



## 저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학 석사 학위논문

Analysis of soft tissue deviation  
dependency on different  
postures using 3D cephalometry  
and development of the standard  
model to analyze the deviation

3차원 두부계측학을 이용한 연조직 기준점의  
자세에 따른 변위와 이를 구하기 위한  
표준모델의 개발

2014 년 2 월

서울대학교 대학원

치의학대학원 치의학과

김 연 수

Analysis of soft tissue deviation  
dependency on different postures using  
3D cephalometry and development of  
the standard model to analyze the  
deviation

지도 교수 이 원 진

이 논문을 치의학 석사 학위논문으로 제출함  
2014 년 10 월

서울대학교 대학원  
치의학과  
김 연 수

김연수의 치의학 석사 학위논문을 인준함  
2014 년 12 월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

# 초 록

치과영역에서 진단과 치료계획에 있어서 영상정보의 중요성은 빠르게 커지고 있다. 기술의 발달로 영상정보를 얻을 수 있는 방법이 매우 많아지고 있으며 더 저렴하고도 효과적인 연조직 정보를 채득하는 방법들이 개발되고 있다. 본 논문에서는 규격화되어 있는 경조직 규격방사선과는 달리 아직 확실히 규격화되어있지 않고, 치과영역에서는 널리 쓰이지 않는 Structured-light 방식의 3D 스캐너를 이용하여 연조직 정보를 얻어, 이를 이용하여 자세에 따른 연조직의 이동에 관해서 연구해 보았다. 3D 스캐너가 자세에 따른 연조직의 변화를 비교할 수 있는 지에 대해서 연구해 본 결과, 미리 자세와 장비의 설정을 정하여 둔다면, 많지 않은 교육을 받은 연구자 일지라도 비교적 정확하고 빠르고 저렴한 가격에 그렇게 할 수 있다는 결론이 나왔다. . 3D 스캐너의 정확도와 연조직 기준점들의 재현성/정확성을 인한 결과 오차의 정도는 2mm정도 되었으며 이 정도 오차를 허용할 수 있는 임상적인 부분에서 매우 유용하게 연조직 정보 분석에 이용될 수 있다. 이를 응용하여 자세에 따른 연조직 변화를 알아보았다. 20명의 20/30대 남녀 각각 10명씩 총 20명을 측정해 본 결과 앉아 있을 때와 누워 있을 때의 연조직의 변화가 없다는 결론을 얻게 되었다.

**주요어** : cephalometry, 3D scanner, soft tissue landmark, sit & supine position

**학 번** : 2010-22436

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 재료 및 방법 .....	3
제 1 절 측정방법 .....	3
제 2 절 측정 결과 분석 방법 .....	6
제 3 장 연구 결과 .....	10
제 1 절 기준점 결정의 재현성 분석 .....	10
제 2 절 장비의 스캐닝 정확도 분석 .....	10
제 3 절 자세 변화에 따른 변화 분석 .....	10
제 4 장 토 의 .....	11
제 5 장 결 론 .....	21
참고문헌 .....	22
Abstract .....	26

# 표 목차

[표 1] .....	8
[표 2] .....	9
[표 3] .....	11

# 그림 목차

[그림 1] .....	4
[그림 2] .....	5
[그림 3] .....	5
[그림 4] .....	7
[그림 5] .....	12

# 제 1 장 서 론

치과영역에서 진단과 치료계획에 큰 영향을 차지 하는 것이 영상 정보이다. 뢰트겐이 1895년 x-ray를 발견 한 이후로 빠르게 치과분야에 응용이 되었다. 뢰트겐의 논문발표 14일 후, 독일의 치과의사 Otoo Walkhoff가 자신의 구강 내 방사선 사진을 촬영한 것을 시작으로 많은 발전이 있었다.

교정과 에서는 특별히 규격화된 방사선 사진을 촬영을 진료에 사용하는데 이는 경조직 정보를 얻는데 이용이 된다. 교정과 이외에도 대부분의 치과영역에서 쓰이는 영상정보는 x 선을 이용한 경조직 분석에 쓰인다. CT등에서 연조직 정보를 얻을 수 있기는 하지만 이는 정보가 제한적이며 규격화 되어있지 않고 비용이 많이 들고 복잡한 방법이다.

최근 들어 치과 진료에서 차지하는 많은 부분들이 심미를 추구하고 있다. 하지만 심미 치료의 많은 부분이 경조직에만 의존하는 것이 아닌 연조직에도 크게 의존한다. 따라서 점점 연조직 정보를 체계화 하고 분석하는 도구의 필요성이 커지고 있다. 3D 카메라의 발달로 연조직 역시 과거에 비해 더욱 쉽고 빠르게 정보를 얻을 수 있게 되었다. 그러나 이러한 필요성에 비해서 규격화된 연조직 사진에 대한 이론이 부족한 실정이다.

특히 연조직의 경우 그 특성상 위상학적 관계에 따라 많은 변위가 있을 것이라 생각된다. 예를 들어 우리가 곧게 서있는 자세에서의 연조직과 누워있는 자세에서의 연조직이 결코 같지 않다는 것을 예상해 볼 수 있다.

본 연구는 두 가지 목적을 가지고 있다. 첫 번째로 연조직 정보를 채득하고 분석하는 모델을 개발하고자 한다. 어떻게 하면

효과적으로 연조직 정보를 재현성 있고 정확하게 측정할 수 있을지에 대해서 연구해 보았다. 두 번째로 이러한 모델을 바탕으로 앉아있는 자세에서의 연조직과 누워있는 자세에서의 연조직을 비교하여 차이점이 존재 하는지, 존재 한다면 어느 정도인지 알아보려고 한다. 치과에서 거의 모든 계측은 대상자가 앉아있을 때 행한다. 누워서 계측을 하는 경우는 거의 없다. 그러나 반대로 많은 진료의 많은 부분들이 대상자를 눕히거나 반쯤 눕힌 상태에서 이루어 진다. 따라서 연조직의 변위가 존재한다면 대상자가 눕혀져 있을 때 그 것을 염두에 두고 시술을 해야 할 것이다.

## 제 2 장 재료 및 방법

### 제 1 절 측정 방법

본 측정에 쓰이는 기기는 Mezuid社의 Wizscan 3D이다. 이 기기는 Structure-light 방식을 쓰는 scanner이며 하나의 light source와 하나의 카메라를 갖는다. 최대해상력은 0.2mm로 측정대상의 0.2%이고 최대 정확도는 0.1mm이며 측정대상의 0.1%이다. 측정 범위는 10-500mm까지 할 수 있고 스캔 시간은 4초 내이다.

측정은 20대에서 30대사이의 남자 여자 각각 10명을 대상으로 이루어 졌다. 측정은 한 사람당 두 번에 걸쳐 이루어졌다.

#### 1) 앉은 자세에서의 측정

- A. 대상자는 바닥과 허벅지가 평행이 되게 앉고 바닥에 수직이 되도록 허리를 펴고 의자에 앉는다.
- B. 대상자는 머리를 벽에 대고 눈을 감는다. FH Plane이 최대한 바닥과 평행이 되도록 머리를 고정한다.
- C. 대상자의 머리가 고정이 되도록 양 옆에 자그마한 고정판을 설치한다.
- D. 대상자의 미간으로부터 50cm 떨어진 곳에 카메라의 장축 방향과 FH Plane 과 최대한 일치하도록 카메라를 설치한다.
- E. 측정을 실시한다.
- F. 그림 1은 대상자 중 위와 같은 방법을 이용하여 한 명의 앉았을 때 얻은 3D이미지 이다. 얼굴의 뒷부분 특히

광대에서부터 귀까지의 구조물들의 정확도 크게 떨어진 것이 보인다.

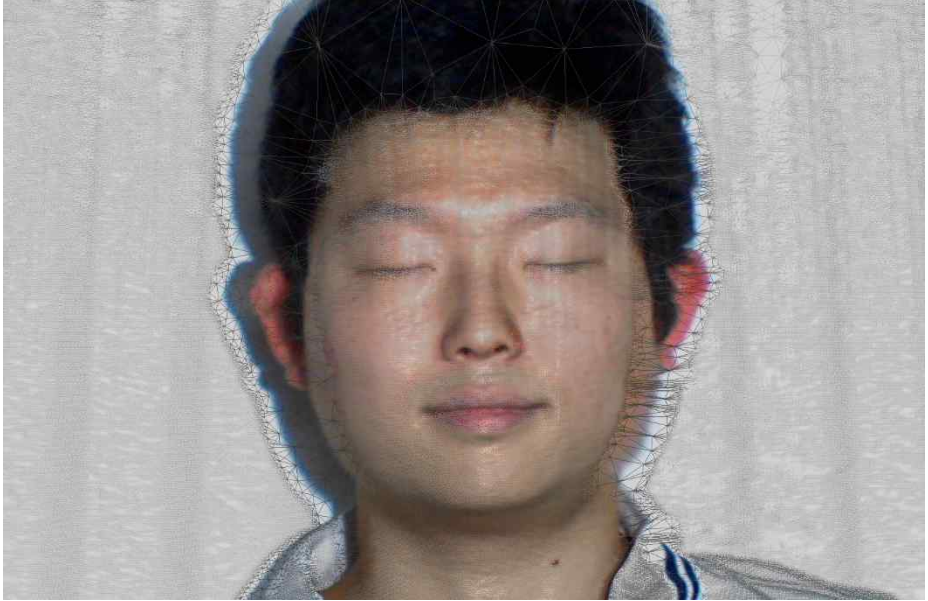


그림 1

## 2) 눕힌 자세에서의 측정

- A. 대상자는 바닥과 평행하게 설치된 간이침대에 눕는다
- B. 머리를 침대에 완전히 기대고 눈을 감는다. FH Plane이 최대한 바닥과 수직이 되도록 머리를 고정한다.
- C. 대상자의 머리가 고정이 될 수 있도록 머리의 양 옆에 자그마한 고정판을 설치한다.
- D. 대상자의 미간으로 xxcm 떨어진 곳에 FH Plane과 최대한 일치하도록 3D 카메라를 설치한다.
- E. 측정을 실시한다.
- F. 그림 2는 대상자 중 한 명의 누웠을 때 얻은 3D 이미지를 옆에서 본 모습이다. 그림 3은 그림 1과 그림

2를 겹쳐서 본 모습이다 왼쪽이 앉았을 때와 오른쪽이 누웠을 때 이다. 육안상으로도 큰 변화가 없음을 확인할 수 있다.



그림 2



그림 3

## 제 2 절 측정 결과 분석 방법

측정에서 쓰이는 기준점들은 표 1와 같다. 기준점의 정의는 표 3과 같다. 모든 기준점들의 정의는 대부분 널리 통용되는 정의를 썼으나 이중에서 orbitale 와 orbitale superius는 현재 통용되고 있는 기존의 정의를 쓰지 않고 표 2의 정의를 썼다. 그 이유는 기존의 정의를 쓰려면 경조직 정보가 꼭 필요한데, 본 논문에서는 경조직 정보를 얻지 않고도 연조직 정보를 채득하는 방법을 모색하였기 때문에 이렇게 하였다. 총 기준점은 이마, 눈 코, 입 네 부분으로 나누어 19종류를 선택하였고 좌우 대칭인 점들을 포함하면 총 28개의 기준점을 선택하였다. 이렇게 선택된 기준점들은 절대적 위치를 비교하지 않고 기준점 glabella와의 상대적 거리 변화를 비교하였다. 기준점을 glabella로 선택한 이유는 가장 변화가 적을 것으로 예상하였기 때문이다. 그림 4는 Glabella로부터 Pronasale를 측정하는 모습이다. 이와 같은 방법으로 27개의 선택된 기준점들은 glabella로부터의 거리가 측정되었다.

