를 지정하였다. Nasal ala는 기준평면을 설정할 때 우측점만을 이용하였으며, 이는 안면기형 환자들에서는 양측 nasal ala의 중점을 사용하여 Camper's plane을 설정할 경우 오차를 범할 수 있기 때문이다.

N'-Pn의 계측값은 남자에서 더 큰 값을 보이며, Pn의 Y, Z 좌표 값 역시 남자가 여자보다 더 전하방에 있는 것으로 나타났다. Nasofrontal angle (G-N'-Pn), transverse nasal prominence (Zy(Rt)-Pn-Zy(Lt))는 남자가 여자보다 통계학적으로 유의하게 작게 나타났으며 이는 안면부에서 상대적인 코의 돌출도가 여자보다 남자에서 더 돌출되어 있다는 것을 의미한다. 결국 남자의 코는 여자보다 측면 뿐 아니라 체측면에서도 더 돌출되어 있다는 것을 3차원적으로 이해할 수 있다.

인중폭경(philtrum width)은 좌우 ULP간의 거리를 계측하여 구하였으며 통계학적으로 유의하게 남자가 여자보다 더 큰 값으로 나타났다. 악교정 수술 전후나 두개안면기형 환자의 연조직 수술 전후 비교에서 인중폭경은 중요한 의미를 가질 것으로 사료된다. Transverse upper lip prominence는 남녀 각각 107°, 106°로 나타났으며, 체측면에서 본 횡적인 상순의 돌출도를 나타낸다.

또한 본 연구에서 얻은 한국 성인 정상교합자의 계측점의 좌표값(평균)과 거리 계측값(평균)을 이용하여 한국 성인 정상교합자의 3차원 안면 모델(Fig 14)의 설정이 가능하다. 3차원 안면 모델로 설정된 template는 환자의 3차원 레이저 스캔 촬영 후 3차원

안면 연조직계측점들의 크기(size) 및 형태(shape) 분석의 기준이 될 수 있다.

주요 계측점간 거리 비율은 분모의 거리 계측값을 1로 하였을 때 분자의 거리 계측값의 비로 나타났다. 안면고경(N'-Me')과, 상안면고경(N'-Sn), 하악폭경(Go'(Rt)-Go'(Lt))이 통계학적으로 남녀 간에 유의한 차이를 나타냈지만(Table 3), 하악폭경에 대한 안면고경, 상안면고경의 비율은 남녀 간에 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 좌우 zygomatic point 간의 거리와 안면고경의 비율, 내안각간의 거리와 비폭경은 남녀 모두 1:1의 비율로 나타났으며, 입술폭경과 고경의 비율이 남자는 0.4, 여자는 0.38의 비율 값을 나타냈다 (Figs 11 and 12).

하순의 vermilion border (Li)부터 Me'까지의 거리와 하악체 길이의 비율은 남녀 모두 2:5의 비율을 나타냈으며 (Fig 12), 이 비율은 정모에서의 하안면고경과 45° 측면에서의 하악체길이의 비율이므로 3차원상의 비율이라 할 수 있다. 총전안면고경(total anterior face height, Tri-Me')과 좌우 zygomatic point간 거리의 비율은 남자는 1.61, 여자는 1.62를 나타냈으며, 이는 Ricketts¹⁹가 안면고경에서만 언급한 gold section이 총안면고경(Tri-Me')과 폭경(Zy(Rt)-Zy(Lt))에도 적용됨을 의미한다.

안면부의 주요 계측점의 관상기준평면에 대한 거리를 비율로 나타냈다. Z 좌표 값의 비율에서 남녀 간의 통계학적으로 유의한 차이는 없었으며 FT, Zy, Pn가 관상기준평면에서 같은 거리에 있었다 (Fig 13).

이상 한국 성인 정상교합자의 안면 연조직을 3차원적으로 분석해 보았다. 남녀 비교에서 남녀의 좌표값과 거리 계측항목에서는 통계학적인 유의차를 나타내는 항목이 많았으나 각도, 비율항목에서는 통계학적인 유의차를 나타내는 항목이 적었다. 이는 남녀 간 절대적인 크기 차이는 있지만 형태학적인 차이는 없거나 적음을 의미한다.

3차원적인 분석법으로는 형태계측학(morphometrics)이란 용어가 적당할 것이다.^{20,21} 즉 2차원적인 두 부방사선 계측학 뿐 아니라 3차원적인 형태 계측학 역시 교정 진단이나 두개안면 영역에서의 진단에서 핵심사항이 되어야 한다. 3차원 안면 연조직의 분석은 안면 계측점의 절대적인 길이나 안면 전체의 크기 뿐 아니라 크기를 고경, 폭경, 전후방 거리 비율별로 같게 조정(size normalization)하여 형태 분석도 하여야 할 것이며, 그 진단의 표본으로 Fig 14와 같은 3차원 안면 모델이 유용한 도구가 될 것으로 사료된다.

