

계수 영상화된 측모 두부방사선 규격사진의 계측오차

부산대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실

전 선 두 · 조 봉 혜 · 나 경 수

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구결과
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

두부방사선규격사진의 계측 정확도는 방사선 사진 촬영, 계측점 인식(landmark identification) 및 계측과정에서 발생하는 오차에 영향을 받게 되며, 이러한 오차의 평가는 두부방사선규격사진의 신뢰도 검증의 기초자료로서 중요하다^{1,2)}.

일반적으로 측모 두부방사선규격사진은 필름면과 방사선원에 대하여 두부를 일정한 위치에 고정시켜 촬영하므로 촬영조건이 규격화되어 환자의 재위치³⁾나 촬영 술식⁴⁻⁶⁾에 의한 오차는 작으며, 대부분의 오차가 계측점 인식과 관련하여 발생한다고 보고되었다^{5,7,8)}. 계측점 인식의 오차는 결국 두부방사선규격사진 분석시 이용되는 계측선과 각도에 영향을 미치게 되어 환자의 평가에 오류가 발생할 수 있다.

두부방사선규격사진의 오차에 대한 연구를 살

펴보면, Shaw⁹⁾, Aouda 등¹⁰⁾은 두부회전 때문에 나타나는 변화는 아주 작다고 보고하였고, Gron¹¹⁾은 5도의 회전변화가 거리 계측시 0.8%의 차이를 나타낸다고 하였다. Midtgård 등⁴⁾은 두부 고정기에서의 환자위치로 인한 오차를 연구하여 환자를 재위치시켜 촬영하였을 때의 오차는 아주 작다고 보고하였고, Houston 등⁶⁾은 측모 두부방사선규격사진의 오차는 아주 작고 일정하지도 않으며, 동일한 방사선사진을 묘사할 때 나타나는 오차보다 작다고 보고하였다. Ahlqvist 등¹⁾은 부정확한 환자 위치시의 각도 변이에 대하여, Tng 등¹²⁾은 두부방사선규격사진의 계측점의 정당성에 대하여 연구하였다.

Sandler¹³⁾와 Cooke 등¹⁴⁾은 반복측정 및 반복촬영시의 측모 두부방사선규격사진의 오차에 대하여 보고하였는데, 특히 Cooke 등¹⁴⁾은 오차평가에 있어서 '오차퍼센트(error percentage)'의 중요성을 강조하였다.

전통적인 오차 변이 평가 방법은 방법오차이나 이 방법오차는 부정확한 결과를 초래한다고 보고되었다¹⁵⁾. 계측의 정확도가 의미를 가지려면 그 연구가 전체 인구의 계측변이를 대표하여야 한다. 그러나 작은 표본을 이용하였을 때의 신뢰도는 큰 표본에서 얻어진 결과보다 낮기 때문에 이를 감안한 임상적으로 보다 신뢰성있는 평가방법이 요구된다. 그래서 Cooke 등¹⁴⁾은 Midtgård 등⁴⁾이 제안한 오차퍼센트를, Buschang 등¹⁶⁾

은 이와 유사한 개념인 '신뢰계수(coefficient of reliability)'를 통한 평가를 주장하였다.

두부방사선규격사진 분석시 오차의 대부분은 계측점 인식과 관련이 있다고 알려진 바, 상의 질을 향상시켜 오차를 줄이고자 하는 노력이 대두되었다¹⁷⁾. Eppley 등¹⁷⁾은 일반 방사선사진을 계수 영상화하여 컴퓨터 처리과정을 통하여 상의 질을 향상시킴으로써 연조직을 더욱 잘 인식할 수 있었다고 주장하였다. 또한 일반 방사선사진을 계수 영상화 할 경우, 대조도 및 흑화도 조절, edge enhancement를 통하여 더 많은 정보를 얻을 수 있고, 영상 저장 및 전송, 두부방사선규격사진 자동분석등의 장점도 얻을 수 있다고 보고되었다¹⁸⁻²⁰⁾. 그러나 일반 방사선사진과 같은 아날로그 영상은 연속적인 계조도를 나타내는데 비하여 계수화된 영상은 각 화소 단위로 받아들인 영상정보의 기록되지 못한 나머지 영상은 영원히 사라져버리게 되므로 이 과정에서 해상력이 저하되게 된다. 따라서 계수 영상의 이러한 장단점이 두부방사선규격사진의 계측 오차에 어떤 영향을 미치는가에 대한 평가가 필요하다.

본 연구는 두부방사선규격사진의 계수 영상화시의 계측 오차를 평가하기 위하여 시행되었으며, 측도 두부방사선규격사진의 일반 계측과 이를 계수 영상화한 계수 영상 계측시의 오차를 비교하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구는 11에서 13세 사이의 환자 48명의 측도 두부방사선규격사진 96매를 연구재료로 시행되었다.

