

Ektaspeed plus 필름을 이용한 일반 방사선시스템과 Digora를 이용한 디지털 영상시스템의 밀도변화 비교연구

소성수¹, 노현수¹, 김창성¹, 최성호¹, 김기덕², 조규성¹

연세대학교 치과대학 치주과학교실¹, 치주조직재생연구소¹, 치과방사선학교실²

I. 서론

디지털 공제 방사선 촬영술이나 컴퓨터 보조의 밀도계측분석(Computer-assisted densitometric analysis)은 방사선 사진상에서 미세한 골변화를 감지하여 진단의 정확도를 증가시키며 높은 감수성(sensitivity), 사람의 주관에 배제할 수 있는 객관성 등의 장점으로 인해 방사선학 연구 분야에 있어서 관심을 끌고 있다. 현대 방사선 기술의 발달로 치과 방사선은 과거의 일반 방사선 시스템(Conventional X-ray film based system)에서 디지털 영상 시스템으로 변화하고 있다. 디지털 영상 시스템에서는 디지털 영상 감지기(Digital image sensor)의 종류에 따라 두 가지 형태로 나뉘는데 CCD(charged coupled devices)^{1,2)}를 사용하는 것과 영상판(imaging plate)³⁻⁷⁾을 사용하는 것이다. 구내 storage phosphor 시스템인 Digora 시스템은 디지털 영상 감지기로 영상판을 이용하는데, 종류로는 성인용과 소아용 2종류가 있으며 구내 방사선필름과 동일한 크기로 되어있다. Velders 등⁸⁾은 Digora 시스템이 CCD감지기를 이용하는 디지털 영상시스템에 비해 노출시간의 범위가 상당히 넓어 필름노출시간을 95%까지 줄일 수 있다고 하였다. 또

한 CCD감지기에 비하여 영상판은 크기가 커서 하나의 영상판에 보다 넓은 부위의 영상을 인기 할 수 있다. Borg와 Grondahl⁹⁾은 Digora시스템과 필름, 다른 2종류의 CCD감지기의 디지털 영상 시스템을 비교한 결과, 다른 시스템보다 넓은 노출시간의 범위에서 좋은 상을 보여주며, 긴 노출시간에서도 상이 퍼지는 현상(burn-out)에 대해 영향을 받지 않으며, 작은 물체의 구별 능력에서도 Digora가 가장 좋은 결과를 보여 주었다고 보고하였다. 기존의 방식으로 촬영되어 현상된 필름을 디지털화하는 방사선 사진용 디지털 영상시스템(film digital imaging system)은 X선 필름을 CCD카메라나 스캐너를 이용하여 컴퓨터에 입력하여 영상 처리하는 시스템으로, 최근에 개인용 컴퓨터의 발달로 개인용 컴퓨터를 이용한 디지털 영상시스템을 제작하여 임상에 이용하고자 하는 많은 시도가 있어왔다. 특히 Ruttiman과 Webber¹⁰⁾는 디지털 공제 방사선 촬영술(Digital subtraction radiography)로 국소적인 골병소의 양을 측정하는 등의 많은 연구가 이루어져 왔다. 이러한 디지털 공제 방사선 촬영술의 임상 이용에 관해서는 미세한 골변화를 보이는 치주질환, 치아우식증¹¹⁾, 임플란트¹²⁾, 악관절의 골변화¹³⁾ 및 위치변화¹⁴⁾ 등의 진단과 골의 정량 분석에

*이 논문은 2001년도 연세대학교 치과대학 학술연구비로 이루어졌음

교신 저자: 조규성, 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 치과대학 치주과학교실, 우편번호: 120-752

의^{10,15,16} 이용 등 많은 보고가 있었다. 그러나 현재 개발된 대부분의 방사선 시스템은 과거의 일반 방사선 시스템처럼 여러 환경 변수에 의해 방사선 투과도가 변하게 된다. 이로 인해 디지털 공제술(Digital subtraction)을 위해서는 서로 다른 밀도변화양상(density profile)을 가지는 이미지간의 일치와 이의 수치화가 필요하다. 더구나 후향적(retrospective)인 연구를 위해서는 과거의 일반 방사선사진의 디지털화가 필요하며, 이때 디지털 방사선상과 일반 방사선 시스템의 방사선 특성곡선의 표준화가 필요하다. 이를 연구시에 참조체로써 사용될 수 있는 대표적인 것이 알루미늄이라 할 수 있다. 알루미늄은 칼슘을 포함하는 조직에 대해서 비슷한 정도의 감소 계수(attenuation coefficient)를 갖게 되어 참조체(step-wedge)로써 많은 사용이 되어지고 있다.¹⁷⁻²¹ 이번 연구에서는 임상에서 나타날 수 있는 다양한 환경 변화 하에서 표준 치근단 방사선사진의 밀도변화양상(density profile)을 알루미늄 참조체를 이용해서 조사하였을 때 방사선사진 흑화도(Radiographic density)가 직선관계로 인식할 수 있는지 알아보고, 디지털 영상 시스템이 보편적으로 사용되었을 경우에 대비하여 표준 치근단 방사선사진과 디지털 영상 시스템인 Digora의 밀도변화가 밀접한 관계가 있는지 확인함으로써 추후 디지털 시스템과 기존의 일반 방사선 시스템의 상호 연관성을 확보하는 데에 그 목적이 있다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

1) 일반 방사선 사진 촬영 및 현상

순도 99.99%이상의 알루미늄 참조체(5단계, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00mm)의 방사선사진 촬영을 위해 노출시간의 활용범위가 넓은 70kVp, 7mA, 초점 크기가 0.7 X 0.7 mm이며, 총여과가 1.5mmAl인 구내방사선 촬영기구(Helicodent MD, model No. 14 48 237 3195, SIEMENS AG, Germany)를 이용하였다. 유효기간이 지나지 않은 감광도 E군의 Ektaspeed

plus 구내 치근단 필름(Eastman Kodak Co., USA)을 수직인 방향에서 다양한 거리, 관전압, 노출시간에서 촬영하였다. 촬영된 방사선 필름은 Perimat 자동 현상기(DÜRR DENTAL Co., Germany)을 이용하여 다양한 농도의 현상액에서 현상하였고, 현상액과 정착액은 원액과 물을 1:4로 섞은 Readymatic제품(Kodak Co., Rochester, USA)을 사용하였다.