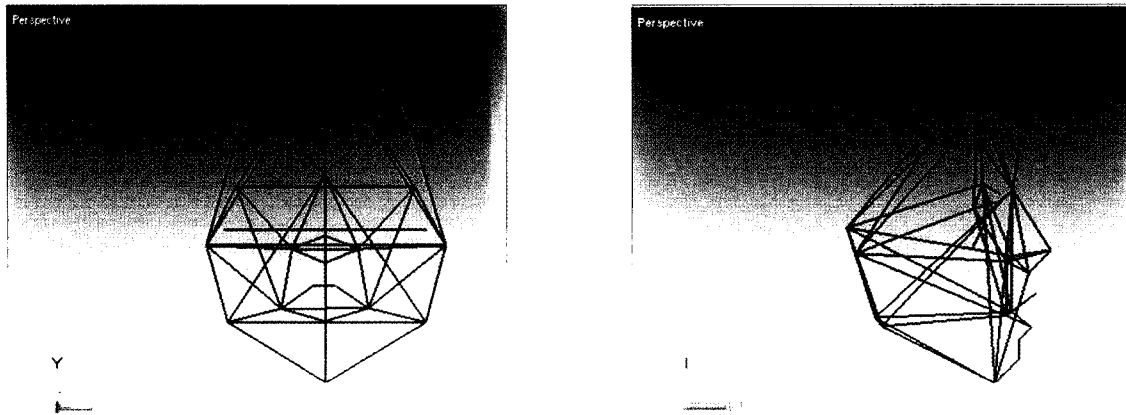


Fig 14. 3D facial model of Korean adults with normal occlusion (male).

결론

3차원 레이저 스캐너로 한국 성인 정상교합자 남녀 각각 30명의 안면 연조직의 3차원 입체 영상을 얻었다. Rapidform 2004 프로그램에서 3차원 입체 영상에 soft tissue nasion을 원점 (0,0,0)으로 지정하였으며 nasal ala-tragus (Camper's plane)를 7.5° 상방 회전한 평면에 평행하면서 원점을 지나는 평면을 체측기준평면으로 지정하였다. 원점과 Tm point를 지나면서 체측기준평면에 수직인 평면을 시상기준평면, 원점을 지나면서 체측기준평면과 시상기준평면에 수직인 평면을 관상기준평면으로 지정하고 각 평면을 X, Y, Z axis로 하는 좌표계를 설정하여 계측점을 지정하였다. 설정한 거리계측항목 45개, 두 vector 간의 각도항목 8개, 계측 거리 간 비율항목 29개를 구하였다.

1. 각도항목에서 transverse upper lip prominence (Ch(Rt)-ULPm-Ch(Lt))는 남자 107°, 여자 106°였고, transverse mandibular prominence (Go'(Rt)-Pog'-Go'(Lt))는 남녀 모두 76°였으나, nasofrontal angle (G-N'-Pn)은 남자 142°, 여자 147°, transverse nasal prominence (Zy(Rt)-Pn-Zy(Lt))는 남자 112°, 여자 116°로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$).
2. 하안면 고경 하방 2/3 (Li-Me')와 하악체길이(Go'-Me'), 입술의 고경(ULPm-Li)과 폭경(Ch(Rt)-Ch(Lt))의 비는 2/5로 나타났다.
3. 관상기준평면에서 FT, Zy, Pn, ULPm, Li, Me'까

- 지의 거리의 비는 -1/-1/1/0.5/0.5/-0.6로 나타났다.
4. 각 계측점의 좌표와 거리 계측 값을 이용하여 한국 성인 정상교합자의 3차원 안면 모델을 제작하였다.

이상의 자료는 부정교합환자와 악안면기형 환자의 3차원적인 진단 및 치료계획에 활용될 수 있으며, 치료 결과를 분석할 때 유용할 것으로 사료된다. 또한 3차원 레이저 스캐너를 이용한 안면 연조직 분석법을 다른 3차원 진단 기구들과 연계한다면 더욱 정확한 삼차원 분석법이 될 수 있으리라 생각된다.

