

Digital radiography를 이용한 치근단X선사진의 판독능에 관한 실험적 연구

경희대학교 치과대학 치과방사선학교실

이 곤 · 이상래

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 영문 초록

I. 서 론

Digital radiography(DR)는 X선 또는 감마선 등의 검출 및 표시기능이 분리되고, 표시된 영상을 조작, 처리하는 전산화방사선촬영술(computed radiography)의 한 분야에 속한다. DR는 인체에 투과 또는 반사된 방사선, 초음파, 자력선등의 아날로그 신호를 X선사진, 감마사진기(gamma camera), 전산화단층촬영검출기(computed tomography detector) 등으로 감지하여 이를 비디오사진기 또는 스캐너등의 입력장치로 입력시킨 뒤, 이 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시키고 이를 다시 디지털영상으로 재현시키는 방법을 말한다¹⁾.

DR에서는 입력, 변환, 영상표시 과정이 컴퓨터로 제어되므로, 상의 대조도와 흑화도를

변화시킬 수 있다. 따라서 통상의 X선사진에서는 육안으로 관찰하기 곤란한 병변을 관찰할 수 있으며, 환자의 방사선 피폭량도 감소시킬 수 있다²⁾.

그러나 디지털영상은 통상의 X선사진에 비하여 해상도가 낮고, 컴퓨터 등의 고가장비와 이를 지원하기 위한 프로그램 등이 요구되며, 아날로그디지털 변환과정에서 발생하는 다량의 디지털 신호를 저장 또는 전송할 경우 이 신호를 압축할 필요가 있는데, 압축된 신호를 재생하는 과정에서 디지털영상의 질이 다소 저하되는 등의 단점이 있다.

또한 통상의 X선사진과 디지털영상간의 판독능에는 다소간의 차이가 있는데, Southard³⁾는 적정 X선조사시에는 디지털영상의 판독능이 X선사진에 비하여 더 우수하다고 보고하였으며, Wenzel²⁾은 X선조사량을 적게하여 얻은 X선사진의 경우에는 디지털영상이, X선사진이 X선조사량을 과다하게 하여 얻어질 경우에는 X선사진이 디지털영상에 비하여 판독능이 우수하지만, X선의 적정조사시에는 디지털영상과 X선사진은 거의 대등한 판독능을 보인다고 하였다.

이와 같이 디지털영상은 통상의 X선사진에 비하여 다소간의 단점이 있기는 하지만, Hildebolt등⁴⁾은 비디오사진기를 이용한 DR에

서는 X선사진의 흑화도의 미세한 변화의 관찰이 가능하므로 경조직질환의 활동성을 평가하는데에 이용될 수 있다고 보고한 바 있다. 골형성이상증과 골송조증등의 대사성 골질환등을 진단하기 위하여 필요한 골무기질함량을 정량 분석하는 방법으로는 Compton scattering technique, Neutron activation analysis, single photon absorptiometry, dual photon absorptiometry, quantitative computed tomography등⁵⁾이 이용되고 있으나, DR 분야에서는 Strum등⁶⁾에 의하여 개발된 videodensitometry가 주로 응용되고 있다^{7,8)}. Yonekura등⁹⁾, Lewellen등¹⁰⁾, Strid와 Kålebo¹¹⁾, Kålebo와 Strid¹²⁾는 디지털영상의 흑화도를 화소(pixel)의 평균 계조도(gray scale level)로 나타낼 수 있으므로, 농도계법(photodensitometry)에 비하여 골무기질 함량의 비파괴적 정량분석도 가능하다고 하였다.

DR의 발달에 따라, 치의학 분야에서도 Pitts와 Renson¹³⁾, Gröndahl등¹⁴⁾, Pitts¹⁵⁾는 DR이 치아우식증의 진단에, Landini¹⁶⁾, Okano등¹⁷⁾은 치주질환의 진단에, Fujita등¹⁸⁾, Engelke등¹⁹⁾은 악안면부 골변변의 진단에, Jackson등²⁰⁾은 두부규격사진분석에 DR을 이용한 연구보고를 한 바 있다.