2) 디지털 영상 시스템

영상처리는 IBM호환 PC와 17인치 고해상도 컬러 모니터를 이용하였다. 촬영된 방사선 사진의 입력을 위하여 최대 2400DPI를 지원하는 Photo smart S20(Hewlett packerd Co., USA) 스캐너와 Brain3dsp(NhosDiaTech Co., Korea)를 이용하여 촬영된 방사선 사진을 256계조도를 갖는 영상으로 디지털화 하였으며, 디지털화 하는 과정에서 자동이미지변환(auto image processing)과정은 없도록 옵션을 설정하였다. 실험을 위한 영상의 조작은 Brain3dsp(NhosDiaTech Co., Korea) 프로그램을 이용하였다.

3) 디지털 구내 방사선 사진 촬영 시스템(Digora 시스템)

디지털 구내 방사선 사진 촬영 시스템으로 해상능이 6 line pairs/mm로 보고 되고 있는 Digora 시스템(Soradex Orion Co., Finland)을 이용하였다. Image plate(IP)의 경우에는 Digora 시스템의 것 중에서 성인용(416X560 pixels, 35X45mm)의 것을 임상에서 사용하는 것처럼 일회용 플라스틱 백을 씌워서 사용하였다. 촬영된 IP상은 레이저 스캐너로 스캐닝하였다. 컴퓨터는 IBM호환 PC를 사용하였으며, 모니터로는 17인치 컬러모니터(1024 X 768 pixels, 256색조지원)를 사용하였다. Digora 시스템의 프로그램 중에서 자동계조도 조정 프로그램(Automatic grayscale adjustment program), 테두리 강조(Edge enhanced) 프로그램등의 모든 자동이미지변환(auto image processing)과정은 배제하고 측정하였다. 레이저 스캐닝시에는 광원에 의해서 영상판(imaging plate)에 끼칠 수 있는 영향을 배제하려고 주위의 광원을 차단하였으며, 컴퓨터 모니터의 밝기도 어떻게 조절하였다.

2. 연구방법

1) 계획내용

(1) 일반 방사선 사진에서 현상액의 상태가 Density Profile에 미치는 영향

일반 방사선 사진의 현상액의 사용기한에 따른 density profile의 변화를 살펴보기 위해 동일 조건(관전압 70kVp, 노출시간 0.2초, 관구와 피사체 거리 10cm)에서 촬영한 사진을 새 현상액으로 현상한 것과, 일반 치근단 필름 약 1000매를 현상한 뒤의 현상액으로 현상한 것을 각각 3번씩 촬영하였다.

(2) 관전압의 차이가 Density Profile에 미치는 영향

관전압 kVp의 차이에 따른 분석을 위해 60kVp, 70kVp에서 일반 방사선 사진과 Digora 시스템을 각각 동일조건(노출시간 0.2초, 관구 피사체 거리 10cm, 동일한 현상액)에서 각각 3번씩 촬영하였다.

(3) 노출시간의 차이가 Density Profile에 미치는 영향

노출 시간에 따른 차이 분석을 위해 0.01초, 0.02초, 0.05초, 0.1초, 0.2초, 0.32초, 0.4초, 0.8초로 변화시켜 일반 방사선 사진과 Digora 시스템을 매 노출시

간마다 3번씩 촬영하였다.

(4) 관구와 피사체까지의 거리가 Density Profile에 미치는 영향

관구로부터 피사체까지의 거리에 따른 차이 분석을 위해 5, 10, 15, 20, 30cm를 거리를 두고 일반 방사선 사진과 Digora 시스템을 매 거리마다 3번씩 촬영하였다.

2) 대조군의 설정

매 실험마다 참조 이미지(reference image)를 촬영하여 개연성이 있는지의 여부를 확인하기 위하여 관전압 70kVp, 노출시간 0.2초, 관구와 피사체 거리 10cm를 대조군으로 하여 한번씩 촬영하였다.

3) 디지털 분석

촬영된 모든 일반 방사선 사진상을 스캐너를 이용하여 300dpi로 컴퓨터에 저장한 뒤 Brain3dsp 프로그램을 이용하여 화면상에서 일반 방사선 사진상 및 Digora 시스템의 사진상에서 참조체의 각 단계마다 일정한 관심영역(50 X 50 pixels)의 평균 계조도를 구하였다. 이어 계조도와 참조체 두께의 관계식을 근사다항식으로 산출함으로써 변환관계식을 작성하

Table 1. Means and stdev. of gray scale values obtained from 3 times measurement at control state

Thickness(mm)	0	1	1.5	2	2.5	3
Conventional	43.37±0.32	72.13±1.00	82.56±0.71	92.12±0.50	101.50±0.44	112.20±0.63
Digora	66.48±4.27	107.74±1.48	118.18±3.58	126.90±3.18	135.51±3.16	146.23±3.88