측정에서의 재현성과 정확도를 알아보기 위하여 20명중 2명의 대상자를 골라서 기준점 거리측정을 세 번에 걸쳐서 반복하였다. 이렇게 하여 얼마나 재현성과 정확성이 높은지 알아보았다.

또한 장비의 신뢰도 검사를 위하여 역시 2명의 대상자를 골라서 3번에 걸쳐 장비를 이용하여 재 측정하고 각 회 별 차이를 알아보았다.

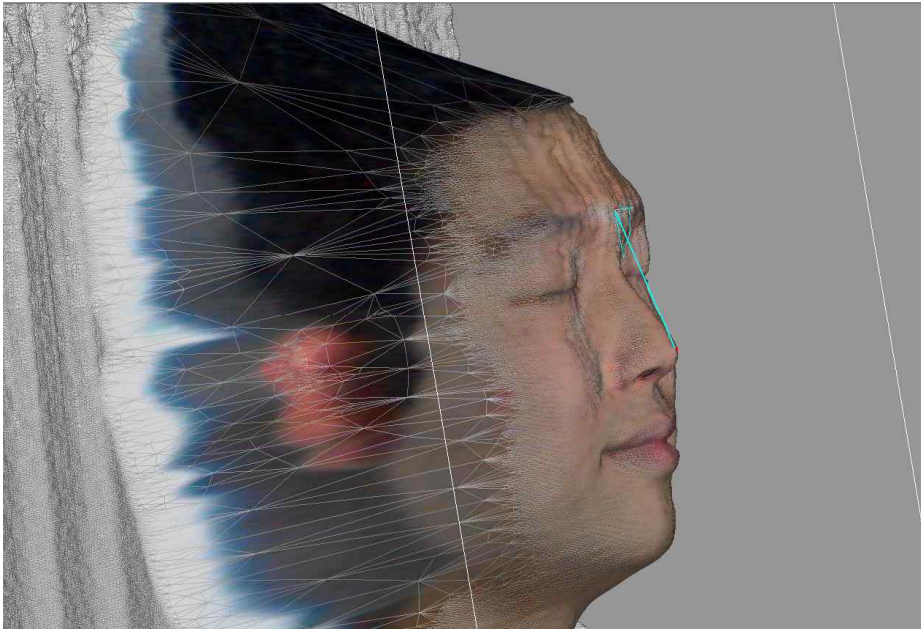


그림 4

기준점		축약	부위
<i>Glabella</i>		g	이마
<i>Sellion</i>		se	
<i>Endocanthion</i>	(Lt, Rt)	en	눈
<i>Exocanthion</i>	(Lt, Rt)	ex	
<i>Maxillofrontale</i>	(Lt, Rt)	mf	
<i>Orbitale</i>	(Lt, Rt)	or	
<i>Orbitale superius</i>	(Lt, Rt)	os	
<i>Pronasale</i>		prn	코
<i>Subnasale</i>		sn	
<i>Alare</i>	(Lt, Rt)	al	
<i>Alar curvature point</i>	(Lt, Rt)	ac	
<i>Subspinale</i>		ss	입
<i>Labiale superius</i>		ls	
<i>Crista philtri</i>	(Lt, Rt)	cph	
<i>Stomion</i>		sto	
<i>Cheilion</i>	(Lt, Rt)	ch	
<i>Labiale inferius</i>		li	
<i>Sublabiale</i>		sl	
<i>Pogonion</i>		pg	

표 1

기준점	정의
<i>Glabella</i>	Glabella (g) is the most anterior midpoint on the frontoorbital soft tissue contour
<i>Sellion</i>	Sellion (se) is the most posterior point of the frontonasal soft tissue contour in the midline of the base of the nasal root.
<i>Endocanthion</i>	Endocanthion (en) is the soft tissue point located at the inner commissure of each eye fissure.
<i>Exocanthion</i>	Exocanthion (ex) is the soft tissue point located at the outer commissure of each eye fissure.
<i>Maxillofrontale</i>	Maxillofrontale (mf) is the soft tissue point located at each lateral margin of the base of the nasal root at the level of the endocanthion.
<i>* Orbitale</i>	Orbitale (or) is the most inferior level of each infraorbital rim
<i>* Orbitale superius</i>	Orbitale superius (os) is the highest point on the lower border of the eyebrow.
<i>Pronasale</i>	Pronasale (prn) is the most anterior midpoint of the nasal tip.
<i>Subnasale</i>	Subnasale (sn) is the midpoint on the nasolabial soft tissue contour between the columella crest and the upper lip.
<i>Alare</i>	Alare (al) is the most lateral point on each alar contour.
<i>Alar curvature point</i>	Alar curvature point (ac) is the point located at the facial insertion of each alar base.
<i>Subspinale</i>	Subspinale (ss) is the most posterior midpoint of the philtrum.
<i>Labiale superius</i>	Labiale superius (ls) is the midpoint of the vermilion line of the upper lip.
<i>Crista philtri</i>	Crista philtri (cph) is the point at each crossing of the vermilion line and the elevated margin of the philtrum.
<i>Stomion</i>	Stomion (sto) is the midpoint of the horizontal labial fissure.
<i>Cheilion</i>	Cheilion (ch) is the point located at each labial commissure.
<i>Labiale inferius</i>	Labiale inferius (li) is the midpoint of the vermilion line of the lower lip.
<i>Sublabiale</i>	Sublabiale (sl) is the most posterior midpoint on the labiomental soft tissue contour that defines the border between the lower lip and the chin.
<i>Pogonion</i>	Soft tissue pogonion (pg) is the most anterior midpoint of the chin.

## 제 3 장 연구결과

### 제 1 절 기준점 결정의 재현성 분석

앉은 자세로 측정된 데이터에서 같은 사람이 3번에 걸쳐서 기준점간 거리를 다시 측정하였다. 두 사람의 데이터를 다시 측정하였으며 총 27개의 거리 데이터에서 가장 큰 오차가 2mm내로 나타났다. 이 수준은 장비의 제작사가 자체적으로 밝힌 오차범위 내에 들어가기 때문에 결과적으로 각 데이터에서 기준점을 선택하는 오차가 그렇게 크지 않다고 평가되었다.

### 제 2 절 장비의 스캐닝 정확도 분석

장비를 이용하여 같은 사람을 3번에 걸쳐 스캐닝 하였다. 앉은 자세에서 측정을 하였으며 그 결과 세 번에 걸쳐 측정된 데이터의 편차가 데이터 평균의 2%가 되지 않았다. 즉 편차는 무시할 수 있을 정도로 컸고 오차의 절대값 역시 최대 2mm정도로 해당 장비의 회사가 밝힌 수준과 비슷한 정도로 측정되었다.

### 제 3 절 자세 변화에 따른 변화 분석

총 27개의 점들이 glabella로부터 거리가 변화하는 경향을 측정한 결과 모두 변화량이 없는 것으로 나왔다. 표 3는 데이터를 정리한 결과이다. ‘뉘어’는 뉘었을 때 ‘앉아’는 앉아있을 때의 데이터이다. 그림 5는 이를 정리하여 각 기준점 별로 나타난 변화의 평균과 분산을 나타낸 그래프다. 26개의 거리는 정규분포에 따르는 것으로 나타나 대응 T 테스트를 하였으며 나머지 하나의 경우에 대해서만 비모수 검정을 하였다. 모두 유의한 변화량이 없는 것을 확인하였다.

즉 누워있으나 앉아있으나 연조직 기준점들은 glabella로부터 동일한 거리를 유지한다.

Landmark	Left/Right	Supine position	Sit postion	p value
Sellion		20.95 ± 3.00	20.95 ± 3.07	0.978
Endocanthion	L	33.10 ± 2.88	33.02 ± 3.42	0.638
Endocanthion	R	32.43 ± 3.72	32.90 ± 3.45	0.235
Exocanthion	L	59.69 ± 5.76	59.31 ± 5.64	0.163
Exocanthion	R	59.06 ± 6.30	59.12 ± 5.95	0.907
Maxillofrontale	L	27.70 ± 3.56	28.04 ± 3.97	0.305
Maxillofrontale	R	27.27 ± 4.08	27.69 ± 3.77	0.307
orbitale	L	57.39 ± 6.76	57.09 ± 7.43	0.484
orbitale	R	57.08 ± 7.49	56.55 ± 7.33	0.099
orbitale superlus	L	48.25 ± 7.70	47.94 ± 8.20	0.572
orbitale superlus	R	48.05 ± 8.50	48.23 ± 8.02	0.764
pronasale		61.42 ± 7.53	61.94 ± 7.43	0.169
subnasale		70.29 ± 7.19	70.73 ± 7.15	0.210
alare	L	68.19 ± 6.55	67.82 ± 6.68	0.312
alare	R	66.20 ± 6.97	66.76 ± 6.71	0.238
alar curvature point	L	71.43 ± 6.57	71.31 ± 7.05	0.728
alar curvature point	R	70.63 ± 6.62	70.90 ± 6.92	0.560
subspinale		75.60 ± 7.22	75.76 ± 7.09	0.666
labiale superius		84.25 ± 7.20	84.59 ± 6.85	0.445
crista philtri	L	83.26 ± 7.03	84.00 ± 7.20	0.091
crista philtri	R	82.68 ± 7.10	83.53 ± 6.83	0.067
stomion		91.91 ± 7.28	92.38 ± 7.30	0.054
cheilion	L	95.65 ± 8.01	96.47 ± 8.13	0.054
	R	95.48 ± 8.51	96.45 ± 8.34	0.058
labiale inferius		101.83 ± 8.86	101.97 ± 8.71	0.786
sublabiale		105.56 ± 7.82	105.55 ± 8.70	0.899
pogonion		120.35 ± 10.38	120.63 ± 9.75	0.721