이와같은 치아우식증과 치주질환의 진단, 악골의 성장발육, 대사성골질환등에서 악골변화의 평가등에 이용될 수 있다고 판단되는 DR에 관한 연구는 국내 치의학 분야에서는 희소하여, 저자는 X선사진을 검출기로, 비디오사진기를 입력장치로 하는 DR장치를 실험적으로 제작하여 이의 안정성, X선사진과 디지털영상의 판독능의 차이점, 디지털영상의 흑화도 변화를 실험하여 이 장치의 임상적 적용과 골무기질 함량의 비파괴적 정량분석에의 응용에 대한 이론적 근거를 제시하고자 본 연구를 시행하여 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) X선사진촬영 및 현상

사용된 피사체는 각각 1.20, 2.45, 4.75, 9.50 mm 두께의 4계단으로 구성된 aluminum step wedge와 상악골에 매식되어 있는 치아등을 포함하는 2.5×6×9 cm의 Dental QA Phantom 501A(RMI, U.S.A.)로, 이의 두께를 증가시켜 가능한 한 X선조사시간이 적은 X선사진을 얻고자, 피사체 위에 2×6×9 cm의 plastic block을 겹쳐 사용하였으며, 동일한 유제(emulsion)번호를 갖고 유효기간이 지나지 않은 감광도 E군(Ektaspeed EP-21, Kodak Co., U.S.A.)의 치근단필름을 사용하였다.

X선촬영장치는 Heliodent 70(Siemens Co., Germany)이었고, 촬영조건은 70 kVp, 7 mA, TFD 21 cm로서, 중심방사선이 피사체의 정중부를 지나가도록 하였다. 현상기는 Pantomat P10(Hope Co., U.S.A.)이었으며 Agfa사의 현상액으로 현상조건은 80.6°F, 5.5분이었다.

2) DR 장치 및 프로그램

컴퓨터는 IBM-PC/AT 호환기종으로서, 흑백모니터 SM430(Samsung Electron Devices, Korea)와 HGC(Hercules Graphic Card), 512×480의 해상도와 64단계의 계조도를 지원하는 천연색모니터 Multisync 3D(NEC, Japan)와 VGA board(Optima MEGA, ARA Int. Co., Korea)등을 사용하였다.

암실내에서 X선사진을 판독대 model 67-0242(Rinn Co., U.S.A.)를 광원으로, 표준 NTSC방식의 비디오사진기 PV-520D(Panasonic Co., Japan)의 접사기능을 이용하여 촬영하였는데, 이때 수동으로 초점을 조절하였으며 자동이득제어(Auto Gain Control)기능은 사용하지 않았고, X선사진이 위치된 부위를 제외한 광원을 차단하여 산란광의 발생을 최대한으로 방지하였다.

또한, X선사진 마운터(mounter)를 판독대에 접착하고 비디오사진기를 삼각대로 지지하여 판독대, X선사진, 비디오사진기 간의 위치를 고정시켰다.

이상의 과정에 의해 얻은 X선사진의 비디오

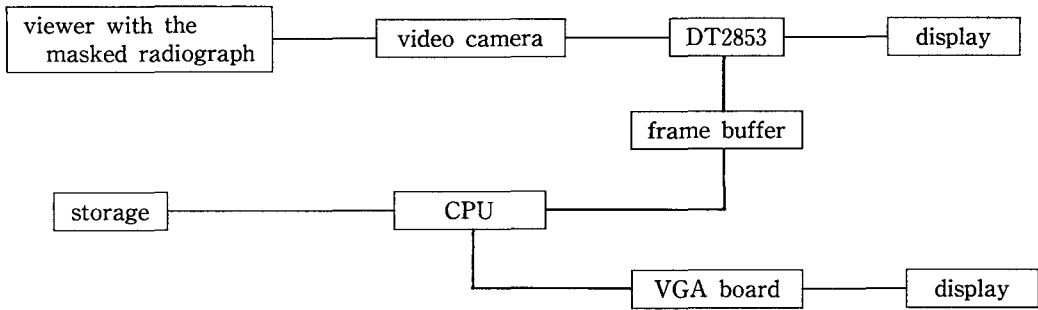


Fig. 1. Flow diagram of system hardware configured for the digital radiography.

영상을 512×480 의 해상도와 256단계의 계조도를 지원하는 low cost Frame Grabber DT2853(DATA Translation Co., U.S.A.)과 이를 제어하는 프로그램 IRISutor Vol.04를 이용하여 X선사진 1매당 256 kbyte의 디지털 신호로 전환하여 컴퓨터의 보조 기억장치에 저장하였다(Figure 1).

X선사진을 디지털화(digitization)할 때에는 비디오사진기의 출력단자와 천연색 모니터를 DT2853과 차폐된 전선으로 연결하였으며, 천연색 모니터는 비디오영상의 초점조절과 관찰 등에 이용하였다. 저장된 X선사진의 디지털 신호의 영상 재구성과 관심영역의 흑화도 측정에는 C언어로 작성된 프로그램 AYK/ITJ를 이용하였는데, 이 때에는 X선사진의 디지털화시에 부착되었던 HGC와 DT2853 board를 컴퓨터 본체에서 제거하고 VGA board와 천연색 모니터를 사용하였다.