2. 촬영방법

측도 두부방사선규격사진은 Panoramax(Asahi Co. Japan) 촬영기를 이용하여 75kVp, 10mA, 1.2-1.4초의 일정한 조건에서 이중증감지가 들어

있는 카세트와 8x10인치 코닥 방사선 필름을 이용하여 통법에 의하여 촬영되었다. 촬영된 필름은 FPM 3500(Fuji Co., Japan) 자동현상기를 이용하여 동일한 조건으로 현상되었다.

모든 환자는 첫 번째 촬영을 마친 후 10분에서 1시간 후 동일한 조건으로 두번째 촬영이 시행되었다.

3. 계측항목

본 연구에 이용된 계측기준점(Fig. 1)과 계측항목은 다음과 같다.

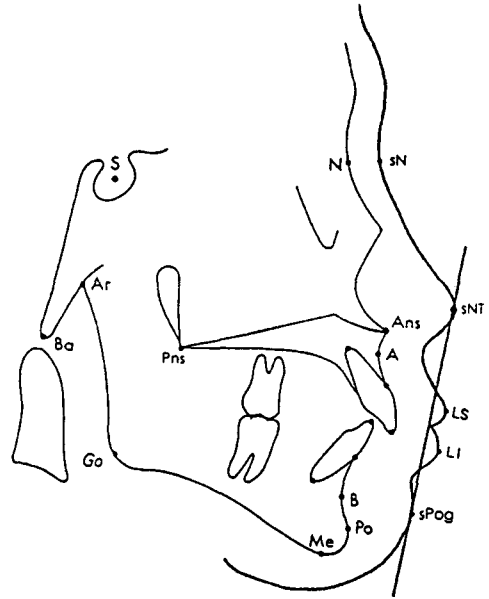


Fig. 1. Landmarks used in this study

1) 계측기준점

1. S(sella) : the center of sella turcica
2. N(Nasion) : the most anterior point of the frontonasal suture
3. Ar(Articulare) : the intersection between the external contour of the cranial base and the dorsal contour of the condyle head and

neck

4. Go(Gonion) : the point on the mandible of intersection of the ramal and mandibular plane
 5. Me(Menton) : the most inferior point on the symphyseal shadow
 6. A(Subspinale) : the most posterior point on the anterior contour of the upper alveolar process
 7. B(Supramentale) : the most posterior point on the anterior contour of the lower alveolar process
 8. Ba(Basion) : the most forward and lowest point on the anterior margin of the foramen magnum
 9. ANS(Anterior nasal spine) : the tip of the anterior nasal spine of the palatal bone in the hard palate
 10. PNS(Posterior nasal spine) : the tip of the posterior nasal spine of the palatal bone in the hard palate
 11. PP(Palatal plane) : the line through ANS and PNS
 12. MP(Mandibular plane) : the line through Me and Go
 13. U1 : the axis of upper central incisor
 14. L1 : the axis of lower central incisor
 15. LS(Labrale superius) : the point indicate the mucocutaneous border of the upper lip
 16. LI(Labrale inferius) : the point indicate the mucocutaneous border of the lower lip
 17. sNT : the most anterior point of the nose
 18. sPog(soft tissue pogonion) : the most anterior point on soft tissue chin
 19. E plane : the line through sNT and sPog
- 2) 경조직 계측 항목
1. S-N : sella에서 nasion간의 거리
 2. S-Ar : sella에서 articulare간의 거리
 3. S-Go : sella에서 gonion간의 거리
 4. Ar-Go : articulare에서 gonion간의 거리
 5. Go-Me : gonion에서 menton간의 거리
 6. N-A : nasion에서 subspinale간의 거리
 7. S-N-A : sella, nasion, subspinale 사이의 각
 8. S-N-B : sella, nasion, supramentale 사이의 각
 9. A-N-B : subspinale, nasion, supramentale 사이의 각
 10. N-S-Ar : nasion, sella, articulare 사이의 각
 11. N-S-Ba : nasion, sella, basion 사이의 각
 12. S-Ar-Go : sella, articulare, gonion 사이의 각
 13. PP-U1 : 구개평면(palatal plane)과 상악 중절치의 장축이 이루는 각
 14. MP-L1 : 하악평면(mandibular plane)과 하악 중절치의 장축이 이루는 각
- 3) 연조직 계측항목
1. LS-E plane : facial esthetic plane에 대한 상순의 피부-점막 경계간의 수선거리
 2. LI-E plane : facial esthetic plane에 대한 하순의 피부-점막 경계간의 수선거리
 3. S-sN-sNT : sella, 연조직 nasion, 코끝이 이루는 각
 4. S-sN-sPog : sella, 연조직 nasion, 연조직 pogonion이 이루는 각
4. 계측 및 분석방법
- 1) 일반 계측(conventional measurement)
동일한 검사자가 측도 두부방사선규격사진상에 acetate tracing 용지를 고정하여 4H 연필로 투사도를 작성하여 14항목의 경조직 계측과 4항목의 연조직 계측을 시행하였다.
 - 2) 계수 영상 계측(digitized measurement)
촬영된 측도 두부방사선규격사진을 Sony SC 77 CCD카메라(Sony Co, Japan)로 640 x 480 pixel matrix와 256계조도의 video capturing board를 가진 Macintosh 컴퓨터(Apple Computer, Cupertino, CA, USA)에 화상입력하여 Emago 프로그램(Oral diagnostic systems, ACTA)을 이용하여 각 항목을 계측하였다. 이때 화상은 계측점이 가장 잘 인지될 수 있도록 대조도 및

혹화도 보정을 하였다.