# Glabella로부터 거리

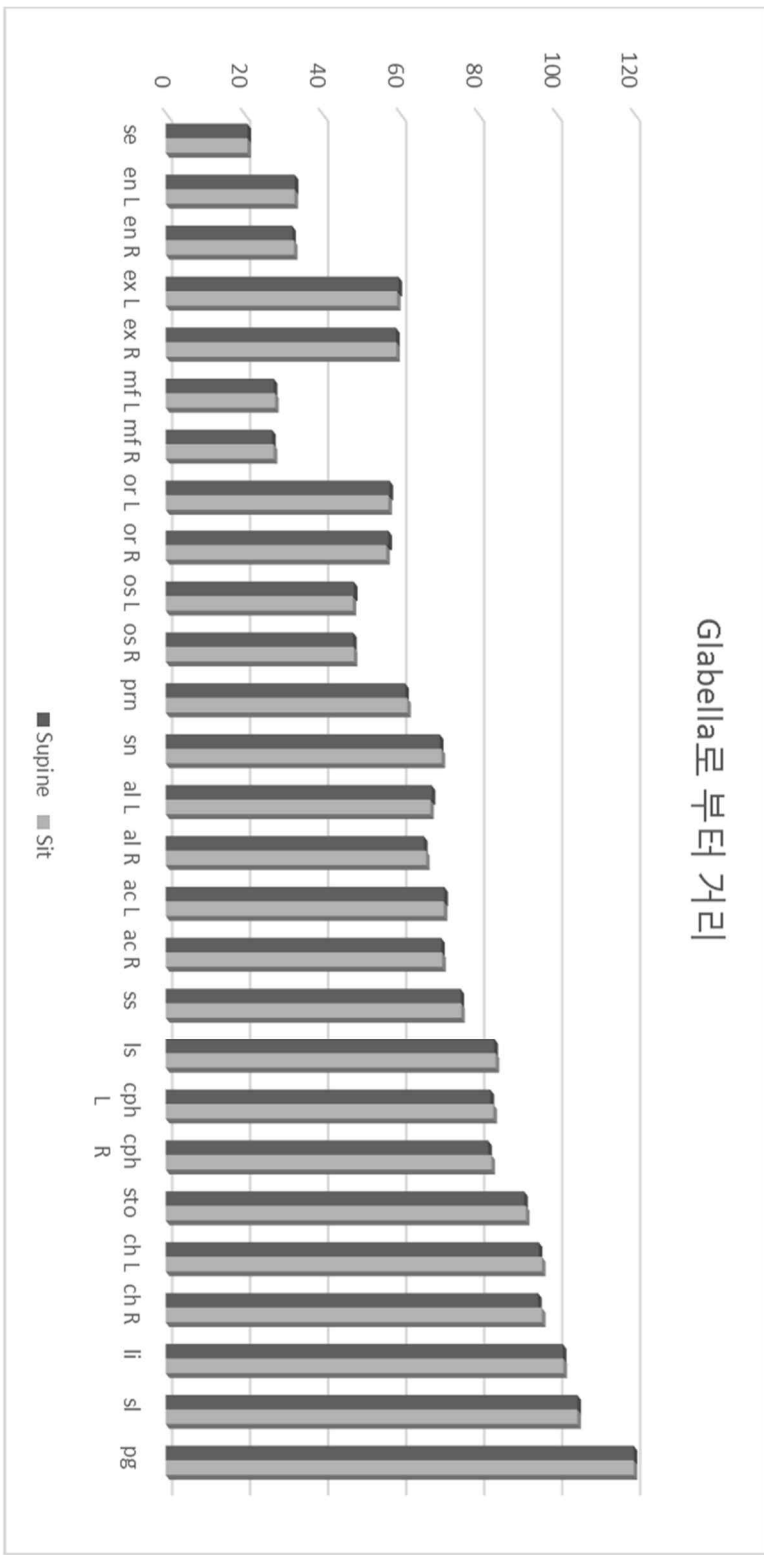


그림 5

## 제 4 장 토의

본 연구에서는 2가지 큰 목적이 있다. 하나는 비교적 간단하고 저렴한 비용으로 연조직의 3D 데이터를 신뢰성 있게 스캐닝 하는 방법이다. 먼저 저렴하고 간단하다라는 항목에 맞출 수 있도록 사용된 장비가 바로 본 실험에서 쓰인 Winzscan 3D이다. 이 장비는 상대적으로 다른 3D스캐너에 비해 저렴하고 그럼에도 불구하고 충분한 정확도를 가지고 있다. 다만 임상에서 쓰기엔 몇 가지 걸림돌이 있다.

첫 번째로 이 스캐너는 3D스캔의 정확도는 뛰어나지만 해상도는 그것보다 떨어진다. 3D스캔의 경우 스캔 결과가 3D Voxel데이터로 변경이 되는데 이 데이터는 x축 y축 z축의 정보가 들어있다. 본 스캐너는 측정된 x축 y축 z 축의 데이터는 정확하게 측정이 가능하나 이러한 voxel들의 간격이 정확도보다는 떨어지게 된다. Voxel들간의 나머지 공간은 측정된 voxel들로부터 보간을 하여 각 중간의 점들을 계산하는 방식이다. 그럼에도 불구하고 이러한 보간법으로 인한 오차가 측정의 정확도를 해치지 않는 것으로 드러났다. 본 본문 제 2절의 실험에서와 같이 장비의 정확도를 측정한 결과 본 장비가 보장하는 2mm내의 정확도내에서 오차가 나왔다. 따라서 연조직 측정이 가능하다고 결론을 내릴 수 있다.

두 번째 문제는 스캐닝에 걸리는 시간이다. 본 스캐너는 structured light를 사용하는 비접촉식 스캐너이다. 타 방식에 비해 빠른 스캐닝 속도를 가지고 있으나 그럼에도 불구하고 5초정도 스캐닝에 시간이 걸린다. 따라서 측정의 정확도를 위해서는 머리를 어떠한 방식으로 고정을 하는 것이 필수이다. 초기에 측정 시 측정대상의 머리가 흔들리는 경우 정확도가 매우 떨어지는 것을

경험하였다. 따라서 임상에서 쓰일 경우 특별한 머리 고정장치가 필요하다. 본 논문의 실험에서는 고무벽돌을 이용하여 머리를 고정하였다.

세 번째 문제는 이 스캐너가 얼굴의 전면을 스캔 하지 못하고 불록형태만 측정이 가능하다는 것이었다. 이 스캐너는 정확도와 스캐닝 속도는 빠르지만 한대의 고정된 카메라를 이용하는 structured light 방식 스캐너여서 가려진 부분은 스캐닝 하지 못한다. 즉 사람의 안면부에서 gnathion의 경우 턱의 위치에 따라서 전면부에서 잘 보이지 않을 수 있다. 또한 귀의 여러 기준점 역시 안면의 광대부에 가려져 정확한 측정이 되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 정면에서 보았을 때 가려지지 않는 얼굴의 연조직 기준점만 측정하였다.

위와 같은 3가지 결림들에 대해서 위와 같이 해결하였다. 이러한 문제점들 외에 이 장비는 여러 가지 장점을 가진다.

첫 번째로 비접촉식이므로 환자의 불편감을 최소화 할 수 있다. 또한 접촉식이나 laser방식에 비해서 월등한 속도를 가진다. 접촉식의 경우 정확도가 매우 큰 것에 비해 얼굴과 같은 대 면적을 스캐닝 하기에 속도가 부적합하다. 또한 대상자의 불편감도 크고 아무리 머리를 고정한다고 하여도 스캐닝 동안 침을 삼킨다던가 하여 연조직이 고정되지 않으므로 부적절하다고 볼 수 있다.

두 번째로는 장비와 측정비용이 매우 저렴하다. 본 연구에서 필요한 연조직분석의 경우 매우 높은 정확도를 요구하지 않는다. 제 1절의 실험에 따르면 어차피 사람이 데이터에 기준점을 표시하는 부분에서 이미 2mm정도의 오차가 생겨난다. 따라서 레이저를 이용한 3D스캐너와 같은 높은 정확도의 비싼 장비들이 필요치 않다.

세 번째로는 장비 사용의 편리함과 신속함이다. 사용자의 경우 미리 세팅만 해놓으면 다른 추가적인 준비 없이 5초내에 스캐닝이 끝이 난다.

이렇게 스캐닝 된 점들을 분석하기 전에 장비의 신뢰성과 정확성 검사와 더불어 기준점의 재현성 검사를 해야 한다. 최대한의 재현성을 위하여 측정자는 한 사람으로 제한하였다. 또한 이러한 측정의 재현성이 보장되는 지 확인하기 위하여 동일한 측정된 데이터 2세트에 대하여 각각 3번씩 기준점을 재측정 하였다. 제 1절에서의 실험에서 드러난 결과처럼 최대 오차는 2mm이내를 만족하였으므로 사람에 의한 측정오차는 무시할 수준으로 생각된다.

따라서 위의 결과들로부터 다음과 같은 첫 번째 결론을 얻을 수 있다.

*Structred-light를 사용한 3D스캐너는 쉽고 정확하고 신뢰성 있는 장비로 다른 장비에 비해 연조직 스캐닝에 있어 뛰어나다고 생각된다.*

본 연구의 두 번째 목적은 위와 같은 신뢰성 있는 장비로 스캐닝 한 연조직을 자세에 따라 비교하여 차이가 있는지, 있다면 얼마나 차이가 존재하는지에 대해서 알아보는 것이다. 이를 위하여 얼굴에 있는 28개 점을 결정하였다. 이런 기준점을 결정하는데 있어 다음과 같은 사항이 고려되었다.

1. 임상적으로 쉽게 찾을 수 있는 점을 선정하였다. 예를 들어 Exo/endocanthion은 그 정의로부터 매우 쉽게 그 점을

파악할 수 있다. 따라서 여러 명의 측정자로부터 여러 번 측정하더라도 그 재현성이 매우 높다. 반면 soft tissue nasion점은 그 정의로부터 frontonasal suture의 정보가 필요하다. 이러한 이유로 3D CT사진 없이는 nasion을 계측하기 매우 어렵고 3D CT사진이 있다 하더라도 이것을 soft tissue에 mapping 하기 어렵고 그 정확도가 확보되지 않기 때문에 이러한 점들은 제외하였다.

2. 얼굴 전체적인 부위를 반영할 수 있는 점을 골랐다. 이 원칙에 따라서 이마/눈/코/입 네 부위로부터 골고루 기준점을 선정하였다. 다만 이마의 경우 임상적으로 의미 있거나 쉽게 채득할 기준점들이 없기에 glabella와 sellion만 채득하였다.
3. 임상적으로 의미 있는 점을 선정하였다. 이러한 점들은 임상적으로 의미 있는 데이터여야 한다. 따라서 심미적인 요인을 결정하는데 많이 쓰이는 점들을 선정하였다. 예를 들어 코의 끝을 의미하는 pronasale같은 점들을 선정하고자 노력하였다.

이렇게 선별된 점들의 위치 변화를 측정하는 데 있어서 효과적인 방법이 필요하다. 본 연구에서는 glabella로부터 떨어진 거리 변화를 측정하는 방식으로 연조직들이 변하는 지에 대해서 알아보았다. 이렇게 한 이유는 다음과 같다.

1. 데이터 분석 툴의 한계로 절대적인 위치를 직접적으로 얻을 수 없었다. 데이터 분석 툴이 지원하는 기능은 점간의 거리 측정과 각도 정도 이다. 따라서 본 연구에서는 거리를 이용하여 연조직 이동을 측정하기로 한다.
2. 거리를 이용하기로 하였다면 기준점이 필요하다. 본 논문의

분석에서는 다음의 가정을 하였다.

‘연조직 기준점들 중, 자세에 따른 변화가  
있다면 가장 적은 점은 glabella일 것이다’

Glabella는 전두-안와에서 가장 튀어나와있는 얼굴의 정중앙의 점이다. 이 점에서 연조직은 매우 얇고 따라서 경조직-뼈의 영향이 가장 클 것이라고 생각하였다. 또한 주위 조직의 두께가 일정하므로 연조직이 이동한다고 하더라도 가장 적은 변위를 보일 것이라고 생각하였다. 이러한 가정을 검증하려면 매 계측마다 glabella의 절대적인 위치를 측정하였어야 하나 지원 장비/소프트웨어의 미비로 하지 못하였다. 따라서 위와 같은 가정을 통해 본 연구에서 모든 분석은 glabella로부터 거리 변화에 집중하였다.