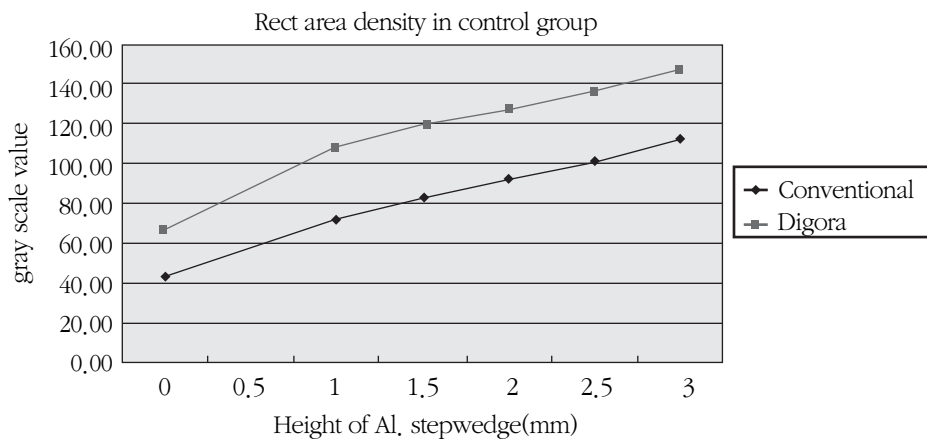


Figure 1. Correlation in Control group

Table 2. Means and stdev. obtained from 3times measurement at two type of different developing machines in conventional X-ray system.

Thickness(mm)	0	1	1,5	2	2,5	3
Ref	43,37±0,32	72,13±1,00	82,56±0,71	92,12±0,5.	101,50±0,44	112,20±0,63
Exp	38,33±1,10	65,15±0,57	73,86±0,65	82,53±0,96	91,10±0,75	100,27±0,79

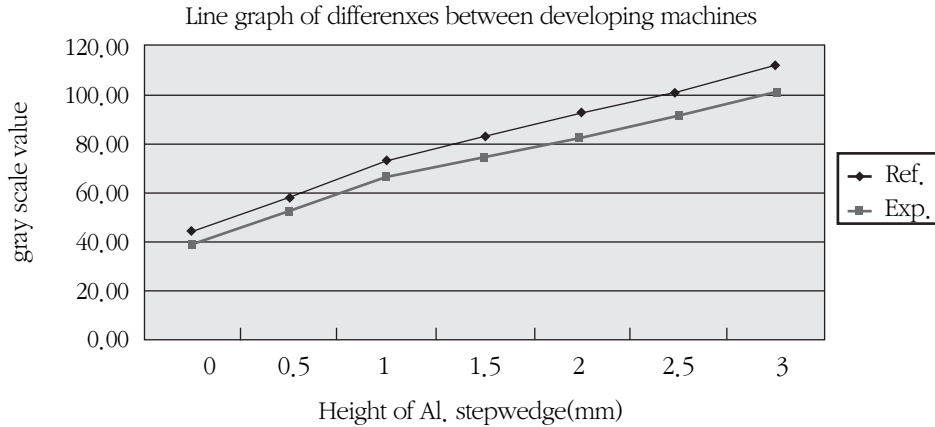


Figure 2. Correlation in different developing machines in conventional X-ray system

Table 3. Means and stdev. of gray scale values obtained from 3 times measurement at two type of 60kVp and 70kVp

Thickness(mm)		0	1	1,5	2	2,5	3
Conventional	Ref	43,37±0,32	72,13±1,00	82,56±0,71	92,12±0,50	101,50±0,44	112,20±0,63
	Exp	64,85±1,25	100,82±2,81	116,16±0,43	128,89±0,81	141,00±0,72	153,39±1,50
Digora	Ref	66,48±4,27	107,74±1,48	118,18±3,5	126,90±3,18	135,51±3,16	146,23±3,88
	Exp	70,29±2,74	118,90±6,32	129,37±4,92	137,62±2,71	147,18±2,33	158,75±4,11

고, 작성된 모든 관계식의 신뢰도를 나타내는 결정계수를 구하였다.

III. 연구결과

1. 대조군에서의 Density Profile

실측된 알루미늄 참조체의 평균 두께는 1, 1.5, 2.0, 2.5, 3mm이었다. 일정 관전압(70kVp), 노출시간(0.2초), 관구와 피사체간의 거리(10cm)의 조건하에서 알루미늄 당량화상을 얻기 위한 알루미늄 두께와 계조도사이에서 일반 방사선 시스템이나 Digora 시스

템 모두에서 직선관계(일반 방사선 시스템 : $y=11.21x+46.62$ $r^2=0.9898$, Digora 시스템 : $y=12.68x+74.59$ $r^2=0.9528$)를 보였으며, 이 관계식을 얻기 위한 알루미늄의 두께와 계조도 사이의 수치는 Table1과 같다.

2. 현상액의 상태가 Density Profile에 미치는 영향

일반 방사선 시스템에서 관전압(70kVp), 노출시간(0.2초), 관구와 피사체간의 거리(10cm)를 동일하게 하고, 새 현상액을 사용한 경우(대조군)와 10000장의

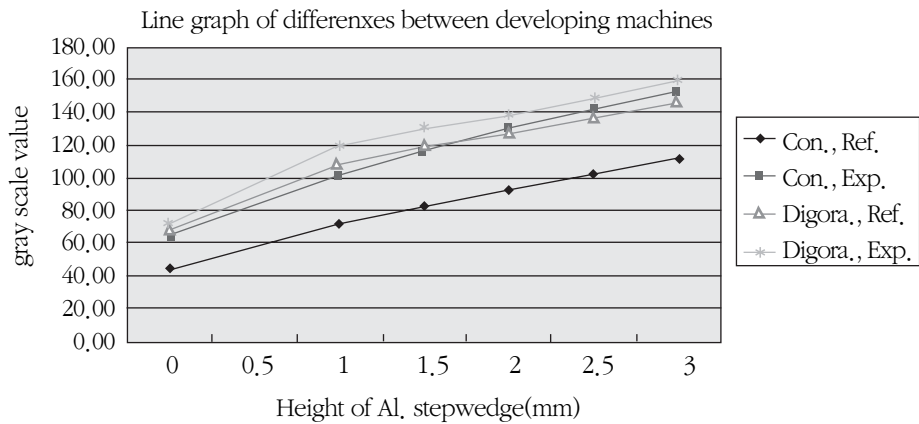


Figure 3. Correlation in different kVps

Table 4. Means and stdev. of gray scale values obtained from 3 times measurement at different exposure times