3) 분석 방법

각 환자당 촬영한 2장의 방사선사진 중 처음 촬영한 사진을 두 번 계측하여 반복측정(repeat measurement)에 대한 오차를 평가하였고, 처음 촬영한 사진의 첫 계측치와 두 번째 촬영한 사진의 계측치를 이용하여 반복촬영(retaken measurement)에 대한 오차를 평가하였다.

일반 계측에 대한 첫 방사선사진의 반복측정치를 A군으로, 두 장의 반복촬영된 방사선사진의 측정치를 B군으로, 계수 영상 계측에 대한 첫 방사선사진의 반복측정치를 C군으로, 두 장의 반복촬영된 방사선사진의 측정치를 D군으로 분류하였다(Fig. 2).

먼저 A, B, C, D군에 대하여 각 계측항목의 측정치 차이의 평균을 구하였으며 paired t-test를 시행하여 각 군간의 유의성을 검정하였다.

또한 각 계측시의 오차를 평가하기 위하여 Dahlberg 공식²¹⁾, 즉 $ME = \sqrt{d^2/2n}$ (d는 반복측정치 차, n은 반복측정 사진수)을 이용하여 방법오차를 구하였으며, 임상적으로 보다 의미있는 오차 측정을 위하여 Cooke 등¹⁴⁾이 추천한 오차퍼센트를 구하였다. 오차퍼센트는 각 계측항목의 측정변수(variance of measurement, SD^2)에 대한 방법오차의 변수(variance of method error, ME^2)를 퍼센트로 표시한 것으로, 본 연구에서 측정변수(SD^2)는 12세 정상교합 한국아동

에 대한 연구가 없어 본 연구대상 연령과 일치하는 중국아동의 자료²²⁾를 이용하였다.

III. 연구결과

1) 경조직 구조물의 측정치 차이(Table 1)

모든 항목에서 일반 계측의 반복측정시의 측정치 차이가 가장 작았으며, 계수 영상 계측의 반복촬영시의 측정치 차이가 가장 컸다.

거리 계측에서 가장 작은 측정치 차이를 보인 항목은 S-N으로, 일반 계측의 2반복측정 및 반복촬영시, 각각 0.34mm, 0.43mm의 차이를, 계수 영상 계측의 반복측정 및 반복촬영시 각각 0.35mm, 0.50mm의 차이를 나타내었다. 가장 큰 측정치 차이를 보인 항목은 일반 계측의 반복측정 및 반복촬영, 계수 영상 계측의 반복촬영시는 Go-Me으로, 각각 0.76mm, 0.94mm, 1.05mm의 차이를 나타내었고, 계수 영상 계측의 반복측정시는 Ar-Go으로 0.87mm의 차이를 나타내었다.

각도 계측에서 가장 작은 측정치 차이를 보인 항목은 일반 계측의 반복측정 및 반복촬영, 계수 영상 계측의 반복측정시는 S-N-B로 각각 0.49도, 0.53도, 0.57도의 값을 나타내었으며, 계수 영상 계측의 반복촬영시는 A-N-B로 0.60도의 값을 나타내었다. 가장 큰 측정치 차이를 보인 항목은 S-Ar-Go으로 일반 계측의 반복측정 및 반

	Conventional measurement	Digitized measurement
First recorded radiographs	First and second repeat measurement (Group A)	First and second repeat measurement (Group C)
Second recorded radiographs	First and second retaken measurement (Group B)	First and second retaken measurement (Group D)

Fig. 2. Design of this study

Table 1. Mean differences of conventional and digitized measurements for skeletodental structures

Measurement	Conventional measurements		Digitized measurements		Comparison			
	Repeat (Group A)	Retaken (Group B)	Repeat (Group C)	Retaken (Group D)	Group A-B	Group C-D	Group A-C	Group B-D
Distance(mm)								
S-N	0.34	0.43	0.35	0.50	-	*	-	-
S-Ar	0.38	0.48	0.42	0.52	-	-	-	-
S-Go	0.59	0.64	0.78	0.84	-	-	*	-
Ar-Go	0.63	0.84	0.87	0.98	-	-	*	-
Go-Me	0.76	0.94	0.78	1.05	-	*	-	-
N-A	0.62	0.84	0.62	0.91	-	*	-	-
Angle(degree)								
S-N-A	0.68	0.72	0.70	0.83	-	-	-	-
S-N-B	0.49	0.53	0.57	0.66	-	-	-	-
A-N-B	0.64	0.70	0.64	0.60	-	-	-	-
N-S-Ar	0.61	0.88	0.66	0.85	*	-	-	-
N-S-Ba	0.66	0.83	0.74	0.85	-	-	-	-
S-Ar-Go	0.82	1.03	1.13	1.30	-	-	*	-
MP-L1	0.63	0.89	0.79	0.98	*	-	-	-
PP-U1	0.66	0.77	0.74	0.91	-	-	-	-