위와 같은 방법으로 분석하면 두 가지 단점이 존재 한다. 첫 번째로 절대적 위치 변화를 구할 수 없으므로 모든 기준점들이 한 방향으로 움직인 경우 그 변화를 구할 수 없게 된다. 예를 들어 앉아서 계측 할 때 보다 누워서 계측 할 때 glabella를 포함한 모든 계측 점들이 정수리 방향으로 이동했을 경우, glabella로부터 상대적 거리를 측정하는 이러한 분석법으로는 알 수 없게 된다. 그러나 본 연구에서는 임상적으로 연조직이 다르게 변형될 경우 그 정도를 알아보는 이유는 심미적인 관심이 있기 때문이다. 만약 위와 같이 절대적으로 모든 위치가 ‘동일한 양’ 만큼 변한다고 하면 임상적으로 그 사실이 크게 중요치 않다. 본 연구의 목적은 임상에 있어 연조직 점들의 상대적 변화가 어떻게 되는 지가 중요하므로 이러한 단점은 무시할 수 있다. 두 번째 단점은 단지 거리의 변화를

측정함으로써 생길 수 있는 오차이다. 사실 수학적으로 따지면 본 분석 방법은 glabella를 원점으로 하는 벡터의 변화 분석과 매우 유사하다. 다만 이런 변화 분석에서 벡터의 방향은 고려하지 않고 거리만 비교하게 된다. 따라서 매우 적은 확률이지만 벡터의 방향만 다르고 크기가 같은 변화만 일어나게 된다면 이러한 분석법으로는 변화가 없는 것으로 나타난다. 다행히 분석결과 연조직의 변위에서 ‘같은 거리’에 있는 점들이 1200여개의 점들 중 2개 정도만 발견 되었으므로 이러한 단점 역시 무시할 수 있다고 하겠다.

다른 생각해볼 점으로는, 아직까지 연조직을 structured light 방식으로 scanning한 경우 정확히 정해진 protocol이 존재하지 않는다는 점이다. 기존의 cephalometry에서도 protocol이 있긴 하나 각 장비마다 조그만 기준의 차이로 다른 장비에서 측정한 데이터는 직접적인 비교가 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 어떻게 하면 효율적으로 정확히 연조직을 채득할지에 대해서 고민해 보았다. 먼저 측정의 신뢰도를 위하여 장비세팅에 대한 기준이 필요하다고 생각이 되었다. 그래서 나온 것이 제 2장 1절의 측정방법이다. 먼저 모든 대상자들에게 같은 자세를 유지하게 하였다. 기본 자세에 대한 기존의 연구들은 많다. 어떤 것이 natural position인지에 대한 논란도 많으나 본 연구에서는 측정의 편의를 위하여 되도록이면 바닥에 평행하게 두개골을 위치시키고 고정하는 방법을 택하였다. 이러한 방법으로 쉽게 선택할 수 있는 plane은 Frankfort Horizontal plane이다. 이 평면은 임상적으로 결정되기 쉽고 3D CT cephalometry 데이터가 필요하지 않다. 따라서 본 연구에서와 같이 간단하고 쉬운 측정에 잘 맞는 평면이라고 할 수 있겠다. 또한 이 평면을 기준으로 하면

정면에서 보기에 두개골이 바닥에 대하여 평행하게 된다. 이러한 장점으로 측정시 FH plane 이 바닥에 평행하게 유지되도록 하였다. 다만 아주 엄격하게 FH plane을 결정하기 힘들고 본 연구에서는 3D 데이터의 절대적인 위치를 결정하는 것이 아닌 상대적인 위치를 결정하는 것이므로 아주 완벽하게 평행을 요구하는 장치를 따로 추가하거나 하지 않았다. 임상적으로 허용될 수 있는 범위에서 FH plane을 평행하게 하였다.

또한 만약에 있을 오차에 대비하여 3D 스캐너와 50cm거리에 glabella가 위치하도록 하고 FH plane에 3D 스캐너의 중점이 일치하도록 평행하게 두었다. 이론적으로는 3D 스캐너의 거리와 방향에 상관없이 결과가 나와야 한다. 그러나 이러한 사실과 별개로 외부적인 요인에 의한 오차를 줄이고자 50cm라는 거리를 정하였다. 50cm라는 거리는 제조사에서 정한 것이 아닌 임의의 값이다. 3D 스캐너의 촬영 범위 안에 얼굴이 알맞은 크기로 들어가고 거리의 측정도 쉬운 값을 정하였다. 또한 FH plane에 3D 스캐너를 위치시키면 여러가지 연조직 기준점들이 다른 구조물이 가려지지 않고 적당한 위치에서 측정하게 된다. 예를 들어 FH Plane보다 높은 각도로 3D 스캐너가 있다면 subnasale와 같은 점들은 코에 가려서 보이지 않게 된다. FH plane과 평행하게 스캐너를 놓았을 때 얼굴 기준점의 가장 많은 점들이 가려지지 않게 된다.

위와 같은 방법으로 분석을 한 결과 27개의 기준점간의 거리 모두 차이가 없게 나왔다. 즉 자세에 따른 연조직의 상대적 변화는 무시할 수 있는 수준으로 나왔다. 다만 본 장비의 특성과 사람 계측의 특성상 2mm이하의 움직임은 관찰할 수 없다. 따라서

연조직의 변화가 있더라도 2mm이하라고 할 수 있겠다. 임상에 있어서 어떠한 응용에 대해서는 2mm의 정확도가 부족할 수 있다. 1mm의 크기만 달라지더라도 결과가 바뀌게 되는 경우가 생길 수 있다. 다만 보통의 많은 경우 2mm정도의 오차는 임상에서 충분히 적용 가능할 것이라고 생각된다. 따라서 본 연구의 두 번째 결론은 다음과 같다.

3D 스캐너로 앉을 때 자세와 누워있을 때 안면부 연조직의 상대적 위치를 분석한 결과 큰 차이가 없다.

## 제 5 장 결론

1. Structured-light 방식 3D 스캐너는 임상에 쓰이기에 적합한 정확도와 비용, 간편함을 가지고 있다.
2. 정확한 스캐닝을 위해서는 대상자와 거리, 두개골과의 평행관계 등 미리 준비된 장비 설정이 필요하다.
3. 누워있을 때와 앉아있을 때, 자세에 변화에 따른 연조직간 거리 변화는 없거나 있더라도 임상적으로 무시할 수 있는 작은 수준이다.

## 참고 문헌

Abbott AH, Netherway DJ, David DJ, Brown T. “Craniofacial osseous landmark determination from stereo computer tomography reconstructions.” *Ann Acad Med Singapore*. 1990; 19:595–604

Arridge SR, Moss JP, Linney AD. “Three dimensional digitization of the face and skull.” *J Maxillofac Surg*. 1985; 13:136–143

Ayoub A, Garrahy A, Hood C, White J, Bock M, Siebert JP, Spencer R, Ray A. Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system. *Cleft Palate Craniofac J*. 2003; 40:523–529

Bhatia G, Vannier MW, Smith KE, Commean PK, Riolo J, Young VL. Quantification of facial surface change using a structured light scanner. *Plast Reconstr Surg*. 1994; 94:768–774

Bush K, Antonyshyn O. Three-dimensional facial anthropometry using a laser surface scanner: validation of the technique. *Plast Reconstr Surg*. 1996; 98:226–235

Chen LH, Tsutsumi S, Hyo Y, Iizuka T. A rapid three-dimensional measurement system for facial morphology by laser multi-slits. *Int J Prosthodont*. 1993; 6:573–578

Coombes AM, Moss JP, Linney AD, Richards R, James DR. A mathematical method for the comparison of three-dimensional changes in the facial surface. *Eur J Orthod*. 1991; 13:95–110

Coward TJ, Watson RM, Scott BJ. Laser scanning for the identification of repeatable landmarks of the ears and face. *Br J Plast Surg*. 1997; 50:308–314

Da Silveira AC, Daw JL, Jr., Kusnoto B, Evans C, Cohen M. Craniofacial applications of three-dimensional laser surface scanning. *J Craniofac Surg*. 2003; 14:449–456

Douglas TS. Image processing for craniofacial landmark identification and measurement: a review of photogrammetry and cephalometry. *Comput Med Imaging Graph*. 2004; 28:401–409

Farkas LG, Bryson W, Klotz J. Is photogrammetry of the face reliable? *Plast Reconstr Surg*. 1980; 66:346–355

Farkas LG, Deutsch CK. Two new instruments to identify the standard positions of the head and face during anthropometry. *Plast Reconstr Surg*. 1982; 69:879–880

Farkas LG. Accuracy of anthropometric measurements: past, present, and future. *Cleft Palate Craniofac J*. 1996; 33:10–18

Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Tartaglia G. Distance from symmetry: a three-dimensional evaluation of facial asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg*. 1994; 52:1126–1132

Ferrario VF, Sforza C, Schmitz JH, Santoro F. Three-dimensional facial morphometric assessment of soft tissue changes after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999; 88:549–556

Forrai, Judit. "History of x-ray in dentistry." *Rev. Clín. Pesq. Odontol* 3.3 (2007): 205–211.

Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT. Three-dimensional assessment of facial soft-tissue asymmetry before and after orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2004; 42:396–

Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T. Three-dimensional analysis of facial morphology using moiré stripes. Part I. Method. *Int. J. Oral Maxillofac Surg.* 1990; 19:356–358

Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004; 19:228–231

Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122:342–348

Nagasaka S, Fujimura T, Segoshi K. Development of a non-radiographic cephalometric system. *Eur J Orthod.* 2003; 25:77–85

O'Grady KF, Antonyshyn OM. Facial asymmetry: three-dimensional analysis using laser surface scanning. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 104:928–937

Ongkosuwito EM, Katsaros C, van 't Hof MA, Bodegom JC, Kuijpers-Jagtman AM. The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods. *Eur J Orthod.* 24: 2002:655–665

Rocchini, C. M. P. P. C., et al. "A low cost 3D scanner based on structured light." *Computer Graphics Forum.* Vol. 20. No. 3. Blackwell Publishers Ltd, 2001.

Soncul M, Bamber MA. The reproducibility of the head position for alaser scan using a novel morphometric analysis for

orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2000; 29:86–9

Tiddeman B, Duffy N, Rabey G. Construction and visualisation of three-dimensional facial statistics. *Comput Methods Programs Biomed.* 2000; 63:9–20

Yamada T, Sugahara T, Mori Y, Sakuda M. Rapid three-dimensional measuring system for facial surface structure. *Plast Reconstr Surg.* 1998; 102:2108–2113

## Abstract

# Analysis of soft tissue deviation dependency on different postures using 3D cephalometry and development of the standard model to analyze the deviation

Younsoo Kim

Department of Dentistry

School of Dentistry

Seoul National University

In diagnosis and treatment planning, the importance of image information is getting increase. Owing to the rapid technology development, new methods which are more cost-effective, easy to use are invented to get soft tissue information of face. In this article structured light 3D scanner was used which is unconventional method in dental cephalometry contrast to the “well-standardized” 3D CT cephalometry. Using 3D scanner, we tried to observe the deviation of soft tissue landmark due to the position of head. We studied whether this cost-effective 3d scanner can be used to compare soft tissue landmark or measure the alteration of soft tissue. It is shown that this affordable 3D scanner can determine the displacement of the soft tissue very

accurately and quickly even by untrained person if the settings of equipment and appropriate position of subjects are prepared. The observational error was within 2mm so that this method can be very useful in dental area. As it is confirmed that the 3D scanner can determine reproducible and precise soft tissue landmark the scanner can be used in analysis of soft tissue deviation due to the posture of subjects. 10 male and 10 female of 20/30s are measured. In result the deviation of soft tissue is very little between in sitting position and in supine position.