관심영역(region of interest)의 흑화도를 측정하기 위하여, 모니터에 재현된 디지털 영상에서 크기를 조절할 수 있는 정사각형을 구성하였고 이 안에 포함되는 화소들의 평균 계조도를 완전히 검은 것은 0, 하얀 것은 255로 정의하여 관심영역의 흑화도를 0에서 255 사이의 256단계의 계조도로 나타내었다.

2. 연구방법

1) 장치의 안정성과 광원의 균질성 평가

시간경과에 따른 장치의 안정성을 평가하기 위하여 컴퓨터를 가동하기 전에 24시간이상 냉

각시킨 후 광원의 디지털영상을 재현하여 1.5 cm^2 의 정사각형을 임의의 위치에 고정시키고, 정사각형내의 계조도를 1분 간격으로 60회 측정하여 계조도의 변화여부를 관찰하였다. 또한 실험결과에 영향을 미칠 수 있는 광원의 균질성을 측정하기 위하여 광원의 디지털영상에 1.5 cm^2 의 정사각형을 작성하여 가능한 한 영상의 모든 부위가 포함되도록 위치를 변화시키면서 계조도를 100회 반복측정하였다.

2) X선조사시간에 따른 X선사진과 디지털 영상의 판독능 평가

피사체에 0.06초, 0.50초 및 1.00초의 X선 조사시간을 적용하여 얻은 X선사진과 이의 디지털영상을 치과방사선학전공의 4명이 다음의 항목을 판독하여 얻어진 점수의 평균치를 산출하여, X선사진과 디지털영상간의 판독능을 평가하였다.

디지털영상을 관찰할 때에는 판독자가 monitor의 밝기와 대조도를 최적의 상태로 조절할 수 있게 하였고, X선사진의 판독시에는 판독대 model 67-0242(Rinn Co. U.S.A.)를 이용하였으며 다음과 같은 판독항목과 점수부여 기준을 설정하였다.

(1) 판독항목

- 가. 치근관
- 나. 치아우식증
- 다. 골소주
- 라. 수복물
- 마. 치조백선
- 바. 상악동의 하연

(2) 점수부여 기준

- 가. +10 : 디지털영상의 질이 우수할 경우
- 나. 0 : X선사진과 디지털영상의 질이 유사하거나 같을 경우
- 다. -10 : X선사진의 질이 우수할 경우

3) X선조사시간의 변화에 따른 디지털영상의 흑화도 측정

X선필름 촬영시 통상의 X선조사시간의 범위에 속하도록, 피사체에 0.06, 0.10, 0.16, 0.25, 0.32초의 X선을 조사하여 X선사진 5매를 촬영한 후, 이의 디지털영상에서 aluminum step wedge의 각 계단 총 4계단의 흑화도를 256단계의 계조도로 각각 10회 반복측정하였다.

4) X선조사시간의 변화에 따른 관심영역과 aluminum step wedge의 계조도간의 상관관계

0.06, 0.10, 0.16, 0.25, 0.32, 0.40, 0.50, 0.64, 0.80, 1.00초의 X선조사시간을 적용하여 X선사진 10매를 촬영한 후, 이의 디지털영상에서 제 2 소구치와 제 1 대구치 사이의 치조정을 상방으로, 두 치아의 치근에 접촉되는 부위를 양측방으로 하는 정사각형의 관심영역을 작성하고, 이 부위와 유사한 흑화도를 나타낸 9.50 mm 두께를 갖는 aluminum step wedge의 계조도의 통계학적 상관관계를 구하였다.

III. 연구성적

1. 장치의 안정성과 광원의 균질성

광원의 디지털영상에서 1.5 cm²이 정사각형을 작성하고 이를 임의의 위치에 고정시켜 1분간격으로 1시간 동안 60회를 측정하였는데 모두 동일한 측정치인 177을 나타내었다 (figure 2). 한편, 비디오 영상신호에 많은 영향을 미치는 광원의 균질성을 평가하기 위하여 광원의 디지털영상에서 1.5 cm²의 정사각형을 작성하고 이의 위치를 변화시키면서 계조도를 100회 측정하였는데 이의 평균값은 178.71±2.07 (p < 0.1)이었다.

2. X선조사시간에 따른 X선사진과 디지털영상의 판독능 평가

피사체에 0.06초, 0.50초 및 1.00초의 X선조사시간을 적용하여 얻은 X선사진과 이의 디지털영상의 판독능을 평가하였던 바, 0.06초의 X선을 조사하였을 때에는 디지털영상의 판독능이 치근관, 치아우식증, 치조백선, 상악동의 하연에서 X선사진의 판독능과 대등하거나 보다 우수하였고, 골소주와 수복물의 판독능은 X선사진이 우수하였다.