* P ≤ 0.05

Table 2. Mean differences of conventional and digitized measurements for soft tissue profile

Measurement	Conventional measurement		Digitized measurement		Comparison			
	Repeat (Group A)	Retaken (Group B)	Repeat (Group C)	Retaken (Group D)	Group A-B	Group C-D	Group A-C	Group B-D
Distance(mm)								
LS-E plane	0.36	0.49	0.48	0.50	-	-	-	-
LI-E plane	0.44	0.49	0.51	0.53	-	-	-	-
Angle (degree)								
S-sN-sNT	0.61	0.70	0.89	0.78	-	-	*	-
S-sN-sPog	0.39	0.60	0.60	0.57	*	-	-	-

* P ≤ 0.05

복촬영시는 각각 0.82도, 1.03도의 차이를, 계수 영상 계측의 반복측정 및 반복촬영시는 1.13도 및 1.30도의 차이를 나타내었다.

통계학적으로 유의성있는 차이를 보인 항목은 일반 계측의 반복측정 및 반복촬영군간의 N-S-Ar와 MP-L1, 계수 영상 계측의 반복측정 및 반복촬영군간의 S-N, Go-Me과 N-A, 일반 계측과 계수 영상 계측의 반복측정군간의 S-Go, Ar-Go과 S-Ar-Go이었다.

2) 연조직 구조물의 측정치 차이(Table 2)

거리 계측에서 가장 작은 차이를 보인 항목은 일반 계측의 반복측정시의 LS-E plane이었으며, 가장 큰 차이를 보인 항목은 계수 영상 계측의 반복촬영시의 LI-E plane으로 각각 0.36mm, 0.53mm의 값을 나타내었다.

각도 계측에서 가장 작은 차이를 보인 항목은 가장 큰 차이를 보인 항목은 계수 영상 계측의 반복측정시의 S-sN-sNT로 각각 0.39mm, 0.89mm의 값을 나타내었다.

통계학적으로 유의성있는 차이를 보인 항목은 일반 계측의 반복측정 및 반복촬영군간의 S-sN-sPog과 일반 계측과 계수 영상 계측의 반복측정군간의 S-sN-sNT였다.

3) 경조직 구조물의 일반 계측 오차(Table 3)

거리 계측에서 가장 작은 방법오차를 보인 항목은 반복측정시의 S-N 및 S-Ar, 반복촬영시의 S-N이었으며, 가장 큰 방법오차를 보인 항목은 반복촬영시의 Go-Me이었다. 그리고 가장 작은 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반복측정시의 S-gO 이었고, 가장 큰 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반

Table 3. Errors of conventional radiographic measurements for skeletodental structures

Measurement	Variance (SD) ² n=240	Repeat measurement (Group A)		Retaken measurement (Group B)		Change in error percentage between group A and B
		Method error	Error percentage	Method error	Error percentage	
Distance(mm)						
S-N	7.6	0.4	2.1	0.4	2.1	x1.0
S-Ar	11.6	0.4	1.4	0.5	2.2	x1.6
S-Go	20.0	0.5	1.3	0.6	1.8	x1.4
Ar-Go	17.6	0.5	1.4	0.7	2.8	x2.0
Go-Me	19.4	0.6	1.9	0.8	3.3	x1.8
N-A	12.9	0.6	2.8	0.7	3.8	x1.4
Angle(degree)						
S-N-A	12.3	0.6	2.9	0.6	2.9	x1.0
S-N-B	13.7	0.4	1.2	0.5	1.8	x1.6
A-N-B	6.3	0.5	4.0	0.6	5.7	x1.4
N-S-Ar	27.0	0.5	0.9	0.8	2.4	x2.6
N-S-Ba	25.0	0.6	1.4	0.7	2.0	x1.4
S-Ar-Go	33.6	0.7	1.5	0.9	2.4	x1.7
MP-L1	50.4	0.6	0.7	0.7	1.0	x1.4
PP-U1	41.0	0.6	0.9	0.7	1.2	x1.4

Table 4. Errors of conventional radiographic measurements for soft tissue profile

Measurement	variance (SD) ² n=240	Repeat measurement (Group A)		Retaken measurement (Group B)		Change in error percentage between group A and B
		Method error	Error percentage	Method error	Error percentage	
Distance(mm)						
LS-E plane	5.8	0.3	1.6	0.5	4.3	x2.8
LI-E plane	6.3	0.4	2.5	0.4	2.5	x1.0
Angle (degree)						
S-sN-sNT	14.9	0.5	1.7	0.6	2.4	x1.4
S-sN-sPog	10.0	0.4	1.6	0.5	2.5	x1.6