**Keywords :** cephalometry, 3D scanner, soft tissue landmark, sit & supine position

**Student Number :** 2010-22436



## 저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학 석사 학위논문

Analysis of soft tissue deviation  
dependency on different  
postures using 3D cephalometry  
and development of the standard  
model to analyze the deviation

3차원 두부계측학을 이용한 연조직 기준점의  
자세에 따른 변위와 이를 구하기 위한  
표준모델의 개발

2014 년 2 월

서울대학교 대학원

치의학대학원 치의학과

김 연 수

Analysis of soft tissue deviation  
dependency on different postures using  
3D cephalometry and development of  
the standard model to analyze the  
deviation

지도 교수 이 원 진

이 논문을 치의학 석사 학위논문으로 제출함  
2014 년 10 월

서울대학교 대학원  
치의학과  
김 연 수

김연수의 치의학 석사 학위논문을 인준함  
2014 년 12 월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

# 초 록

치과영역에서 진단과 치료계획에 있어서 영상정보의 중요성은 빠르게 커지고 있다. 기술의 발달로 영상정보를 얻을 수 있는 방법이 매우 많아지고 있으며 더 저렴하고도 효과적인 연조직 정보를 채득하는 방법들이 개발되고 있다. 본 논문에서는 규격화되어 있는 경조직 규격방사선과는 달리 아직 확실히 규격화되어있지 않고, 치과영역에서는 널리 쓰이지 않는 Structured-light 방식의 3D 스캐너를 이용하여 연조직 정보를 얻어, 이를 이용하여 자세에 따른 연조직의 이동에 관해서 연구해 보았다. 3D 스캐너가 자세에 따른 연조직의 변화를 비교할 수 있는 지에 대해서 연구해 본 결과, 미리 자세와 장비의 설정을 정하여 둔다면, 많지 않은 교육을 받은 연구자 일지라도 비교적 정확하고 빠르고 저렴한 가격에 그렇게 할 수 있다는 결론이 나왔다. . 3D 스캐너의 정확도와 연조직 기준점들의 재현성/정확성을 인한 결과 오차의 정도는 2mm정도 되었으며 이 정도 오차를 허용할 수 있는 임상적인 부분에서 매우 유용하게 연조직 정보 분석에 이용될 수 있다. 이를 응용하여 자세에 따른 연조직 변화를 알아보았다. 20명의 20/30대 남녀 각각 10명씩 총 20명을 측정해 본 결과 앉아 있을 때와 누워 있을 때의 연조직의 변화가 없다는 결론을 얻게 되었다.

**주요어** : cephalometry, 3D scanner, soft tissue landmark, sit & supine position

**학 번** : 2010-22436

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 재료 및 방법 .....	3
제 1 절 측정방법 .....	3
제 2 절 측정 결과 분석 방법 .....	6
제 3 장 연구 결과 .....	10
제 1 절 기준점 결정의 재현성 분석 .....	10
제 2 절 장비의 스캐닝 정확도 분석 .....	10
제 3 절 자세 변화에 따른 변화 분석 .....	10
제 4 장 토 의 .....	11
제 5 장 결 론 .....	21
참고문헌 .....	22
Abstract .....	26

# 표 목차

[표 1] .....	8
[표 2] .....	9
[표 3] .....	11

# 그림 목차

[그림 1] .....	4
[그림 2] .....	5
[그림 3] .....	5
[그림 4] .....	7
[그림 5] .....	12

# 제 1 장 서 론

치과영역에서 진단과 치료계획에 큰 영향을 차지 하는 것이 영상 정보이다. 뢰트겐이 1895년 x-ray를 발견 한 이후로 빠르게 치과분야에 응용이 되었다. 뢰트겐의 논문발표 14일 후, 독일의 치과의사 Otoo Walkhoff가 자신의 구강 내 방사선 사진을 촬영한 것을 시작으로 많은 발전이 있었다.

교정과 에서는 특별히 규격화된 방사선 사진을 촬영을 진료에 사용하는데 이는 경조직 정보를 얻는데 이용이 된다. 교정과 이외에도 대부분의 치과영역에서 쓰이는 영상정보는 x 선을 이용한 경조직 분석에 쓰인다. CT등에서 연조직 정보를 얻을 수 있기는 하지만 이는 정보가 제한적이며 규격화 되어있지 않고 비용이 많이 들고 복잡한 방법이다.

최근 들어 치과 진료에서 차지하는 많은 부분들이 심미를 추구하고 있다. 하지만 심미 치료의 많은 부분이 경조직에만 의존하는 것이 아닌 연조직에도 크게 의존한다. 따라서 점점 연조직 정보를 체계화 하고 분석하는 도구의 필요성이 커지고 있다. 3D 카메라의 발달로 연조직 역시 과거에 비해 더욱 쉽고 빠르게 정보를 얻을 수 있게 되었다. 그러나 이러한 필요성에 비해서 규격화된 연조직 사진에 대한 이론이 부족한 실정이다.

특히 연조직의 경우 그 특성상 위상학적 관계에 따라 많은 변위가 있을 것이라 생각된다. 예를 들어 우리가 곧게 서있는 자세에서의 연조직과 누워있는 자세에서의 연조직이 결코 같지 않다는 것을 예상해 볼 수 있다.

본 연구는 두 가지 목적을 가지고 있다. 첫 번째로 연조직 정보를 채득하고 분석하는 모델을 개발하고자 한다. 어떻게 하면

효과적으로 연조직 정보를 재현성 있고 정확하게 측정할 수 있을지에 대해서 연구해 보았다. 두 번째로 이러한 모델을 바탕으로 앉아있는 자세에서의 연조직과 누워있는 자세에서의 연조직을 비교하여 차이점이 존재 하는지, 존재 한다면 어느 정도인지 알아보려고 한다. 치과에서 거의 모든 계측은 대상자가 앉아있을 때 행한다. 누워서 계측을 하는 경우는 거의 없다. 그러나 반대로 많은 진료의 많은 부분들이 대상자를 눕히거나 반쯤 눕힌 상태에서 이루어 진다. 따라서 연조직의 변위가 존재한다면 대상자가 눕혀져 있을 때 그 것을 염두에 두고 시술을 해야 할 것이다.

## 제 2 장 재료 및 방법

### 제 1 절 측정 방법

본 측정에 쓰이는 기기는 Mezuid社의 Wizscan 3D이다. 이 기기는 Structure-light 방식을 쓰는 scanner이며 하나의 light source와 하나의 카메라를 갖는다. 최대해상력은 0.2mm로 측정대상의 0.2%이고 최대 정확도는 0.1mm이며 측정대상의 0.1%이다. 측정 범위는 10-500mm까지 할 수 있고 스캔 시간은 4초 내이다.

측정은 20대에서 30대사이의 남자 여자 각각 10명을 대상으로 이루어 졌다. 측정은 한 사람당 두 번에 걸쳐 이루어졌다.

#### 1) 앉은 자세에서의 측정

- A. 대상자는 바닥과 허벅지가 평행이 되게 앉고 바닥에 수직이 되도록 허리를 펴고 의자에 앉는다.
- B. 대상자는 머리를 벽에 대고 눈을 감는다. FH Plane이 최대한 바닥과 평행이 되도록 머리를 고정한다.
- C. 대상자의 머리가 고정이 되도록 양 옆에 자그마한 고정판을 설치한다.
- D. 대상자의 미간으로부터 50cm 떨어진 곳에 카메라의 장축 방향과 FH Plane 과 최대한 일치하도록 카메라를 설치한다.
- E. 측정을 실시한다.
- F. 그림 1은 대상자 중 위와 같은 방법을 이용하여 한 명의 앉았을 때 얻은 3D이미지 이다. 얼굴의 뒷부분 특히

광대에서부터 귀까지의 구조물들의 정확도 크게 떨어진 것이 보인다.

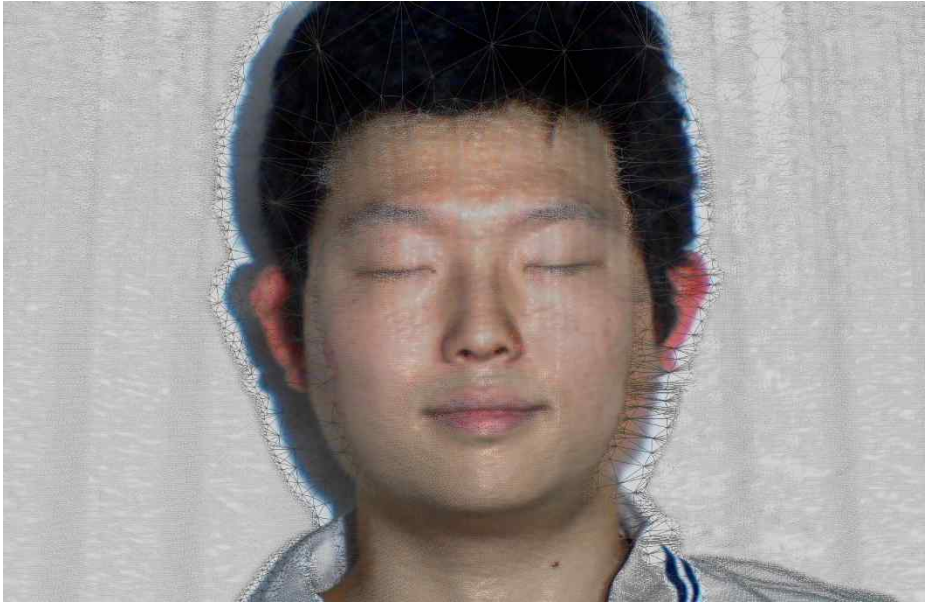


그림 1

## 2) 눕힌 자세에서의 측정

- A. 대상자는 바닥과 평행하게 설치된 간이침대에 눕는다
- B. 머리를 침대에 완전히 기대고 눈을 감는다. FH Plane이 최대한 바닥과 수직이 되도록 머리를 고정한다.
- C. 대상자의 머리가 고정이 될 수 있도록 머리의 양 옆에 자그마한 고정판을 설치한다.
- D. 대상자의 미간으로 xxcm 떨어진 곳에 FH Plane과 최대한 일치하도록 3D 카메라를 설치한다.
- E. 측정을 실시한다.
- F. 그림 2는 대상자 중 한 명의 누웠을 때 얻은 3D 이미지를 옆에서 본 모습이다. 그림 3은 그림 1과 그림

2를 겹쳐서 본 모습이다 왼쪽이 앉았을 때와 오른쪽이 누웠을 때 이다. 육안상으로도 큰 변화가 없음을 확인할 수 있다.



그림 2



그림 3

## 제 2 절 측정 결과 분석 방법

측정에서 쓰이는 기준점들은 표 1와 같다. 기준점의 정의는 표 3과 같다. 모든 기준점들의 정의는 대부분 널리 통용되는 정의를 썼으나 이중에서 orbitale 와 orbitale superius는 현재 통용되고 있는 기존의 정의를 쓰지 않고 표 2의 정의를 썼다. 그 이유는 기존의 정의를 쓰려면 경조직 정보가 꼭 필요한데, 본 논문에서는 경조직 정보를 얻지 않고도 연조직 정보를 채득하는 방법을 모색하였기 때문에 이렇게 하였다. 총 기준점은 이마, 눈 코, 입 네 부분으로 나누어 19종류를 선택하였고 좌우 대칭인 점들을 포함하면 총 28개의 기준점을 선택하였다. 이렇게 선택된 기준점들은 절대적 위치를 비교하지 않고 기준점 glabella와의 상대적 거리 변화를 비교하였다. 기준점을 glabella로 선택한 이유는 가장 변화가 적을 것으로 예상하였기 때문이다. 그림 4는 Glabella로부터 Pronasale를 측정하는 모습이다. 이와 같은 방법으로 27개의 선택된 기준점들은 glabella로부터의 거리가 측정되었다.