Exposure	time(sec)	0mm	1mm	1,5mm	2mm	2,5mm	3mm
Conventional	0,02	206,47±0,40	218,15±0,92	223,74±0,45	228,38±0,44	230,58±0,36	230,65±1,54
	0,05	151,45±2,27	179,89±1,85	190,52±1,56	199,10±1,39	206,11±1,86	211,96±0,99
	0,1	111,75±0,52	146,02±0,78	157,69±0,46	168,38±0,59	177,61±0,25	185,59±1,44
	0,2	43,37±0,32	72,13±1,00	82,56±0,71	92,12±0,50	101,50±0,44	112,20±0,63
	0,32	12,12±0,79	34,53±0,36	42,15±0,28	49,31±0,17	56,80±0,10	64,85±0,21
	0,4	7,49±0,28	17,57±1,87	25,51±1,39	31,95±0,66	38,30±0,69	46,21±0,38
	0,8	out of range					
Digora	0,01	233,01±0,42	237,36±0,34	238,21±0,53	239,08±0,47	240,05±0,25	241,25±0,34
	0,02	206,31±1,52	215,70±1,19	218,05±0,80	220,01±0,62	222,44±0,34	225,73±1,19
	0,05	124,92±0,48	153,85±5,09	159,86±1,90	165,56±0,78	172,30±0,51	180,94±2,33
	0,1	75,97±6,16	117,31±8,53	122,89±5,68	132,20±4,56	142,63±2,29	153,63±6,57
	0,2	66,48±4,27	107,74±1,48	118,18±3,58	126,90±3,18	135,51±3,16	146,23±3,88
	0,32	68,12±2,24	111,07±5,50	119,08±3,52	127,58±2,69	137,49±1,77	150,49±5,36
	0,4	65,62±2,16	109,39±4,23	116,32±,47	125,28±2,30	136,88±2,81	148,79±1,33
0,8	60,75±5,45	105,99±8,84	111,55±5,44	121,64±4,08	134,82±3,47	149,98±7,61	

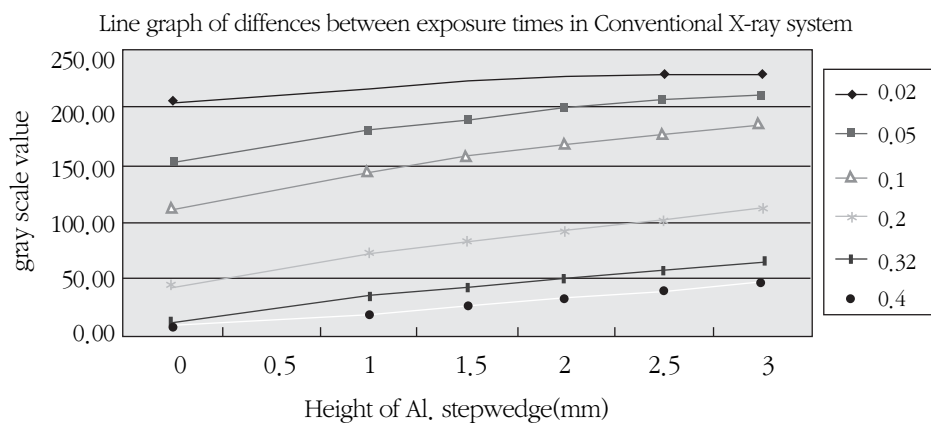


Figure 4-a. Correlation in different exposure times of conventional X-ray system

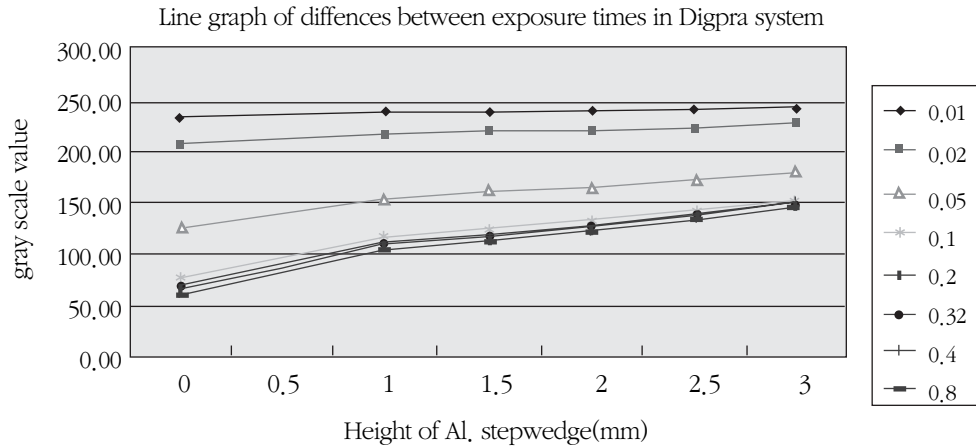


Figure 4-b. Correlation in different exposure times of Digora system

Table 5. Means and stdev. of gray scale values obtained from 3 times measurement at different distances