Table 5. Errors of digitized radiographic measurements for skeletodental structures

Measurement	Variance (SD) ² n=240	Repeat measurement (Group C)		Retaken measurement (Group D)		Change in error percentage between group C and D
		Method error	Error percentage	Method error	Error percentage	
Distance(mm)						
S-N	7.6	0.3	1.2	0.5	3.3	x2.8
S-Ar	11.6	0.4	1.4	0.4	1.4	x1.0
S-Go	20.0	0.7	2.5	0.7	2.5	x1.0
Ar-Go	17.6	0.7	2.8	0.8	3.6	x1.3
Go-Me	19.4	0.7	2.5	0.9	4.2	x1.7
N-A	12.9	0.5	1.9	0.7	3.8	x2.0
Angle(degree)						
S-N-A	12.3	0.6	2.9	0.7	4.0	x1.4
S-N-B	13.7	0.5	1.8	0.7	3.6	x2.0
A-N-B	6.3	0.6	5.7	0.6	5.7	x1.0
N-S-Ar	27.0	0.6	1.3	0.7	1.8	x1.4
N-S-Ba	25.0	0.7	2.0	1.4	7.8	x4.0
S-Ar-Go	33.6	1.0	3.0	1.1	3.6	x1.2
MP-L1	50.4	0.8	1.3	0.8	1.3	x1.0
PP-U1	41.0	0.7	1.2	0.8	1.6	x1.3

복촬영시의 N-A였다. 반복측정에 대한 반복촬영시의 오차퍼센트비는 Ar-Go에서 가장 컸다.

각도 계측에서 가장 작은 방법오차를 보인 항목은 반복측정시의 S-N-B였으며, 가장 큰 방법

오차를 보인 항목은 반복촬영시의 S-Ar-Go이었다. 그리고 가장 작은 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반복측정시의 MP-L1이었고, 가장 큰 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반복촬영시의 A-N-B

였다. 반복측정에 대한 반복촬영시의 오차퍼센트비는 N-S-Ar에서 가장 컸다.

4) 연조직 구조물의 일반 계측 오차(Table 4)

방법오차 및 오차퍼센트는 거리 계측의 반복 촬영시의 LS-E plane항목과 각도 계측의 반복 촬영시의 S-sN-sNT 항목에서 가장 컸다.

5) 경조직 구조물의 계수 영상 계측 오차 (Table 5)

거리 계측에서 가장 작은 방법오차를 보인 항목은 반복측정시의 S-N이었으며, 가장 큰 방법 오차를 보인 항목은 반복촬영시의 Go-Me이었다. 그리고 가장 작은 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반복측정시의 S-N이었고, 가장 큰 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반복촬영시의 Go-Me이었다. 반복측정에 대한 반복촬영시의 오차퍼센트비는 S-N에서 가장 컸다.

각도 계측에서 가장 작은 방법오차를 보인 항목은 반복측정시의 S-N-B였으며, 가장 큰 방법 오차를 보인 항목은 반복촬영시의 N-S-Ba였다. 그리고 가장 작은 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반복측정시의 PP-U1이었고, 가장 큰 오차퍼센트를 나타낸 항목은 반복촬영시의 N-S-Ba였다. 반복측정에 대한 반복촬영시의 오차퍼센트비는

N-S-Ba에서 가장 컸다.

6) 연조직 구조물의 계수 영상 계측 오차 (Table 6)

방법오차는 거리 계측시 모든 항목이 0.4로 동일하였으며, 각도 계측시 반복촬영시의 S-sN-sNT 항목이 가장 컸다. 오차퍼센트는 거리 계측시 반복측정 및 반복촬영시의 LS-E plane항목이, 각도 계측시 반복촬영시의 S-sN-sNT 항목이 가장 컸다.

IV. 총괄 및 고안

두부방사선규격사진의 계측 오차는 주로 계측점 인식과 관련이 있다고 알려져 있다^{5,7,8)}. 이러한 계측점의 인식의 재현성은 그 계측점이 어디에 위치하였느냐에 따라 상당히 영향을 받는다. 즉, N이나 Me같이 두개골의 외측에 위치한 경우에는 상대적으로 쉽게 인식할 수 있고⁵⁾, 중절치 근점이나 PNS같이 다른 구조물들과 중첩되어 나타날 때는 정확히 판별하기 어려우며, A나 B point같이 계측점이 점진적인 곡선상에 위치할 때도 오차가 발생할 확률이 크다¹²⁾.