0.50초의 X선조사시간에서는 치근관, 수복물, 치조백선, 상악동의 하연은 디지털영상의

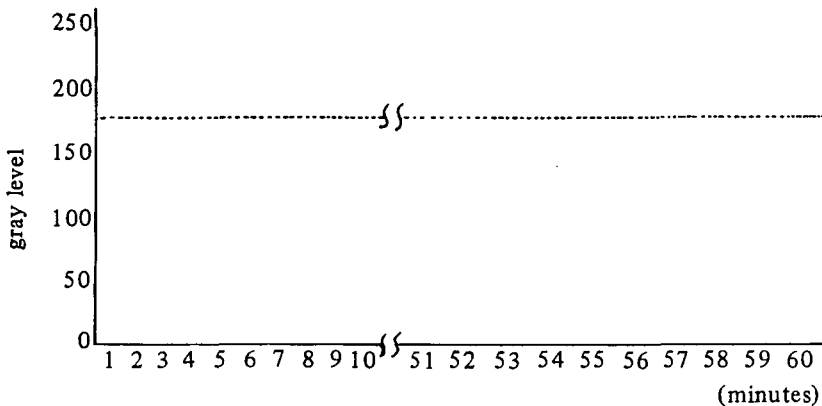


Fig. 2. Gray level change according to the time elapsed.

판독능이 X선사진의 판독능과 대등하거나 보다 우수하였고, 치아우식증과 골소주는 X선사진의 판독능이 우수하였다. 한편, 1.00초의 X선조사시간에서는 수복물을 제외한 모든 항목에서 디지털영상의 판독능이 X선사진 보다 우수하였다. 따라서 X선사진과 디지털영상의 전체적인 판독능은 X선을 적정조사하였을 때에는 양군간의 차이가 없었고, X선을 과조사시에는 디지털영상이, 저조사시에는 X선사진이 우수하였다(Table 1).

Table 1. Evaluation of image quality by score ratings

interpretation items	exposure time (sec)		
	0.06	0.50	1.00
root canal	0	0	10
dental caries	0	-5	10
trabecular bone	-2.5	-5	10
filling body	-2.5	5	-2.5
alveolar lamina dura	2.5	5	10
maxillary sinus	0	0	10
average	-0.42	0	7.92

3. X선조사시간에 따른 디지털영상의 흑화도 변화

피사체에 0.06, 0.10, 0.16, 0.25, 0.32초의 X선조사시간으로 얻은 5매의 X선사진들은 X선조사시간이 증가됨에 따라 디지털영상의 aluminum step wedge 각 계단의 계조도는 비례적으로 감소되었다(Table 2, Figure 3).

4. X선조사시간에 따른 관심영역과 aluminum step wedge의 계조도간의 상관관계

X선조사시간을 0.06, 0.10, 0.16, 0.25, 0.32, 0.40, 0.50, 0.64, 0.80, 1.00초로 하는 X선사진의 디지털영상에서, 관심영역과 두께 9.50 mm의 aluminum step wedge의 계조도간에는, 단순회귀분석 결과 $R=0.9965$ ($p<0.001$)으로 밀접한 상관관계가 성립되고 단순회귀식은 $Y=1.0146-5.2690X$ 이었으며 이의 결정계

수(R^2)는 0.99로써 실험치를 99% 설명할 수 있었다(Table 3).

Table 2. Average gray level of aluminum step wedge thickness by exposure time

exposure time (sec.)	Al. step wedge thickness (mm)			
	9.50	4.75	2.45	1.20
0.06	186.25	171.17	157.33	140.50
0.10	184.17	166.33	145.08	126.33
0.16	184.00	147.33	120.75	99.08
0.25	176.92	129.83	97.83	75.00
0.32	174.50	116.83	79.42	56.83

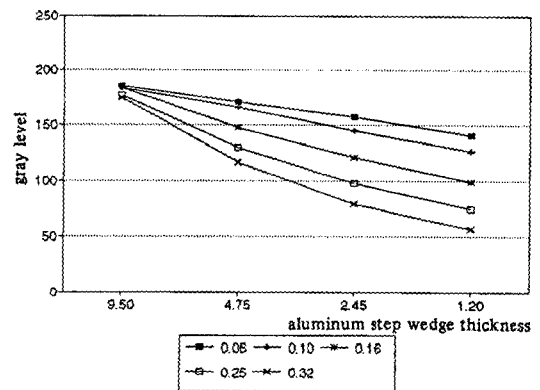


Fig. 3. Average gray level of aluminum step wedge thickness by exposure.