Distance(cm)	0mm	1mm	1.5mm	2mm	2.5mm	3mm	
Conventional	5	26.44±0.54	49.30±0.23	57.85±0.28	65.59±0.22	73.54±0.31	83.06±0.39
	10	43.37±0.32	72.13±1.00	82.56±0.71	92.12±0.50	101.50±0.44	112.20±0.63
	15	54.67±0.24	86.34±0.29	98.49±0.36	109.69±0.15	120.74±0.13	132.16±0.30
	20	73.31±0.30	107.15±0.65	120.01±0.32	132.00±0.23	142.87±0.62	153.81±0.24
	30	116.04±0.10	146.83±0.62	160.26±0.94	171.35±0.82	180.56±0.61	189.66±0.29
Digora	5	69.81±3.18	112.56±2.28	120.76±3.60	128.52±2.78	138.64±0.76	152.03±3.42
	10	66.48±4.27	107.74±1.48	118.18±3.58	126.90±3.18	135.51±3.16	146.23±3.88
	15	73.88±5.08	111.65±6.38	120.64±3.13	131.26±3.15	143.19±4.59	154.95±6.40
	20	72.63±3.69	112.87±6.67	123.18±1.08	131.36±1.97	140.24±1.92	151.81±2.83
30	76.31±4.59	114.19±5.61	122.62±2.79	132.13±2.91	143.28±3.84	154.05±2.15	

치근단 사진을 현상한 후의 현상액으로 현상한 경우 (실험군) 모두에서 알루미늄 두께와 계조도 사이에서 직선관계를 보였다. 실험군의 경우 알루미늄 두께에 대한 계조도의 변환관계식은 $y=10.07x+41.64$ $r^2=0.9861$ 이었다(Table 2, Figure 2).

3. 관전압의 차이가 Density Profile에 미치는 영향

노출시간(0.2초), 관구와 피사체간의 거리(10cm)를 일정하게 한 경우, 대조군(70 kVp)처럼 실험군(60 kVp)에서도 일반 방사선 시스템과 Digora 시스템에서 알루미늄 두께와 계조도 사이는 직선 관계를 보였다. 실험군에서 일반 방사선 시스템의 변환관계식

은 $y=14.60x+68.86$, $r^2=0.9886$ 이었고, Digora 시스템에서는 $y=13.90x+80.68$ $r^2=0.9238$ 이었다(Table 3, Figure 3).

4. 노출시간의 차이가 Density Profile에 미치는 영향

일정 관전압(70kVp), 관구와 피사체간의 거리(10cm)하에서 다양한 노출시간(0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.32, 0.4, 0.8 초)에 대해서 일반 방사선 시스템과 Digora 시스템 모두 변환관계식이 직선을 나타내었으며, 가장 높은 결정계수를 보인 것은 일반 방사선 필름에서 노출시간이 0.4초일 때 $r^2=0.9900$ 이었고, 가장 낮은 결정계수를 보인 것은 Digora 시스템

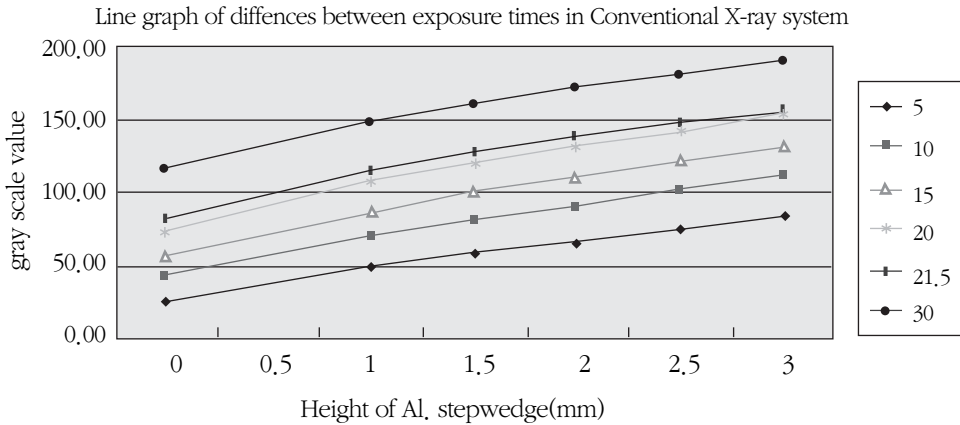


Figure 5-a. Correlation in different distances of conventional X-ray system

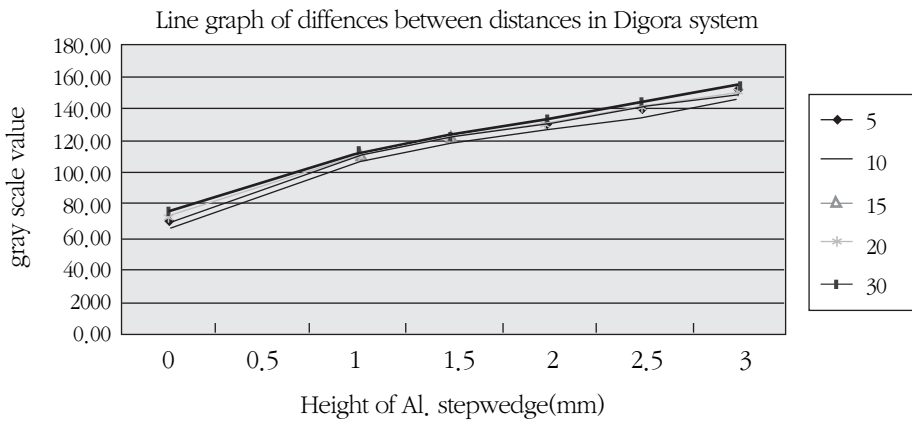


Figure 5-b. Correlation in different distances of Digora system

에서 노출 시간이 0.1초일 때 $r^2=0.9188$ 이었다. 일반 방사선 필름에서 노출 시간을 0.8초로 하였을 때에는 계측이 불가능 할 정도로 전반적으로 계조도가 높게 되어 측정이 불가능하였다(Table 4, Figure 4a, b).