본 연구에서 거리 및 각도 계측에서 1mm이상 혹은 1도이상의 측정치 차를 보인 항목은 계수 영상 계측시의 Go-Me과 일반 및 계수 영상 계

Table 6. Errors of digitized radiographic measurements for soft tissue profile

Measurement	Variance (SD) ² n=240	Repeat measurement (Group C)		Retaken measurement (Group D)		Change in error percentage between group C and D
		Method error	Error percentage	Method error	Error percentage	
Distance(mm)						
LS-E plane	5.8	0.4	2.8	0.4	2.8	x1.0
LI-E plane	6.3	0.4	2.5	0.4	2.5	x1.0
Angle (degree)						
S-sN-sNT	14.9	0.8	4.3	0.9	5.4	x1.3
S-sN-sPog	10.0	0.6	3.6	0.6	3.6	x1.0

측시의 S-Ar-Go 뿐으로 대부분의 항목에서 그다지 큰 오차를 보이지 않았다. 다른 항목과 비교하여 상대적으로 큰 변이를 보인 항목은 Go, A point 및 증절치와 관련이 있었다. 본 연구결과, 거의 모든 항목에서 일반 계측의 반복측정군, 계수 영상 계측의 반복측정군, 일반 계측의 반복촬영군, 계수 영상 계측의 반복촬영군 순으로 오차가 큰 경향을 보였으나, 4가지 계측법 비교에서 유의성 있는 차이를 나타낸 항목은 드물었다. 일반 계측의 반복측정군과 반복촬영군간의 차이를 그다지 인식할 수 없었다는 것은 선학들의 연구와 일치하나^{4,6,14}, 일반 및 계수 영상 계측군간의 차이가 크지 않았음은 Forsyth 등²⁰의 결과와 다른데, 이는 Forsyth 등²⁰은 64 계조도의 계수 영상으로 평가한 반면, 본 연구에서는 256 계조도의 영상을 이용하여 상의 질이 향상되었기 때문인 것으로 생각된다. 일반 계측과 계수 영상 계측시 유의성 있는 차이는 모두 Go과 관련이 있었다. 이것은 Go아 좌우측의 중간점을 잡으므로, 서로 상당한 흑화도 차이를 보이는 좌우측의 대조도 보정을 동시에 시행하기가 불가능하였기 때문인 것으로 생각된다. 실제 계수 영상 계측시 인두강과만 중첩되는 부분은 상당히 흑화도가 높아 이상적인 대조도 증강이 불가능하였고, 상당한 잡음(noise)이 발생하였다.

계수 영상은 대조도 증강, smoothing 및 edge enhancement를 통한 상 증강(image enhancement)이 가능하여 연조직 계측시 일반 방사선사진보다 우수하다는 보고¹⁷가 있는 반면, 공간 해상력의 저하가 발생하고 또한 계조도의 수가 적은 경우 일반 방사선사진보다 더 큰 오차를 보인다는 결과도 보고²⁰되고있다. 본 연구에서는 일반 계측시 더 우수한 결과를 보였는데, 이것은 연조직의 흑화도가 너무 커서 방사선 사진의 계수 영상화시 원래의 영상정보가 모두 감지되지 못하였기 때문인 것으로 생각된다.

오차퍼센트는 일반 계측시는 반복촬영군의 A-N-B 및 N-A, 계수 영상 계측시는 반복 촬영군의 N-S-Ba 및 A-N-B에서 컷으며, 대부분의 항목에서 반복측정군에 비하여 반복촬영군의 경우에 큰 값을 나타내었는데, 특히, 일반 계측시의

Ar-Go, N-S-Ar, 계수 영상 계측시의 S-N, N-A, S-N-B 및 N-S-Ba 항목은 반복측정군에 비하여 반복촬영군에서 두배 이상의 오차퍼센트를 나타내었다. 본 연구결과는 같은 동양계인 중국어린이에서 A point와 N을 인식하기 어려웠다는 Cooke 등¹⁴의 보고와 일치하는데, A point의 경우는 비교적 후방에 위치하여 뺨의 연조직과 겹쳐서 나타나고, N의 경우는 Baumrind 등⁵이 두개골 외측에 위치하여 상당히 인지하기 쉽고 언급한 반면, Cooke 등¹⁴은 N이 상안검과 중첩되어 나타나 상당히 구별하기 어려웠다고 보고하고 있다. 또한 Forsyth 등²⁰도 N과 A point 등 가장자리에 위치한 계측점에서 오차가 컸다고 보고하였으며, 특히 N은 인접 연조직과 유사한 흑화도를 가져 계수 영상에서 미세한 가장자리의 상이 소실되어 오차가 크게 나타날 수 있음을 언급하였다.

이 연구는 일반 측도 두부방사선규격사진을 이차적으로 계수 영상화한 것으로, 일반 방사선 사진에서와 같은 촬영오차를 가지므로 일반 계측시와 계수 영상 계측시의 오차의 차이는 계측점 인식과 측정오차에 기인한다. 본 연구결과, 계수 영상 계측이 일반 계측보다 약간 낮은 결과를 보여주었지만 통계학적 유의성을 보인 항목은 드물었다.