Table 3. Average gray level of region of interest and aluminum step wedge of 9.50mm in thickness

exposure time (sec.)	average gray level	
	ROI*	aluminum step wedge
0.06	188.83	186.25
0.10	188.67	184.17
0.16	187.00	184.00
0.25	181.42	176.92
0.32	173.67	174.50
0.4	160.92	159.58
0.5	150.17	149.92
0.64	143.92	136.17
0.8	120.08	115.08
1.0	110.42	108.25

* Region of Interest

IV. 총괄 및 고안

DR의 검출장치로 통상의 X선사진, 컴퓨터 단층촬영술의 검출기, 감마사진기등이 입력장치로는 비디오사진기, 레이저스캐너, 슬라이드 스캐너, 드럼스캐너 등이 이용되는데, Hildebolt등⁴⁾은 DR의 입력장치로써 비디오사진기와 스캐너를 비교하는 실험에서 비디오사진기의 해상도와 계조도는 512×512 , 256, 스캐너는 1520×1024 , 256으로 후자의 것들이 우수하지만, X선사진의 흑화도를 계조도로 변환시키는 데에는 큰 차이가 없으므로 치조골 소실 정도의 판단에 모두 적용이 가능하다고 하였다. Brody¹⁾는 스캐너에 의해서 발생하는 정보의 양은 대략 1.2 mbyte로 비디오사진기의 260 kbyte에 비하여 4배이상이 되므로 이의 저장에 문제가 될 수도 있다고 하였고, Gray등²⁾은 수평주사선의 수가 525개인 통상의 비디오 장치를 사용하는 것이 가장 경제적이고 환자의 피폭량 감소에도 도움이 된다고 보고한 바 있으므로, 본 연구에서도 아날로그디지털 변환시간이 짧고, 구입이 용이한 비디오사진기를 이용하였다.

비디오사진기는 잡음에 민감한 취약점이 있으며, 이의 신호대잡음비(signal to noise ratio)는 대부분 1000 : 1로, 잡음에 의해 0.1%의 오차가 발생될 수 있는데, Yonekura 등⁸⁾은 피사체를 16회 반복 촬영하고 이를 평균하여 영상을 재구성하면 신호대잡음비가 개선될 수 있다고 하였다.

그러나, 이러한 잡음이 디지털영상의 판독능에 영향을 미치지 않는다는 Okano등²²⁾의 연구보고에 근거하여, 본 연구에서는 영상 재구성의 과정을 거치지 않고 X선사진을 직접 디지털영상으로 변환시켰지만, 잡음의 영향을 최소화함으로써 감소시키기 위하여 비디오사진기, DT2853, IBM-PC를 각각 전자가가 차폐된 전선으로 연결하였다.

X선사진을 비디오사진기로 촬영할 때에, 상의 대조도가 저하되는 단점이 있기는 하지만 보다 정확한 비디오신호를 얻기 위하여, 피사

체의 크기와 흑화도가 변화함에 따라 비디오이득(video gain)을 변화시키는 자동이득제어(automatic gain control)회로를 작동시키지 않았다.

일반적으로, 8 bit의 Apple II 컴퓨터를 이용하면, 비디오사진기로 X선사진을 1매 입력하는데 7초정도가 소요되므로 광원으로서는 형광등을 사용할 경우에는 광원의 주기적인 변화(cyclic variation)가 심하여 특별히 고안된 백열전구등을 광원으로 사용해야 한다⁹⁾. 그러나, 16 bit의 IBM-PC에서는 비디오사진기로 X선사진을 1매 입력하는데 0.03초 이하가 소요되므로, 광원의 주기적인 변화는 크게 문제 되지 않는다²⁴⁾.

본 연구에 사용된 광원의 균질성을 측정된 결과, 전체광원의 계조도의 평균값은 178.71 ± 2.07 ($p < 0.1$)로 비교적 균질한 것으로 판단되었으나, DR에서는 광원의 균질성이 디지털영상의 대조도에 많은 영향을 주기 때문에, 이에 대한 보다 많은 연구가 시행되어야 할 것으로 사료된다.

또한 가동 시간경과에 따른 DR 장치의 안정성을 평가하고자 광원의 디지털영상에 1.5 cm^2 의 정사각형을 작성하고 이를 임의의 위치에 고정된 다음, 이 내부에 포함되는 화소들의 평균 계조도를 1분 간격으로 60회 반복측정하여 계조도의 변화여부를 관찰한 결과, 계조도의 측정치는 모두 177을 나타내었으므로 고안된 장치의 안정성은 비교적 신뢰할만한 수준이라고 판단되었다.