5. 관구와 피사체까지의 거리가 Density Profile 에 미치는 영향

일정 관전압(70kVp) 및 노출시간(0.2초)하에서 다양한 관구와 피사체간의 거리 (5, 10, 15, 20, 30cm)에 대해서 일반 방사선 시스템과 Digora 시스템 모두 변환관계식이 직선을 나타내었으며, 가장 높은 결정계수를 보인 것은 일반 방사선 필름에서 거리가 5cm일

때 $r^2=0.9925$ 이었고, 가장 낮은 결정계수를 보인 것은 Digora 시스템에서 거리가 20cm일 때 $r^2=0.9447$ 이었다(Table 5, Figure 5a, b).

IV. 총괄 및 고찰

방사선학 분야에서 디지털 영상을 이용한 골밀도분석의 필요성이 대두된 데에는 이유가 있다. 실험적으로도 Bender등²²⁾과 Ramadan등은²³⁾ 골내병변이 있는 경우 피질골의 흡수 또는 천공이 없는 한 일반 방사선 사진에서 그 판독이 어려우며 해면골에 국한된 파괴의 경우 30-50%의 골이 상실되어야 판독이 가능하다고 보고한 바 있다. 이에 반해 사진상의 디지털화를

이용했을 때에 Ortman등은¹⁷⁾ 건조두개골에서 공제술에 의한 덴시토메트릭 분석(Densitometric analysis)에서 5%의 골손실을 인지할 수 있었다고 보고하였다.

디지털 영상술에서의 첫 단계는 방사선 사진을 컴퓨터상에 저장할 수 있도록 변환시키는 것으로, CCD카메라나 스캐너를 이용하여 기존의 방사선사진을 디지털화하는 방법과 intraoral direct imaging devices를 사용하는 방법²⁴⁾이 있는데, 밀도계측기를 사용하여 방사선 사진을 디지털 포맷으로 변환하는 방법²⁵⁾도 있다.

CCD를 사용하는 것에는 X선 광자의 에너지가 CCD감지기에 의하여 전기적인 신호로 직접 전환되는 시스템인 Sens-A Ray, VIXA/Visualix등이 있고, CCD감지기에 노출되었던 X선 에너지를 가시광선으로 전환시키는 시스템인 RVG, Flash Dent가 있으며 영상판을 사용하는 시스템은 Digora이다. 이러한 시스템들의 장점으로는 암실작업 없이 즉시 상을 얻을 수 있고 변연증강(contrast enhancement)이나 계조도 반전(gray scale reversal) 등으로 상을 조작할 수 있으며 환자의 방사선 노출량은 E-speed film에 비해 60%까지 감소시킬 수 있다. 그러나 CCD감지기를 이용하는 구내 디지털 영상법은 일반 방사선사진에 비하여 비싼 가격과 감지기의 해상능이 10 line pairs/mm로^{1,26,27)} 떨어지고 감지기가 두꺼워 조작하기 어려우며 소독이 용이하지 않은 점 그리고 노출시간의 활용범위가 좁은 점^{9,28)} 등이 단점으로 지적되고 있다. 이러한 이유로 본 연구에서는 디지털 영상 시스템 중에서 가장 보편적으로 사용이 되고 있는 Digora 시스템을 연구대상으로 하였다.

디지털 방사선술은 최근에 개발된 비디오 및 컴퓨터 기술과의 결합으로 크게 발전되었는데²⁹⁻³³⁾, 디지털 공제영상에서 병소의 계조도와 알루미늄의 계조도를 비교하여 골 병소의 부피를 결정하려는 많은 연구들이 행해졌으며, 골 조직의 변화를 알루미늄 당량두께로 정량화하는 방법들이 보고되었다. 이는 골과 알루미늄의 동일 양은 원자번호가 매우 유사하므로 거의 같은 정도로 방사선을 감쇄시킨다는 사실에 기초하고 개발되었다.

이번 연구에서는 이러한 영상분석체계를 임상적으

로 골조직 정량적 평가에 적용함에 앞서 촬영시 사용된 알루미늄 참조체의 적용방법, 현상액의 상태, 노출시간, 관구와 피사체간의 거리, 관전압의 변화에 따라 나타날 수 있는 알루미늄두께와 흑화도사이의 변환관계식 형태와 그 신뢰성을 검토하였다. 일반 방사선 시스템의 경우에 있어서, 노출시간이 증가할수록, 관구와 피사체의 거리가 가까울수록 결정계수의 값이 증가하는 양상을 보였다. Digora 시스템에서는 노출시간이 0.1초($r^2=0.9188$)일때에 결정계수가 가장 작았고, 0.02초($r^2=0.9507$)와 0.4초($r^2=0.9501$)에서 결정계수가 높게 나타났으며, 전반적으로 일반방사선 시스템과 Digora 시스템 모두에서 변환관계식에 대한 상관관계가 높게 나타내었다. 이러한 결과는 알루미늄 두께와 디지털 영상의 계조도간에 높은 상관관계가 있었다는 보고들과 일치하였다. 특기할만한 사실로는 Digora 시스템의 경우에는 관구와 피사체간의 거리가 5cm에서 30cm까지, 노출시간이 0.1초 이상에서 일정한 계조도를 보였다.

이상을 종합해 볼때 일반방사선 시스템과 디지털 영상 시스템중 대표적인 Digora 시스템 모두는 임상에서 방사선상을 획득할 때에 생길 수 있는 변화의 원인으로 생각할 수 있는 현상액 상태, 관전압, 노출시간, 관구와 피사체 거리에 상관없이 피사체의 밀도에 대한 디지털 영상의 계조도는 직선 형태의 변환관계를 이루게 됨을 알 수 있었다.