계수 영상은 일반 방사선사진에 비하여 여러 가지 장점을 가지고 있지만, 이것을 임상에 적용하기 위해서는 기본적으로 일반 방사선사진이 가진 정보의 소실이 없어야한다. 계수 영상의 질은 공간 해상도(spatial resolution), 계조도의 수와 관심부위의 흑화도 변화에 대한 계조도의 민감도(sensitivity)에 달려있다²⁰. 두부방사선규격 사진은 아주 정밀하고, 경조직과 연조직을 동시에 관찰하므로 넓은 흑화도 범위를 가져 계수 영상화가 까다롭다. Fraser 등²⁴은 흉부방사선사진의 넓은 흑화도 범위를 적절하게 재현하기 위해서는 12 bit(4,096 계조도) 영상이 요구된다고 하였고, Wenzel²⁵은 3 x 4cm의 구내사진 평가시 계조도를 6 bit까지 감소시켜도 진단가능하다고 하였다. 두부방사선규격사진과 유사한 근골격계 방사선사진에서 요구되는 공간해상도는 진단해

야할 임상상태에 따라 1.25 lp/mm²⁶⁾에서 8 lp/mm범위²⁷⁾가 제시되고 있다.

Forsyth 등²⁰⁾은 두부방사선규격사진의 계수 영상이 일반 사진과 같은 진단능을 유지하기 위해서는 512 x 512 pixel matrix, 64 계조도 이상이 되어야한다고 제안하였다.

두부방사선규격사진의 계수 영상화는 상 저장, 전송 및 상 증강등의 장점이 있어, 앞으로 기술의 향상과 상 획득시의 비용감소와 함께 활발한 이용이 예상된다. 또한 향후, 방사선 필름대신 계수영상판(digital imaging plate)을 이용^{17,28)}하여 직접 계수영상을 획득한다면, 환자의 방사선 노출을 줄일 뿐만아니라, 넓은 흑화도 범위를 가진 높은 계조도의 고해상도 계수 영상을 얻을 수 있으리라 생각한다.

V. 결 론

본 연구는 두부방사선규격사진의 계수 영상화시의 계측 오차를 평가하기 위하여 시행되었으며, 측모 두부방사선규격사진의 반복측정 및 동일조건으로 반복촬영한 경우의 일반 방사선 사진 계측 및 계수 영상 계측을 시행하여 그 오차를 비교하였다.

연구재료는 11에서 13세 사이의 환자 48명의 측모 두부방사선규격사진 96매를 이용하였으며 각 계측항목의 측정치 차이의 평균 및 오차퍼센트를 구하였다.

그 결과는 다음과 같다.

1. 모든 항목에서 일반 계측의 반복측정군의 측정치 차가 가장 작았으며, 계수 영상 계측의 반복촬영군의 측정치 차가 가장 컸다.
2. 일반 계측과 계수 영상 계측간 통계학적으로 유의성있는 차이를 보인 항목은 반복측정군간의 S-Go, Ar-Go, S-Ar-Go 및 S-sN-sNT였다.
3. 반복측정군과 반복촬영군간 통계학적으로 유의성있는 차이를 보인 항목은 일반 계측시의 N-S-Ar, MP-L1 및 S-sN-sPog이었으며, 계

수 영상 계측시의 S-N, Go-Me 및 N-A였다.

4. 오차퍼센트는 일반 계측시는 반복촬영군의 A-N-B 및 N-A, 계수 영상 계측시는 반복 촬영군의 N-S-Ba 및 A-N-B에서 크게 나타났다.
5. 일반 계측시의 Ar-Go 및 N-S-Ar, 계수 영상 계측시의 S-N, N-A, S-N-B 및 N-S-Ba 항목은 반복측정군에 비하여 반복촬영군에서 두 배 이상의 오차퍼센트를 나타내었다.

참고문헌

1. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U : The effect of projection errors on angular measurements in cephalometry. *European J of Orthodontics* 10 : 353-361, 1988.
2. Rakusi T : An atlas and manual of cephalometric radiography. pp7, Wolfe Medical Publications Ltd. : 1982.
3. Eliasson S : Postural position of the mandible with special reference to instruction. head fixation and relaxation. Thessis, Karolinska Institutet, Stockholm, 1974.
4. Midtgård J, Björk G, Linder-Aronsson S : Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurements of cephalometric cranial distances. *Angle Orthodontist* 44 : 56-62, 1974.
5. Baumrind S, Frantz RC : The reliability of head film measurements. 2 Conventional angular and linear measures. *Am J Orthodont* 60 : 505-517, 1971.
6. Houston WJB, Maher RE, McElroy D, Sheriff M : Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *European J of Orthodontics* 8 : 149-151, 1986.
7. Carlsson GE : Errors in X-ray cephalometry. *Odontologisk Tidskrift* 75 : 99-129, 1967. cited from 1.
8. Sandler PJ : A comparison of three methods of obtaining cephalometric measurements and a study of the differences in cephalometric measurements taken from duplicate radiographs on the same day. Master's Thesis. University of London, 1986.
9. Shaw WC : Problems of accuracy and reliability in cephalometric studies with implants in infants with cleft lip and palate. *British J of Orthodontics* 4 : 93-100, 1977.