DR에서 영상의 판독능에 영향을 미치는 요소는 영상표시장치의 해상도와 계조도, 피사체의 흑화도등이 있는데, 주로 해상도에 의하여 판독능이 결정된다.

DR의 영상표시장치로는 주로 음극선관(Cathode Ray Tube)이 사용되며, 화소는 음극선관의 수평주사선과 수직주사선이 교차하면서 나타나는 2차원의 사각형으로, 각각의 화소에 촬영된 피사체의 영상신호가 표시되며 이들이 모여서 하나의 화면을 구성한다. 따라서 화소의 크기가 작을수록 해상도가 우수한 영상을 얻게 된다.

한편, 디지털영상은 통상의 X선사진에 비하여 해상도가 열등²¹⁾하다는 단점이 있으나, Ishida 등²³⁾은 디지털변환시에 진단 정보의 손실은 극히 적으며, 디지털영상의 대조도와 흑화도를 관찰자 임의로 조절할 수 있으므로, 통상의 X선사진에서는 관찰하기 어려운 병변까지도 검출할 수 있다고 보고한 바 있다.

Kassebaum 등²⁵⁾은 진단학적인 정밀성은 X선사진이 우수하지만, 화소의 크기가 0.3 mm^2 미만일 경우에, Giger와 Doi²⁶⁾는 이의 크기가 0.2 mm^2 이하이면 디지털영상과 X선사진간의 판독능의 차이는 없다고 하였다.

본 연구에서 화소의 크기는 0.2 mm^2 로서 판독능은 X선사진에 비하여 차이가 없다고 인정할 수 있었다.

통상의 음극선관중에 화소의 크기가 가장 적은 것은 0.1 mm^2 이며, 이는 전자공학의 발달에 따라 더욱 작아질 것이라 생각되므로, 향후 0.1 mm^2 이하의 화소를 이용한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

제조도에 따른 판독능에 대하여 Wenzel²⁷⁾은 각각 256, 128, 64, 32단계의 제조도를 각각 적용하여, 제조도가 256단계이면 통상의 X선사진 보다 판독능이 우수하고, 최소한 64단계이면 대등한 판독능을 보인다고 하였다. 따라서 본 연구에서도 64단계의 제조도를 지원하는 천연색 모니터와 VGA color graphics board를 사용하였다.

X선조사시간에 따른 판독능에 대하여, Southard⁹⁾는 X선의 적정조사시에는 디지털영상이 X선사진 보다 우수하며, Brody¹¹⁾는 X선조사량을 적게할 경우에는 필름의 base fog의 영향으로 인하여 X선사진이 디지털영상에 비하여 우수하다고 보고하였다. 그러나 Wenzel²⁷⁾은 X선조사량을 적게할 경우에는 디지털영상이, X선의 과조사시에는 X선사진이 우수하고 X선의 적정조사시에는 양자의 판독능은 대등하며, 이에 따라 X선조사시간도 감소되어 환자의 방사선 피폭량을 4배정도 줄일 수 있다고 하였다.

본 연구에서 0.06초의 X선조사시간을 적용하여 얻은 X선사진과 디지털영상의 판독능은

X선사진이 우수한 것으로 나타났고, 0.50초의 X선조사시간에서는 큰 차이가 없었으며, 1.00초의 X선조사시간에서는 디지털영상이 우수한 것으로 나타나 Brody¹¹⁾의 연구와 같은 결과를 보였다.

또한 본 연구에서 X선사진의 판독에 사용된 판독대는 조도가 고정되어 있었으므로, X선을 과조사 또는 저조사하여 얻은 X선사진을 관찰하는데에는 적합하지 못하여 이로 인한 판독능의 차이가 야기되었을 것으로 판단되므로, 향후에는 조도를 적절히 조절할 수 있는 판독대를 사용하는 것도 흥미로운 것이라고 생각된다.

그러나 통상의 판독대에서 육안으로 관찰할 수 있는 X선사진의 dynamic range는 8 bit 이 하지만 X선사진을 정밀하게 수치화하면 12 bit까지 가능하다¹⁰⁾고 알려져 있는데, 이는 육안으로는 관찰하기 어려운 변화를 DR에서는 관찰할 수 있다는 것을 시사하는 것으로 사료된다.

본 연구에서, X선조사시간 변화에 따른 aluminum step wedge의 각 계단 총 4계단의 흑화도를 256단계의 제조도로 각각 10회 반복 측정한 결과, X선조사시간이 증가됨에 따라 제조도는 감소되었는데, 이는 통상의 X선사진에서 X선조사시간의 증가에 따른 흑화도 변화²⁸⁾와 유사하였고, Andresen과 Nielsen²⁹⁾의 보고와도 일치되었으며, 관심영역과 9.50 mm 두께를 갖는 aluminum step wedge의 제조도 간에는 $R=0.9965(p<0.05)$ 으로 밀접한 상관관계가 성립되었다.