이를 이용하여 과거의 일반 방사선 필름으로 촬영된 영상을 디지털화 하였을때 각각의 영상에서 밀도의 변화가 없는 곳을 참조점으로 지정할 수 있다면 관심영역의 시간에 따른 밀도변화를 알수 가 있게 됨으로써 기존의 많은 자료를 이용하여 후향적인 연구를 할 수 있다고 하겠다. 또한 미래에 디지털 영상 시스템이 기존의 일반 방사선 시스템을 대체하더라도 두 시스템 모두에서 밀도와 계조도 사이의 관계가 직선관계임을 이용하여 두 시스템사이의 연속적인 연구가 가능해지게 되었다.

V. 결론

골조직의 정량평가에 이용하고자 고해상도의 자

동 슬라이드스캐너를 입력계로한 디지털 영상시스템과 Digora 시스템을 다기능영상분석 프로그램인 Brain3dsp로 비교분석하였다. 이를 임상에 응용함에 있어 알루미늄당량화상으로의 변환관계식 작성시 알루미늄의 적용상태와 선질 및 선량이 미치는 영향을 검토하고자 변환관계식의 결정계수(r^2) 및 그에 의존된 알루미늄당량 측정치의 변동간의 관계를 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 임상에서 사용이 많은 환경인 관전압(70kVp), 노출시간(0.2초), 관구와 피사체의 거리(10cm)의 조건하에서 작성된 알루미늄당량화상변환관계식은 일반 방사선 시스템에서는 $Y=11.21X+46.62$ $r^2=0.9898$, Digora 시스템에서는 $Y=12.68X+74.59$ $r^2=0.9528$ 였으며, 두 시스템 모두에서 직선관계가 됨을 알 수 있었다.
2. 일반방사선시스템에서 현상액의 상태를 변화시키고 나머지 환경을 동일하게 하였을때에도 알루미늄당량화상변환관계식은 $Y=10.07X+41.64$ $r^2=0.9861$ 를 나타내어 높은 상관관계를 나타내었다.
3. 관전압을 70kVp에서 60kVp로 변화시키고 나머지 환경을 동일하게 하였을 때에 60kVp의 경우에도 직선관계를 보였으며, 일반 방사선 시스템의 변환관계식은 $Y=14.60X+68.86$ $r^2=0.9886$ 이었고, Digora 시스템에서는 $Y=13.90X+80.68$ $r^2=0.9238$ 이었다.
4. 노출시간을 0.01에서 0.8초까지 변화시키고 나머지 환경을 동일하게 하였을 때에 일반방사선 시스템과 Digora 시스템 모두 직선관계를 나타내는 알루미늄당량화상변환관계를 보였고 결정계수는 0.9188에서 0.9900까지 분포하였으며, 전반적으로는 일반방사선시스템이 Digora 시스템이 더 높은 결정계수의 분포를 보였다.
5. 관구와 피사체간의 거리를 5cm에서 30cm까지 변화시키고 나머지 환경을 동일하게 하였을 때에 일반방사선시스템과 Digora 시스템 모두 직선관계를 나타내는 알루미늄당량화상변환관계를 보였고 결정계수는 0.9463에서 0.9925까지

분포하였으며, 일반방사선시스템의 경우에는 거리가 가까워질수록 상관계수가 커지는 경향을 보였다.

VI. 참고문헌

1. Goaz PW, White SC. Oral Radiology. Principales and Interpretation, 3rd ed., St. Louis, Missouri, Mosby-Year Book Inc, 1994.
2. Nelvig P, Wing K, and Welander U. Sen-A-Ray. A new system for direct digital intraoral radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1992;74:818-823.
3. Grondahl HG, Borg E. Endodontic measurements with an intraoral image plate technique-the Digora System. The proceeding of the 10th international congress of dento-maxillofacial radiol 1994;101-151.
4. Kashima I, et al. Computed panoramic tomography with scanning laser-stimulated luminescence. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1985;60:448-453.
5. Kashima I, et al. Intraoral computed radiography using the Fuji computed radiography imaging plate, Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1994;78:239-246.
6. Sandernk GCH, van der stelt PF, Velders XL. Image quality of a new indirect digital intraoral X-ray sensor system. The digora system compared to direct digital systems and film in assessing root canal length. The proceeding of the 10th international congress of dento-maxillaofacial radiol 1994;377-379.
7. Welander U, et al. Resolution as defined by line spread and modulation transfer function for four digital intraoral radiographic system, Oral surg Oral med Oral pathol 1994;78:109-115.
8. Veders XL. The effect of different exposure times on the detectability of endodontic files in