10. Aouda FD, Johnson JX : Possible effects of a misaligned later skull cephalometric radiograph on the values of routine planes and angles used to aid clinical orthodontic diagnosis. *Int Res Communi Sys, Med Science* 8 : 175-176, 1980.
11. Gron P : A cephalometric evaluation of image size in dental radiograph. *J of Dental Research* 39 : 853-859, 1960.
12. Tng TTH, Chan TCK, Hagg U, Cooke MS : Validity of cephalometric landmarks : an experimental study on human skulls. *Eur J Orthod* 16 : 110-120, 1994.
13. Sandler PJ : Effect of patient repositioning on cephalometric measurements. *British J of Orthodontics* 15 : 17-21, 1988.
14. Cooke MS, Stephen HY : Cephalometric errors : A comparison between repeat measurements and retaken radiographs. *Australian Dental J* 36 : 38-43, 1991.
15. Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK, Demirjian A : Cephalometric reliability : a comparison of two assessment methods. *Am J Phys Anthrop* 63 : 142-143, 1984.
16. Buschang PH, Tanguay R, Demirjian A : Cephalometric reliability : A full ANOVA model for the estimation of true and error variance. *Angle Orthodontist* 57 : 168-175, 1987.
17. Eppley BL, Sadove AM : Computerized digital enhancement in craniofacial cephalometric radiography. *J Oral Maxillofac Surg* 48 : 1038-1043, 1991.
18. Forsyth DB, Davis DN : Assessment of an automated cephalometric analysis system. *Euro pean J Orthodont* 18 : 471-478, 1996.
19. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S : Digital imaging of cephalometric radiography, part 1 : advantages and limitations of digital imaging. *Angle Orthodontist* 66 : 37-42, 1996.
20. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S, Roberts CT : Digital imaging of cephalometric radiographs, part 2 : image quality. *Angle Orthodontist* 66 : 43-50, 1996.
21. Dahlberg G : Statistical methods for medical and biological students, pp122-132, Interscience Publications, New York, 1940. cited from 14.
22. Davis DN : Knowledge-based systems for medical image interpretation. PhD Thesis, University of Manchester, 1991.
23. Forsyth DB : Digital imaging of cephalometric radiographs. Master's Thesis. University of Manchester, 1992.
24. Fraser RG, Sanders C, Barnes GT, et al : Digital imaging of the chest. *Radiology* 171 : 297-307, 1989.
25. Wenzel A : Effect of varying gray-scale resolution for detectability of bone lesions in intraoral radiographs digitized for teletransmission. *Scan J Dent Res* 95 : 483-92, 1987.
26. Wegryn SA, Piraino DW, Richmond BJ, et al : Comparison of digital and conventional musculoskeletal radiography : An observer performance study. *Radiology* 175 : 225-228, 1990.
27. Murphey MD, Bramble JM, Cook LT, Martin NL, Dwyer SJ : Nondisplaced fractures : spatial resolution requirements for detection with skeletal imaging. *Radiology* 174 : 865-870, 1990.
28. Darwood R : Digital radiology - A realistic prospect? *Clinical Radiology* 42 : 6-11, 1990.

-ABSTRACT-

ERRORS IN DIGITIZED LATERAL CEPHALOMETRIC RADIOGRAPHY

Seon-Doo Jeon, Bong-Hae Cho, Kunng-Soo Nah

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study is to evaluate the cephalometric reproducibility in digitized cephalometric radiography by comparing the measurement errors between the remeasured and retaken conventional and digitized lateral cephalometric radiography. The mean of the differences and error percentage of each cephalometric measurement were obtained using 96 lateral cephalometric radiography from 48 patients between the age of 11 and 13.

The results were as follows;

1. The repeated measurement group of conventional radiography showed least amount of mean differences while those of the retaken measurement group of digitized image showed largest amount of mean differences in every measurement.
2. The measurements which showed statistically significant difference between the conventional radiography and digitized image were S-Go, Ar-Go, S-Ar-Go and S-sN-sNT in repeated measurement group.
3. The measurements which showed statistically significant difference between the repeated and retaken measurement groups were N-S-Ar, MP-L1 and S-sN-sPog in conventional radiography and S-N, Go-Me and N-A in digitized image.
4. Large amount of error percentage was shown at A-N-B and N-A in retaken measurement group of conventional radiography and N-S-Ba and A-N-B in retaken measurement group of digitized image.
5. The amount of error percentage at Ar-Go and N-S-Ar in retaken measurement group of conventional radiography and S-N, N-A, S-N-B and N-S-Ba in retaken measurement group of digitized image was more than double than those from remeasured groups.