본 연구를 통하여 저자는 실험적으로 제작한 비디오사진기를 이용한 DR장치가 골무기질 함량을 aluminum 두께의 등가치로 환산한 골무기질함량의 비파괴적 정량분석과, 구강악안면 영역의 골병변의 진단등에도 응용될 수 있음을 알 수 있었으며, 치과방사선학 분야에서 DR에 대한 보다 많은 임상적인 연구가 시행되는 것이 바람직하다고 사료된다.

비디오사진기를 이용한 digital radiography 장치를 실험적으로 제작하여 이 장치의 임상적 응용에 대한 근거를 마련하고자 본 연구를 시행하였다. 연구장치는 IBM-PC/AT 호환기종과 비디오사진기 PV-520D(Panasonic Co., Japan) 및 아날로그-디지털 변환기 low cost Frame Grabber DT2853(DATA Translation Co., U.S.A.)로 구성되었으며 해상도는 512×512, 계조도는 디지털영상 판독시에는 64 단계, 계조도 측정시는 256 단계이었다.

연구재료로서는 감광도 E군(Ektaspeed EP-21, Kodak Co., U.S.A.)의 X선필름을 이용하였으며, 이들 X선필름에 여러 단계의 X선조사시간을 적용하여 얻은 X선사진을 디지털영상으로 변환시켜 이의 영상분석을 하였으며, X선사진과 디지털영상의 판독능을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. X선사진과 디지털영상의 판독능은 적정 X선조사시에는 양자간의 뚜렷한 차이는 없었으나, X선을 저조사한 경우에는 X선사진이, X선을 과조사한 경우에는 디지털영상의 것이 우수하였다.

2. X선조사시간이 증가됨에 따라 디지털영상의 계조도는 비례적으로 감소되었다.

3. X선조사시간의 변화에 따른 관심영역과 aluminum step wedge의 계조도간의 상관관계는 $R=0.9965(p<0.001)$ 로 매우 밀접한 것으로 나타났다.

이상의 실험결과들로 부터 본 실험에서 제작된 DR장치가 X선사진의 판독과 흑화도 변화 관찰 및 골무기질 함량의 정량분석등에 응용될 수 있음을 알 수 있었다.

1. Brody, W.R.: Digital radiography. Raven Press, pp. 1-82, 191-202, 1984.
2. Wenzel, A.: Effect of image enhancement for detectibility of bone lesions in digitized intraoral radiographs. *Scand. J. Dent. Res.*, 96(2): 149-160, 1988.
3. Southard, T.E.: Radiographic image storage via laser optical disk technology. *Oral Surg.*, 60:436-439, 1985.
5. Hildebolt, C.F., Vannier, M.W., Pilgram, T.K., and Shrout, M.K.: Quantitative evaluation of digital dental radiograph imaging system. *Oral Surg.*, 70:661-668, 1990.
5. Kälebo, P. and Strid, K.G.: Bone mass determination from microradiographs by computer-assisted videodensitometry. II. Aluminium as a reference substance. *Acta Radiol.*, 29(5): 611-617, 1988.
6. Strum, R.E., Sanders, J.J., and Wood, E.H.: A roentgen videodensitometer for circulatory studies. *Fed. Proc.* 23:303, 1970.
7. Lantz, B. and Strid, K.G.: Contrast formation in fluoroscopic videodensitometry. II. A comparison between theoretically computed and experimentally measured contrast. *Acta Radiol.*, 14:625-637, 1973.
8. Dauphine, R.T. and Robb, R.A.: Computer-assisted videodensitometric analysis of age and sex dependent variations of bone porosity in normal osteoporotic humans. *J. Bone Joint Surg.*, 57-A: 566-567, 1975.
9. Yonekura, Y., Bertrand, B., Som, P., Bennet, G.W., and Fand, I.: Quantitative Autoradiography with Radiopharmaceuticals, Part 1: digital film-analysis system by videodensi-