- the new Diora direct digital introral X-ray system, The proceeding of the 10th international congress of Dentomaxillofacial Radiol 1994;245-246.
9. Borg E, Grondahl HG. Dynamic range of film and digital systems for image acquisition in intra-oral radiography. Third Symposium on Digital in Dental Radiography. Dentomaxillofacial Radiol 1995;224:104-105.
 10. Ruttimann UE, Webber RL. Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography J Periodontal Res 1987;22:215-216.
 11. Nummikoski PV, Martinez TS, Matteson SR, McDavid WD, Dove SB. Digital subtraction radiography in artificial recurrent caries detection. Dentomaxillofac radiol 1992;21:59-64.
 12. Braegger U, Pasquali L, Weber H, Kornman KS. Computer-assisted densitometric image analysis (CADIA) for the assessment of alveolar bone density changes in furcations. J Clin Periodontol 1989;16:46-52.
 13. Engelke W, Ruttimann UE, Tsuchimochi M, Bacher JD. An experimental study of new diagnostic methods for the examination of osseous lesions in the temporomandibular joint. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1992;73:348-349.
 14. Ludlow JB, Soltmann R, Tyndal D, Gray JJ. Digital subtracted linear tomograms: Three techniques for measuring condylar displacement, in digitally subtracted linear tomography. Dentomaxillofac radiol 1992;21:81-89.
 15. Walker A, Honeer K, Czajka J, Shearer AC, Wilson NHF. Quantitative assessment of a new dental imaging system. British J Radiography 1991;64:529-36.
 16. Webber RL, Ruttimann UE, Heaven TJ. Calibration errors in digital subtraction radiography. J Periodontal Res 1990;25:268-275.
 17. Ortman LF, Dunford R, Mchenry K, Hausmann E. Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs. A comparison study with I absorptiometry. J Periodont Res 1985;20:644-651.
 18. Strid KG, Klebo P. Bone mass determination from microradiographs by computer-assisted videodensitometry. I. Methodology. Acta Radiologica 1998;29:465-472.
 19. Sun H, Ohki M, Yamada N. Quantitative evaluation of bone repair of periodontal lesions using digital subtraction radiography. part 2. Clinical application. Oral Radiol 1991;7:35-46.
 20. Vos MH, Janssen PTM, van Aken J, Heethaar RM. Quantitative measurement of periodontal bone changes by digital subtraction as a bias for assessment of periodontal changes J Periodont Res 1986;21:583-591.
 21. Webber RL, Ruttimann UE, Grondahl HG. X-ray image subtraction as a bias for assessment of periodontal changes. J Periodont Res 1982;17:509-511.
 22. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone. I JAVA 1961;62:708-716.
 23. Ramadan AE, Mitchell DF. A roentgenographic study of experimental bone destruction. Oral Surg 1962;15:934-943.
 24. van der Stelt PF. Computer-assisted interpretation in radiographic diagnosis. Dental Clinics of North America 1993;37:683-696.
 25. Okano T, Mera T, Ohki M, Ishikawa I, Yamada N. Digital subtraction of radiograph in evaluating alveolar bone changes after initial periodontal therapy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1990;69:258-262.
 26. Hassfeld S, Klug D, Merkle K, Ziegler C. First experience with the new siemens digital intra-oral radiographic system. Third symposium on digital imaging in dental radiography.

- Dentomaxillofac Radiol 1995;24:93-98.
27. Miles DA. Imaging using solid-state detectors, Advaned in dental imaging. Dental Clinics of North America 1993;37:531-540.
 28. Harada T, Nishikawa K, Shibuya H, Hayakawa Y, Kuroyanagi K. Sen-A-Ray characteristics with variation in beam quality, Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, Endo 1995;80:120-123.
 29. Bragger U. Digital imaging in periodontal radiography. A review. I Clin Periodontol 1988;15:551-557.
 30. Fujita M, Koderu Y, Ogawa M, Wada T, Doi K. Digital image processing of periopical radiographs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1988;65:490-494.
 31. Grondahl HG, Grondahl K, Webber RL. A digital subtraction technique for dental radiography. Oral Surg 1983;55:96-102.
 32. Grondahl K, Grondahl HG, Webber R.L. Influence of variations in projection geometry on the detectability of periodontal bone loss; A comparison between subtraction radiography and conventional radiographic technique. I Clin Periodontol 1984;11:411-420.
 33. Wenzel A, Warrer K, Karring T. Digital subtraction radiography in assessing bone changes in periodontal defects following guided tissue regeneration. I Clin Periodontol 1992;19:208-213.

Consideration of density matching technique of the plate type direct radiologic image system and the conventional X-ray film : first step for the subtraction

Sung-Soo So¹, Hyeun-Soo Noh¹, Chang-Sung Kim¹, Seong-Ho Choi¹, Kee-Deog Kim², Kyoo-Sung Cho¹

Department of Periodontology¹, Department of Dental Radiology²,
College of Dentistry, Yonsei University Research Institute for Periodontal Regeneration¹

Digital subtraction technique and computer-assisted densitometric analysis detect minor change in bone density and thus increase the diagnostic accuracy. This advantage as well as high sensitivity and objectivity which precludes human bias have drawn interest in radiologic research area.

The objectives of this study are to verify if Radiographic density can be recognized in linear pattern when density profile of standard periapical radiograph with the aluminium stepwedge as the reference, was investigated under various circumstances which can be encountered in clinical situations, and in addition to that to obtain mutual relationship between the existing standard radiographic system, and future digital image systems, by confirming the corelationship between the standard radiograph and Digora system which is a digital image system currently being used.

In order to make quantitative analysis of the bone tissue, digital image system which uses high resolution automatic slide scanner as an input device, and Digora system were compared and analyzed using multifunctional program, Brain3dsp.

The following conclusions were obtained.

1. Under common clinical situation that is 70kVp, 0.2 sec., and focal distance 10cm, Al-Equivalent image equation was found to be $Y=11.21X+46.62$ $r^2=0.9898$ in standard radiographic system, and $Y=12.68X+74.59$, $r^2=0.9528$ in Digora system, and linear relation was confirmed in both the systems.
2. In standard radiographic system, when all conditions were maintained the same except for the condition of developing solution, Al-Equivalent image equation was $Y=10.07X+41.64$, $r^2=0.9861$ which shows high corelationship.
3. When all conditions were maintained the same except for the Kilovoltage peak, linear relationship was still maintained under 60kVp, and Al-Equivalent image equation was $Y=14.60X+68.86$, $r^2=0.9886$ in the standard radiographic system, and $Y=13.90X+80.68$, $r^2=0.9238$ in Digora system.
4. When all conditions were maintained the same except for the exposure time which was varied from 0.01 sec. to 0.8 sec., Al-Equivalent image equation was found to be linear in both the standard radiographic

system and Digora system. The R-square was distributed from 0.9188 to 0.9900, and in general, standard radiographic system showed higher R-square than Digora system.

5. When all conditions were maintained the same except for the focal distance which was varied from 5cm to 30cm, Al-Equivalent image equation was found to be linear in both the standard radiographic system and Digora system. The R-square was distributed from 0.9463 to 0.9925, and the standard radiographic system had the tendency to show higher R-square in shorter focal distances.