측정에서의 재현성과 정확도를 알아보기 위하여 20명중 2명의 대상자를 골라서 기준점 거리측정을 세 번에 걸쳐서 반복하였다. 이렇게 하여 얼마나 재현성과 정확성이 높은지 알아보았다.

또한 장비의 신뢰도 검사를 위하여 역시 2명의 대상자를 골라서 3번에 걸쳐 장비를 이용하여 재 측정하고 각 회 별 차이를 알아보았다.

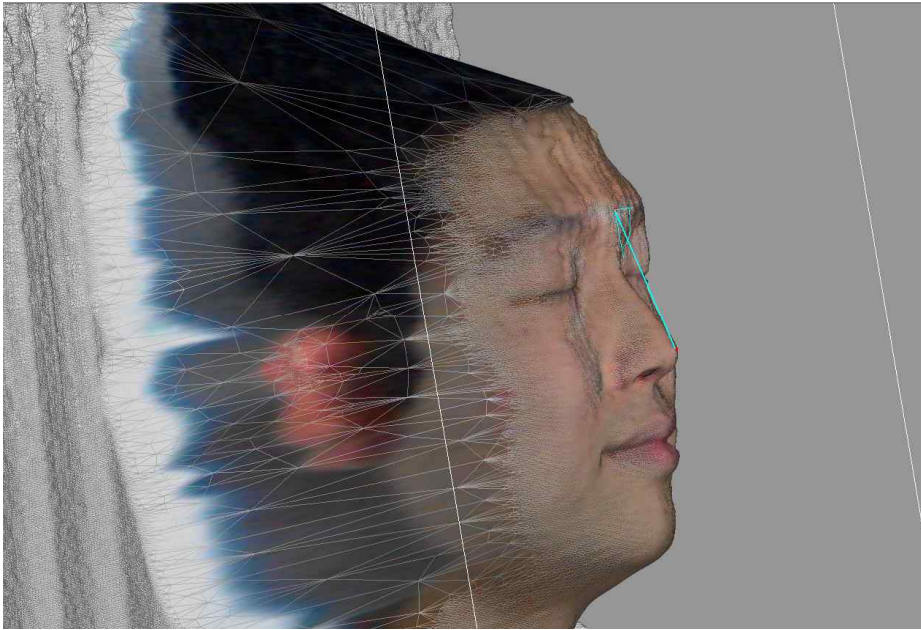


그림 4

기준점		축약	부위
<i>Glabella</i>		g	이마
<i>Sellion</i>		se	
<i>Endocanthion</i>	(Lt, Rt)	en	눈
<i>Exocanthion</i>	(Lt, Rt)	ex	
<i>Maxillofrontale</i>	(Lt, Rt)	mf	
<i>Orbitale</i>	(Lt, Rt)	or	
<i>Orbitale superius</i>	(Lt, Rt)	os	
<i>Pronasale</i>		prn	코
<i>Subnasale</i>		sn	
<i>Alare</i>	(Lt, Rt)	al	
<i>Alar curvature point</i>	(Lt, Rt)	ac	
<i>Subspinale</i>		ss	입
<i>Labiale superius</i>		ls	
<i>Crista philtri</i>	(Lt, Rt)	cph	
<i>Stomion</i>		sto	
<i>Cheilion</i>	(Lt, Rt)	ch	
<i>Labiale inferius</i>		li	
<i>Sublabiale</i>		sl	
<i>Pogonion</i>		pg	

표 1

기준점	정의
<i>Glabella</i>	Glabella (g) is the most anterior midpoint on the frontoorbital soft tissue contour
<i>Sellion</i>	Sellion (se) is the most posterior point of the frontonasal soft tissue contour in the midline of the base of the nasal root.
<i>Endocanthion</i>	Endocanthion (en) is the soft tissue point located at the inner commissure of each eye fissure.
<i>Exocanthion</i>	Exocanthion (ex) is the soft tissue point located at the outer commissure of each eye fissure.
<i>Maxillofrontale</i>	Maxillofrontale (mf) is the soft tissue point located at each lateral margin of the base of the nasal root at the level of the endocanthion.
<i>* Orbitale</i>	Orbitale (or) is the most inferior level of each infraorbital rim
<i>* Orbitale superius</i>	Orbitale superius (os) is the highest point on the lower border of the eyebrow.
<i>Pronasale</i>	Pronasale (prn) is the most anterior midpoint of the nasal tip.
<i>Subnasale</i>	Subnasale (sn) is the midpoint on the nasolabial soft tissue contour between the columella crest and the upper lip.
<i>Alare</i>	Alare (al) is the most lateral point on each alar contour.
<i>Alar curvature point</i>	Alar curvature point (ac) is the point located at the facial insertion of each alar base.
<i>Subspinale</i>	Subspinale (ss) is the most posterior midpoint of the philtrum.
<i>Labiale superius</i>	Labiale superius (ls) is the midpoint of the vermilion line of the upper lip.
<i>Crista philtri</i>	Crista philtri (cph) is the point at each crossing of the vermilion line and the elevated margin of the philtrum.
<i>Stomion</i>	Stomion (sto) is the midpoint of the horizontal labial fissure.
<i>Cheilion</i>	Cheilion (ch) is the point located at each labial commissure.
<i>Labiale inferius</i>	Labiale inferius (li) is the midpoint of the vermilion line of the lower lip.
<i>Sublabiale</i>	Sublabiale (sl) is the most posterior midpoint on the labiomental soft tissue contour that defines the border between the lower lip and the chin.
<i>Pogonion</i>	Soft tissue pogonion (pg) is the most anterior midpoint of the chin.

## 제 3 장 연구결과

### 제 1 절 기준점 결정의 재현성 분석

앉은 자세로 측정된 데이터에서 같은 사람이 3번에 걸쳐서 기준점간 거리를 다시 측정하였다. 두 사람의 데이터를 다시 측정하였으며 총 27개의 거리 데이터에서 가장 큰 오차가 2mm내로 나타났다. 이 수준은 장비의 제작사가 자체적으로 밝힌 오차범위 내에 들어가기 때문에 결과적으로 각 데이터에서 기준점을 선택하는 오차가 그렇게 크지 않다고 평가되었다.

### 제 2 절 장비의 스캐닝 정확도 분석

장비를 이용하여 같은 사람을 3번에 걸쳐 스캐닝 하였다. 앉은 자세에서 측정을 하였으며 그 결과 세 번에 걸쳐 측정된 데이터의 편차가 데이터 평균의 2%가 되지 않았다. 즉 편차는 무시할 수 있을 정도로 컸고 오차의 절대값 역시 최대 2mm정도로 해당 장비의 회사가 밝힌 수준과 비슷한 정도로 측정되었다.

### 제 3 절 자세 변화에 따른 변화 분석

총 27개의 점들이 glabella로부터 거리가 변화하는 경향을 측정한 결과 모두 변화량이 없는 것으로 나왔다. 표 3는 데이터를 정리한 결과이다. ‘뉘어’ 는 뉘었을 때 ‘앉아’ 는 앉아있을 때의 데이터이다. 그림 5는 이를 정리하여 각 기준점 별로 나타난 변화의 평균과 분산을 나타낸 그래프다. 26개의 거리는 정규분포에 따르는 것으로 나타나 대응 T 테스트를 하였으며 나머지 하나의 경우에 대해서만 비모수 검정을 하였다. 모두 유의한 변화량이 없는 것을 확인하였다.

즉 누워있으나 앉아있으나 연조직 기준점들은 glabella로부터 동일한 거리를 유지한다.

Landmark	Left/Right	Supine position	Sit postion	p value
Sellion		20.95 ± 3.00	20.95 ± 3.07	0.978
Endocanthion	L	33.10 ± 2.88	33.02 ± 3.42	0.638
Endocanthion	R	32.43 ± 3.72	32.90 ± 3.45	0.235
Exocanthion	L	59.69 ± 5.76	59.31 ± 5.64	0.163
Exocanthion	R	59.06 ± 6.30	59.12 ± 5.95	0.907
Maxillofrontale	L	27.70 ± 3.56	28.04 ± 3.97	0.305
Maxillofrontale	R	27.27 ± 4.08	27.69 ± 3.77	0.307
orbitale	L	57.39 ± 6.76	57.09 ± 7.43	0.484
orbitale	R	57.08 ± 7.49	56.55 ± 7.33	0.099
orbitale superlus	L	48.25 ± 7.70	47.94 ± 8.20	0.572
orbitale superlus	R	48.05 ± 8.50	48.23 ± 8.02	0.764
pronasale		61.42 ± 7.53	61.94 ± 7.43	0.169
subnasale		70.29 ± 7.19	70.73 ± 7.15	0.210
alare	L	68.19 ± 6.55	67.82 ± 6.68	0.312
alare	R	66.20 ± 6.97	66.76 ± 6.71	0.238
alar curvature point	L	71.43 ± 6.57	71.31 ± 7.05	0.728
alar curvature point	R	70.63 ± 6.62	70.90 ± 6.92	0.560
subspinale		75.60 ± 7.22	75.76 ± 7.09	0.666
labiale superius		84.25 ± 7.20	84.59 ± 6.85	0.445
crista philtri	L	83.26 ± 7.03	84.00 ± 7.20	0.091
crista philtri	R	82.68 ± 7.10	83.53 ± 6.83	0.067
stomion		91.91 ± 7.28	92.38 ± 7.30	0.054
cheilion	L	95.65 ± 8.01	96.47 ± 8.13	0.054
	R	95.48 ± 8.51	96.45 ± 8.34	0.058
labiale inferius		101.83 ± 8.86	101.97 ± 8.71	0.786
sublabiale		105.56 ± 7.82	105.55 ± 8.70	0.899
pogonion		120.35 ± 10.38	120.63 ± 9.75	0.721