- tometry: concise communication. *J. Nucl. Med.*, 24:231-237, 1983.
10. Lewellen, T.K., Graham, M.M., and Spence, A.M.: Quantitative autoradiography using a personal computer. *J. Nucl. Med.*, 27:549-554, 1986.
 11. Strid, K.G. and Kålebo, P.: Bone mass determination from microradiographs by computer-assisted videodensitometry. *Acta Radiol.*, 29(4): 465-472, 1988.
 12. Kålebo, P. and Strid, K.G.: Radiographic videodensitometry for quantitative monitoring of experimental bone healing. *Br. J. Radiol.*, 62:883-889, 1989.
 13. Pitts, N.B. and Renson, C.E.: Image analysis of bitewing radiographs: a histologically validated comparison with visual assessments of radiolucency depth in enamel. *Br. Dent. J.*, 160:205-209, 1986.
 14. Gröndahl, H-G., Gröndahl, K., Okano, T., and Webber, R.L.: Statistical contrast enhancement of subtraction images for radiographic caries diagnosis. *Oral Surg.*, 53:219-223, 1982.
 15. Pitts, N.B.: Detection and measurement of approximal radiolucencies by computer-aided image analysis. *Oral Surg.*, 58:358-366, 1984.
 16. Landini, G.: Videodensitometric study of the alveolar bone crest in periodontal disease. *J. Periodontol.*, 62:528-534, 1991.
 17. Okano, T. Mera, T., Ohki, M., Ishikawa, I., and Yamada, N.: Digital subtraction of radiograph in evaluating alveolar bone changes after initial periodontal therapy. *Oral Surg.*, 69:258-262, 1990.
 18. Fujita, M., Kodera, Y., Ogawa, M., Wada, T., and Doi, K.: Digital image processing of periapical radiographs. *Oral Surg.*, 65: 490-494, 1988.
 19. Engelke, W., de Valk, S., and Ruttimann, U.: The diagnostic value of subtraction radiography in the assessment of granular hydroxylapatite implants. *Oral Surg.*, 69: 636-641, 1990.
 20. Jackson, P.H., Dickson, G.C., and Birnie, D.J.: Digital image processing of cephalometric radiographs: a preliminary report. *Br. J. Orthod.*, 12:122-132, 1985.
 21. Gray, J.E., Karsell, P.R., Becker, G.P., and Gehring, D.G.: Total digital radiography: is it feasible? or desirable?. *Am. J. Roentgenol.*, 143:1345-1349, 1984.
 22. Okano, T., Gröndahl, H-G., Gröndahl, K., and Webber, L.W.: Effect of quantum noise on the detection of incipient proximal caries. *Oral Surg.*, 53:212-218, 1982.
 23. Ishida, M., Doi, K., Loo, L-N, Metz, C.E., and Lehr, J.L.: Digital image processing: Effect on detectability of simulated low contrast radiographic patterns. *Radiology*, 150:569-575, 1984.
 24. Sommer, F.G., Smathers, R.L., Wheat, R.L., Alvarez, R.E., Brody, W.R., and Cassel, D.M.: Digital processing of film radiographs. *Am. J. Roentgenol.*, 144:191-196, 1985.
 25. Kassebaum, D.K., McDavid, W.D., Dove, S.B., and Waggener, R.G.: Spatial resolution requirements for digitizing dental radiographs. *Oral Surg.*, 67:760-769, 1989.
 26. Giger, M.L. and Doi, K.: Investigation of basic imaging properties in digital radiography. 3. Effect of pixel size on SNR and threshold contrast. *Med. phys.*, 12: 201-208, 1985.
 27. Wenzel, A.: Effect of varying gray-scale resolution for detectability of bone lesions in intraoral radiographs digitized for teletransmission. *Scand. J. Dent. Res.*, 95:

- 483-492, 1987.
28. Goaz, P.W. and White, S.C.: Oral radiology. 2nd ed., The C.V. Mosby Co., pp. 97-112, 1987.
29. Andresen, J. and Nielsen, H.E.: Assessment of bone mineral content and bone mass by non-invasive radiologic methods. Acta Radiol., 27:609-617, 1986.

– ABSTRACT –

A STUDY ON THE READABILITY OF PERIAPICAL RADIOGRAPH WITH THE DIGITAL RADIOGRAPHY

Kon Lee, Sang Rae Lee

Department of Oral Radiology, College of Dentistry, Kyung Hee University

This investigation was performed to test the readability of the video based digital radiography, that can be applied clinically, compared with the periapical radiograph.

The experiments were performed with IBM-PC/AT compatible, video camera and ADC (analog-digital converter). And spatial resolution was 512 X 480 with 256 (8 bit) gray levels.

The radiographs obtained by using variable steps of exposure time were digitized, and then the digital images were analyzed.

The obtained results were as follows:

1. There was no remarkable difference in readability between the radiographs and their digital images. However, under over exposure the digital images were superior to the radiographs in readability and vice versa.
2. As the exposure time was increased, the gray level of the digital image was decreased proportionally.
3. The correlation between the regions of interest and the aluminum step wedges were relatively close; $R = 0.9965$ ($p < 0.001$).