참고 문헌

1. Broadbent BH. A new x-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod 1931;1:45-66.
2. Baumrind S, Moffit F, Curry S. The geometry of three dimensional measurement from paired coplanar x-ray images. Am J Orthod 1983;84:313-22.
3. Grayson B, Cutting C, Bookstein FL, Kim H, McCarthy JG. The three dimensional cephalogram: theory, technique, and clinical application. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1988;94:327-37.
4. Ferrario VF, Sforza C, Schmitz JH, Miani A Jr, Serrao G. A three dimensional computerized mesh diagram analysis and its application in soft tissue facial morphometry. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998;114:404-13.
5. Arnett GW, Jelic JS, Kim J, Cummings DR, Beress A, Worley M, et al. Soft tissue cephalometric analysis: Diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999;116:239-53.
6. 한수연. 3차원 CT영상을 이용한 정상교합자의 안면 연조직 분석. 연세대학교 석사학위 논문 2003.
7. 이화진. 3차원 레이저 스캔을 이용한 안면 연조직 분석의 계측점 제안. 연세대학교 석사학위 논문 2003.
8. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Serrao G. Facial three dimensional

- morphometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:86-93.
9. Aung SC, Ngim RC, Lee ST. Evaluation of the laser scanner as a surface measuring tool and its accuracy compared with direct facial anthropometric measurements. *Br J Plast Surg* 1995;48:551-8.
 10. Halazonetis DJ. Acquisition of 3-dimensional shapes from images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:556-60.
 11. Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:342-8.
 12. Ferrario VF, Sforza C, Tartaglia G, Barbini E, Michielon G. New television technique for natural head and body posture analysis. *Cranio* 1995;13:247-55.
 13. The Korean Association of Orthodontists. Lateral cephalometric analysis of Korean adult normal samples. Seoul: Korea; 1997.
 14. Peck S, Peck L, Kataja M. Skeletal asymmetry in esthetically pleasing faces. *Angle Orthod* 1991;61:43-8.
 15. Zylinski CG, Nanda RS, Kapila S. Analysis of soft tissue facial profile in white males. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:514-8.
 16. Cooke MS, Wei SH. A summary five factor cephalometric analysis based on natural head posture and the true horizontal. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:213-23.
 17. Farkas LG. Examination. In: Farkas LG editor. *Anthropometry of the head and face*. 2nd ed. New York: Raven Press; 1994. p. 3-56.
 18. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Tartaglia G. Distance from symmetry: a three dimensional evaluation of facial asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg* 1994;52:1126-32.
 19. Ricketts RM. Perspectives in the clinical application of cephalometrics. *Angle Orthod* 1981;51:115-50.
 20. Soncul M, Bamber MA. The reproducibility of the head position for a laser scan using a novel morphometric analysis for orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2000;29:86-90.
 21. Blackith RE. *Theoretical and mathematical biology*. New York: Blaisdell; 1965. p. 225-49.

- ORIGINAL ARTICLE -

A study of facial soft tissue of Korean adults with normal occlusion using a three-dimensional laser scanner

Hyung-Seon Baik, DDS, MSD, PhD,^a Jai-Min Jeon, DDS, MSD,^b Hwa-Jin Lee, DDS, MSD^b

Developments in computer technology have made possible the 3-dimensional (3-D) evaluation of hard and soft tissues in orthodontic diagnosis, treatment planning and post-treatment results. In this study, Korean adults with normal occlusion (male 30, female 30) were scanned by a 3-D laser scanner, then 3-D facial images formed by the Rapidform 2004 program (Inus Technology Inc., Seoul, Korea.). Reference planes in the facial soft tissue 3-D images were established and a 3-D coordinate system (X axis-left/right, Y axis-superior/inferior, Z axis-anterior/posterior) was established by using the soft tissue nasion as the zero point. Twenty-nine measurement points were established on the 3-D image and 43 linear measurements, 8 angular measurements, 29 linear distance ratios were obtained. The results are as follows; there were significant differences between males and females in the nasofrontal angle (male: 142°, female: 147°) and transverse nasal prominence (male: 112°, female: 116°) ($p < 0.05$). The transverse upper lip prominence was 107° in males, 106° in females and the transverse mandibular prominence was 76° in both males and females. Li-Me' was 0.4 times the length of Go-Me' (mandibular body length) and the mouth height was also 0.4 times the width of the mouth width. The linear distance ratio from the coronal reference plane of FT, Zy, Pn, ULPm, Li, Me' was -1/-1/1/0.5/0.5/-0.6 respectively. The 3-D facial model of Korean adults with normal occlusion were be constructed using coordinate values and linear measurement values. These data may be used as a reference in 3-D diagnosis and treatment planning for malocclusion and dentofacial deformity patients and applied for 3-D analysis of facial soft tissue changes before and after orthodontic treatment and orthognathic surgery.

Korean J Orthod 2006;36(1):14-29

※ **Key words:** 3-D laser scanner, 3-D coordinate system, Facial proportion, 3-D facial model

^a Professor, ^b Graduate Student, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

Corresponding author: Hyung-Seon Baik

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 134 Shinchon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul 120-752, Korea

+82 2 2228 8774

baik@yumc.yonsei.ac.kr

Received June 22, 2005; Last Revision September 16, 2005; Accepted September 18, 2005