# Glabella로부터 거리

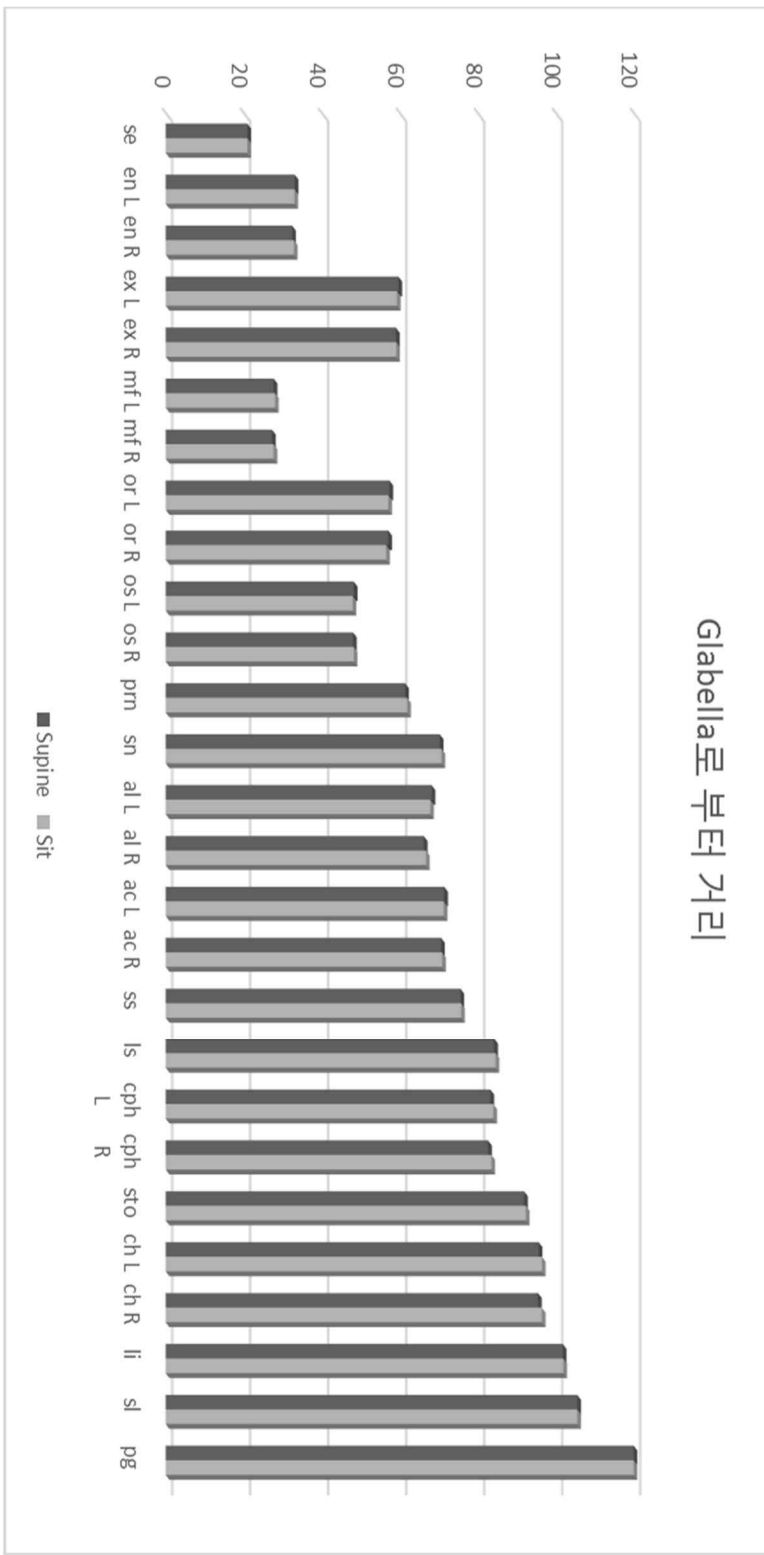


그림 5

## 제 4 장 토의

본 연구에서는 2가지 큰 목적이 있다. 하나는 비교적 간단하고 저렴한 비용으로 연조직의 3D 데이터를 신뢰성 있게 스캐닝 하는 방법이다. 먼저 저렴하고 간단하다라는 항목에 맞출 수 있도록 사용된 장비가 바로 본 실험에서 쓰인 Winzscan 3D이다. 이 장비는 상대적으로 다른 3D스캐너에 비해 저렴하고 그럼에도 불구하고 충분한 정확도를 가지고 있다. 다만 임상에서 쓰기엔 몇 가지 걸림돌이 있다.

첫 번째로 이 스캐너는 3D스캔의 정확도는 뛰어나지만 해상도는 그것보다 떨어진다. 3D스캔의 경우 스캔 결과가 3D Voxel데이터로 변경이 되는데 이 데이터는 x축 y축 z축의 정보가 들어있다. 본 스캐너는 측정된 x축 y축 z 축의 데이터는 정확하게 측정이 가능하나 이러한 voxel들의 간격이 정확도보다는 떨어지게 된다. Voxel들간의 나머지 공간은 측정된 voxel들로부터 보간을 하여 각 중간의 점들을 계산하는 방식이다. 그럼에도 불구하고 이러한 보간법으로 인한 오차가 측정의 정확도를 해치지 않는 것으로 드러났다. 본 본문 제 2절의 실험에서와 같이 장비의 정확도를 측정한 결과 본 장비가 보장하는 2mm내의 정확도내에서 오차가 나왔다. 따라서 연조직 측정이 가능하다고 결론을 내릴 수 있다.

두 번째 문제는 스캐닝에 걸리는 시간이다. 본 스캐너는 structured light를 사용하는 비접촉식 스캐너이다. 타 방식에 비해 빠른 스캐닝 속도를 가지고 있으나 그럼에도 불구하고 5초정도 스캐닝에 시간이 걸린다. 따라서 측정의 정확도를 위해서는 머리를 어떠한 방식으로 고정을 하는 것이 필수이다. 초기에 측정 시 측정대상의 머리가 흔들리는 경우 정확도가 매우 떨어지는 것을

경험하였다. 따라서 임상에서 쓰일 경우 특별한 머리 고정장치가 필요하다. 본 논문의 실험에서는 고무벽돌을 이용하여 머리를 고정하였다.

세 번째 문제는 이 스캐너가 얼굴의 전면을 스캔 하지 못하고 불록형태만 측정이 가능하다는 것이었다. 이 스캐너는 정확도와 스캐닝 속도는 빠르지만 한대의 고정된 카메라를 이용하는 structured light 방식 스캐너여서 가려진 부분은 스캐닝 하지 못한다. 즉 사람의 안면부에서 gnathion의 경우 턱의 위치에 따라서 전면부에서 잘 보이지 않을 수 있다. 또한 귀의 여러 기준점 역시 안면의 광대부에 가려져 정확한 측정이 되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 정면에서 보았을 때 가려지지 않는 얼굴의 연조직 기준점만 측정하였다.

위와 같은 3가지 결립들에 대해서 위와 같이 해결하였다. 이러한 문제점들 외에 이 장비는 여러 가지 장점을 가진다.

첫 번째로 비접촉식이므로 환자의 불편감을 최소화 할 수 있다. 또한 접촉식이나 laser방식에 비해서 월등한 속도를 가진다. 접촉식의 경우 정확도가 매우 큰 것에 비해 얼굴과 같은 대 면적을 스캐닝 하기에 속도가 부적합하다. 또한 대상자의 불편감도 크고 아무리 머리를 고정한다고 하여도 스캐닝 동안 침을 삼킨다던가 하여 연조직이 고정되지 않으므로 부적절하다고 볼 수 있다.

두 번째로는 장비와 측정비용이 매우 저렴하다. 본 연구에서 필요한 연조직분석의 경우 매우 높은 정확도를 요구하지 않는다. 제 1절의 실험에 따르면 어차피 사람이 데이터에 기준점을 표시하는 부분에서 이미 2mm정도의 오차가 생겨난다. 따라서 레이저를 이용한 3D스캐너와 같은 높은 정확도의 비싼 장비들이 필요치 않다.

세 번째로는 장비 사용의 편리함과 신속함이다. 사용자의 경우 미리 세팅만 해놓으면 다른 추가적인 준비 없이 5초내에 스캐닝이 끝이 난다.

이렇게 스캐닝 된 점들을 분석하기 전에 장비의 신뢰성과 정확성 검사와 더불어 기준점의 재현성 검사를 해야 한다. 최대한의 재현성을 위하여 측정자는 한 사람으로 제한하였다. 또한 이러한 측정의 재현성이 보장되는 지 확인하기 위하여 동일한 측정된 데이터 2세트에 대하여 각각 3번씩 기준점을 재측정 하였다. 제 1절에서의 실험에서 드러난 결과처럼 최대 오차는 2mm이내를 만족하였으므로 사람에 의한 측정오차는 무시할 수준으로 생각된다.

따라서 위의 결과들로부터 다음과 같은 첫 번째 결론을 얻을 수 있다.

*Structred-light를 사용한 3D스캐너는 쉽고 정확하고 신뢰성 있는 장비로 다른 장비에 비해 연조직 스캐닝에 있어 뛰어나다고 생각된다.*

본 연구의 두 번째 목적은 위와 같은 신뢰성 있는 장비로 스캐닝 한 연조직을 자세에 따라 비교하여 차이가 있는지, 있다면 얼마나 차이가 존재하는지에 대해서 알아보는 것이다. 이를 위하여 얼굴에 있는 28개 점을 결정하였다. 이런 기준점을 결정하는데 있어 다음과 같은 사항이 고려되었다.

1. 임상적으로 쉽게 찾을 수 있는 점을 선정하였다. 예를 들어 Exo/endocanthion은 그 정의로부터 매우 쉽게 그 점을

파악할 수 있다. 따라서 여러 명의 측정자로부터 여러 번 측정하더라도 그 재현성이 매우 높다. 반면 soft tissue nasion점은 그 정의로부터 frontonasal suture의 정보가 필요하다. 이러한 이유로 3D CT사진 없이는 nasion을 계측하기 매우 어렵고 3D CT사진이 있다 하더라도 이것을 soft tissue에 mapping 하기 어렵고 그 정확도가 확보되지 않기 때문에 이러한 점들은 제외하였다.

2. 얼굴 전체적인 부위를 반영할 수 있는 점을 골랐다. 이 원칙에 따라서 이마/눈/코/입 네 부위로부터 골고루 기준점을 선정하였다. 다만 이마의 경우 임상적으로 의미 있거나 쉽게 채득할 기준점들이 없기에 glabella와 sellion만 채득하였다.
3. 임상적으로 의미 있는 점을 선정하였다. 이러한 점들은 임상적으로 의미 있는 데이터여야 한다. 따라서 심미적인 요인을 결정하는데 많이 쓰이는 점들을 선정하였다. 예를 들어 코의 끝을 의미하는 pronasale같은 점들을 선정하고자 노력하였다.

이렇게 선별된 점들의 위치 변화를 측정하는 데 있어서 효과적인 방법이 필요하다. 본 연구에서는 glabella로부터 떨어진 거리 변화를 측정하는 방식으로 연조직들이 변하는 지에 대해서 알아보았다. 이렇게 한 이유는 다음과 같다.

1. 데이터 분석 툴의 한계로 절대적인 위치를 직접적으로 얻을 수 없었다. 데이터 분석 툴이 지원하는 기능은 점간의 거리 측정과 각도 정도 이다. 따라서 본 연구에서는 거리를 이용하여 연조직 이동을 측정하기로 한다.
2. 거리를 이용하기로 하였다면 기준점이 필요하다. 본 논문의

분석에서는 다음의 가정을 하였다.

‘연조직 기준점들 중, 자세에 따른 변화가  
있다면 가장 적은 점은 glabella일 것이다’

Glabella는 전두-안와에서 가장 튀어나와있는 얼굴의 정중앙의 점이다. 이 점에서 연조직은 매우 얇고 따라서 경조직-뼈의 영향이 가장 클 것이라고 생각하였다. 또한 주위 조직의 두께가 일정하므로 연조직이 이동한다고 하더라도 가장 적은 변위를 보일 것이라고 생각하였다. 이러한 가정을 검증하려면 매 계측마다 glabella의 절대적인 위치를 측정하였어야 하나 지원 장비/소프트웨어의 미비로 하지 못하였다. 따라서 위와 같은 가정을 통해 본 연구에서 모든 분석은 glabella로부터 거리 변화에 집중하였다.

위와 같은 방법으로 분석하면 두 가지 단점이 존재 한다. 첫 번째로 절대적 위치 변화를 구할 수 없으므로 모든 기준점들이 한 방향으로 움직인 경우 그 변화를 구할 수 없게 된다. 예를 들어 앉아서 계측 할 때 보다 누워서 계측 할 때 glabella를 포함한 모든 계측 점들이 정수리 방향으로 이동했을 경우, glabella로부터 상대적 거리를 측정하는 이러한 분석법으로는 알 수 없게 된다. 그러나 본 연구에서는 임상적으로 연조직이 다르게 변형될 경우 그 정도를 알아보는 이유는 심미적인 관심이 있기 때문이다. 만약 위와 같이 절대적으로 모든 위치가 ‘동일한 양’ 만큼 변한다고 하면 임상적으로 그 사실이 크게 중요치 않다. 본 연구의 목적은 임상에 있어 연조직 점들의 상대적 변화가 어떻게 되는 지가 중요하므로 이러한 단점은 무시할 수 있다. 두 번째 단점은 단지 거리의 변화를

측정함으로써 생길 수 있는 오차이다. 사실 수학적으로 따지면 본 분석 방법은 glabella를 원점으로 하는 벡터의 변화 분석과 매우 유사하다. 다만 이런 변화 분석에서 벡터의 방향은 고려하지 않고 거리만 비교하게 된다. 따라서 매우 적은 확률이지만 벡터의 방향만 다르고 크기가 같은 변화만 일어나게 된다면 이러한 분석법으로는 변화가 없는 것으로 나타난다. 다행히 분석결과 연조직의 변위에서 ‘같은 거리’에 있는 점들이 1200여개의 점들 중 2개 정도만 발견 되었으므로 이러한 단점 역시 무시할 수 있다고 하겠다.

다른 생각해볼 점으로는, 아직까지 연조직을 structured light 방식으로 scanning한 경우 정확히 정해진 protocol이 존재하지 않는다는 점이다. 기존의 cephalometry에서도 protocol이 있긴 하나 각 장비마다 조그만 기준의 차이로 다른 장비에서 측정한 데이터는 직접적인 비교가 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 어떻게 하면 효율적으로 정확히 연조직을 채득할지에 대해서 고민해 보았다. 먼저 측정의 신뢰도를 위하여 장비세팅에 대한 기준이 필요하다고 생각이 되었다. 그래서 나온 것이 제 2장 1절의 측정방법이다. 먼저 모든 대상자들에게 같은 자세를 유지하게 하였다. 기본 자세에 대한 기존의 연구들은 많다. 어떤 것이 natural position인지에 대한 논란도 많으나 본 연구에서는 측정의 편의를 위하여 되도록이면 바닥에 평행하게 두개골을 위치시키고 고정하는 방법을 택하였다. 이러한 방법으로 쉽게 선택할 수 있는 plane은 Frankfort Horizontal plane이다. 이 평면은 임상적으로 결정되기 쉽고 3D CT cephalometry 데이터가 필요하지 않다. 따라서 본 연구에서와 같이 간단하고 쉬운 측정에 잘 맞는 평면이라고 할 수 있겠다. 또한 이 평면을 기준으로 하면

정면에서 보기에 두개골이 바닥에 대하여 평행하게 된다. 이러한 장점으로 측정시 FH plane 이 바닥에 평행하게 유지되도록 하였다. 다만 아주 엄격하게 FH plane을 결정하기 힘들고 본 연구에서는 3D 데이터의 절대적인 위치를 결정하는 것이 아닌 상대적인 위치를 결정하는 것이므로 아주 완벽하게 평행을 요구하는 장치를 따로 추가하거나 하지 않았다. 임상적으로 허용될 수 있는 범위에서 FH plane을 평행하게 하였다.

또한 만약에 있을 오차에 대비하여 3D 스캐너와 50cm거리에 glabella가 위치하도록 하고 FH plane에 3D 스캐너의 중점이 일치하도록 평행하게 두었다. 이론적으로는 3D 스캐너의 거리와 방향에 상관없이 결과가 나와야 한다. 그러나 이러한 사실과 별개로 외부적인 요인에 의한 오차를 줄이고자 50cm라는 거리를 정하였다. 50cm라는 거리는 제조사에서 정한 것이 아닌 임의의 값이다. 3D 스캐너의 촬영 범위 안에 얼굴이 알맞은 크기로 들어가고 거리의 측정도 쉬운 값을 정하였다. 또한 FH plane에 3D 스캐너를 위치시키면 여러가지 연조직 기준점들이 다른 구조물이 가려지지 않고 적당한 위치에서 측정하게 된다. 예를 들어 FH Plane보다 높은 각도로 3D 스캐너가 있다면 subnasale와 같은 점들은 코에 가려서 보이지 않게 된다. FH plane과 평행하게 스캐너를 놓았을 때 얼굴 기준점의 가장 많은 점들이 가려지지 않게 된다.

위와 같은 방법으로 분석을 한 결과 27개의 기준점간의 거리 모두 차이가 없게 나왔다. 즉 자세에 따른 연조직의 상대적 변화는 무시할 수 있는 수준으로 나왔다. 다만 본 장비의 특성과 사람 계측의 특성상 2mm이하의 움직임은 관찰할 수 없다. 따라서

연조직의 변화가 있더라도 2mm이하라고 할 수 있겠다. 임상에 있어서 어떠한 응용에 대해서는 2mm의 정확도가 부족할 수 있다. 1mm의 크기만 달라지더라도 결과가 바뀌게 되는 경우가 생길 수 있다. 다만 보통의 많은 경우 2mm정도의 오차는 임상에서 충분히 적용 가능할 것이라고 생각된다. 따라서 본 연구의 두 번째 결론은 다음과 같다.

3D 스캐너로 앉을 때 자세와 누워있을 때 안면부 연조직의 상대적 위치를 분석한 결과 큰 차이가 없다.

## 제 5 장 결론

1. Structured-light 방식 3D 스캐너는 임상에 쓰이기에 적합한 정확도와 비용, 간편함을 가지고 있다.
2. 정확한 스캐닝을 위해서는 대상자와 거리, 두개골과의 평행관계 등 미리 준비된 장비 설정이 필요하다.
3. 누워있을 때와 앉아있을 때, 자세에 변화에 따른 연조직간 거리 변화는 없거나 있더라도 임상적으로 무시할 수 있는 작은 수준이다.

## 참고 문헌

Abbott AH, Netherway DJ, David DJ, Brown T. “Craniofacial osseous landmark determination from stereo computer tomography reconstructions.” *Ann Acad Med Singapore*. 1990; 19:595–604

Arridge SR, Moss JP, Linney AD. “Three dimensional digitization of the face and skull.” *J Maxillofac Surg*. 1985; 13:136–143

Ayoub A, Garrahy A, Hood C, White J, Bock M, Siebert JP, Spencer R, Ray A. Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system. *Cleft Palate Craniofac J*. 2003; 40:523–529

Bhatia G, Vannier MW, Smith KE, Commean PK, Riolo J, Young VL. Quantification of facial surface change using a structured light scanner. *Plast Reconstr Surg*. 1994; 94:768–774

Bush K, Antonyshyn O. Three-dimensional facial anthropometry using a laser surface scanner: validation of the technique. *Plast Reconstr Surg*. 1996; 98:226–235

Chen LH, Tsutsumi S, Hyo Y, Iizuka T. A rapid three-dimensional measurement system for facial morphology by laser multi-slits. *Int J Prosthodont*. 1993; 6:573–578

Coombes AM, Moss JP, Linney AD, Richards R, James DR. A mathematical method for the comparison of three-dimensional changes in the facial surface. *Eur J Orthod*. 1991; 13:95–110

Coward TJ, Watson RM, Scott BJ. Laser scanning for the identification of repeatable landmarks of the ears and face. *Br J Plast Surg*. 1997; 50:308–314

Da Silveira AC, Daw JL, Jr., Kusnoto B, Evans C, Cohen M. Craniofacial applications of three-dimensional laser surface scanning. *J Craniofac Surg*. 2003; 14:449–456

Douglas TS. Image processing for craniofacial landmark identification and measurement: a review of photogrammetry and cephalometry. *Comput Med Imaging Graph*. 2004; 28:401–409

Farkas LG, Bryson W, Klotz J. Is photogrammetry of the face reliable? *Plast Reconstr Surg*. 1980; 66:346–355

Farkas LG, Deutsch CK. Two new instruments to identify the standard positions of the head and face during anthropometry. *Plast Reconstr Surg*. 1982; 69:879–880

Farkas LG. Accuracy of anthropometric measurements: past, present, and future. *Cleft Palate Craniofac J*. 1996; 33:10–18

Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Tartaglia G. Distance from symmetry: a three-dimensional evaluation of facial asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg*. 1994; 52:1126–1132

Ferrario VF, Sforza C, Schmitz JH, Santoro F. Three-dimensional facial morphometric assessment of soft tissue changes after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999; 88:549–556

Forrai, Judit. "History of x-ray in dentistry." *Rev. Clín. Pesq. Odontol* 3.3 (2007): 205–211.

Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT. Three-dimensional assessment of facial soft-tissue asymmetry before and after orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2004; 42:396–

Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T. Three-dimensional analysis of facial morphology using moiré stripes. Part I. Method. *Int. J. Oral Maxillofac Surg.* 1990; 19:356–358

Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004; 19:228–231

Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122:342–348

Nagasaka S, Fujimura T, Segoshi K. Development of a non-radiographic cephalometric system. *Eur J Orthod.* 2003; 25:77–85

O'Grady KF, Antonyshyn OM. Facial asymmetry: three-dimensional analysis using laser surface scanning. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 104:928–937

Ongkosuwito EM, Katsaros C, van 't Hof MA, Bodegom JC, Kuijpers-Jagtman AM. The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods. *Eur J Orthod.* 24: 2002:655–665

Rocchini, C. M. P. P. C., et al. "A low cost 3D scanner based on structured light." *Computer Graphics Forum.* Vol. 20. No. 3. Blackwell Publishers Ltd, 2001.

Soncul M, Bamber MA. The reproducibility of the head position for alaser scan using a novel morphometric analysis for

orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2000; 29:86–9

Tiddeman B, Duffy N, Rabey G. Construction and visualisation of three-dimensional facial statistics. *Comput Methods Programs Biomed.* 2000; 63:9–20

Yamada T, Sugahara T, Mori Y, Sakuda M. Rapid three-dimensional measuring system for facial surface structure. *Plast Reconstr Surg.* 1998; 102:2108–2113

## Abstract

# Analysis of soft tissue deviation dependency on different postures using 3D cephalometry and development of the standard model to analyze the deviation

Younsoo Kim

Department of Dentistry

School of Dentistry

Seoul National University

In diagnosis and treatment planning, the importance of image information is getting increase. Owing to the rapid technology development, new methods which are more cost-effective, easy to use are invented to get soft tissue information of face. In this article structured light 3D scanner was used which is unconventional method in dental cephalometry contrast to the “well-standardized” 3D CT cephalometry. Using 3D scanner, we tried to observe the deviation of soft tissue landmark due to the position of head. We studied whether this cost-effective 3d scanner can be used to compare soft tissue landmark or measure the alteration of soft tissue. It is shown that this affordable 3D scanner can determine the displacement of the soft tissue very

accurately and quickly even by untrained person if the settings of equipment and appropriate position of subjects are prepared. The observational error was within 2mm so that this method can be very useful in dental area. As it is confirmed that the 3D scanner can determine reproducible and precise soft tissue landmark the scanner can be used in analysis of soft tissue deviation due to the posture of subjects. 10 male and 10 female of 20/30s are measured. In result the deviation of soft tissue is very little between in sitting position and in supine position.

**Keywords :** cephalometry, 3D scanner, soft tissue landmark, sit & supine position

**Student Number :** 2010-22436