

디지털영상을 이용한 치근이개부 실험병소의 판독능에 관한 연구

경희대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
강형욱 · 황의환 · 이상래

An experimental study on the readability of digital images in the furcal bone defects

Hyung-Wuk Kang, Eui-Hwan Hwang, Sang-Rae Lee

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

ABSTRACT

Purpose : To evaluate and compare the efficacy of digital radiographic images in the detection of bone loss at the bifurcation area of the mandibular first molar with traditional film-based periapical radiographs.

Materials and Methods : One dried human mandible with minimal periodontal bone loss around the first molar was selected and an artificial alveolar bone defect at the bifurcation area was serially prepared over 18 steps. Images were taken using a direct CCD-based system and with F-speed periapical films. The images were evaluated by seven interpreters (3 radiologists, 3 periodontologists, and 1 general dentist) using a 5-point confidence rating scale.

Results : The readability of both periapical radiographs and digital image increased as the size of the artificial lesion and exposure time increased ($p < 0.05$). Periapical radiographs offered greater readability of smaller bone defects than digital images, and the coefficient of variation of mean score between periapical radiographs and digital images showed a significant difference.

Conclusion : The experimental results indicate that a significant difference in the coefficient of variation of mean score exists between periapical radiographs and digital images, and that traditional film-based periapical images offer greater readability of smaller bone defects than digital images can presently offer. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2003; 33 : 71-7)

KEY WORDS : digital radiography, dental; image interpretation, computer-assisted; periodontal diseases; furcation defects

서 론

최근 치의학 영상진단, 특히 치주질환의 영상진단에 있어서 일반 방사선사진과 더불어 디지털영상이 활발히 이용되고 있다. 디지털영상은 방사선사진촬영에 컴퓨터기술을 적용시켜 디지털 형태로 영상을 획득, 처리, 저장, 재현시키고 원격전송도 가능하게 한 것으로, 직접형과 간접형으로 대별된다. 간접 디지털영상은 디지털 영상을 얻기 위해 기존의 방사선사진이 필요하고, 별도의 컴퓨터 영상장비가 갖춰져야 하며, 필름을 디지털화시키고 분석하기 위

해서는 추가적으로 시간이 소요되는 등의 단점이 있으므로 현재는 거의 이용되지 않고 있다.¹ 이에 비해 직접 디지털영상은 촬영 후 즉시 영상을 얻을 수 있으며, 방사선필름과 암실이 필요없고, 환자에 대한 방사선 노출량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 판독시 영상의 조정이 가능한 장점²을 가지고 있기 때문에 진단 영상분야에서의 활용도가 점차로 높아지고 있다.

직접 디지털영상을 획득하는데 이용되는 검출기로는, charge-coupled device (CCD) 방식과 storage phosphor 방식이라고도 불리는 photostimulable phosphor (PSP) 방식이 있다. CCD 방식으로는 RadioVisioGraphy (RVG, Trophy Radiologie, France)가 처음으로 개발되었는데, RVG의 검출기로는 희토류 형광물질 증감지가 광섬유 다발 (coherent fiber-optic bundle)에 의해 연결된 CCD sensor가 사용된다. RVG에서는 방사선이 희토류 형광물질에 조사되면 여기에

접수일 : 2003년 3월 7일; 심사일 : 2003년 3월 10일; 채택일 : 2003년 4월 17일
Correspondence to : Prof. Sang-Rae Lee
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Kyung Hee University 1 Hoigi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul 130-701, Korea
Tel) 82-2-958-9404, Fax) 82-2-965-1256
E-mail) sangrae@khu.ac.kr

서 발생된 가시광선이 광섬유 다발에 의해 CCD sensor에 전달되고, 전달된 에너지에 따라 발생된 전하를 analogue-digital converter에서 디지털화하여 정보를 얻는다.¹ 이에 비해 1991년에 상용화된 Sens-A-Ray (Regam Medical Systems AB, Sweden)는 빛이나 방사선을 CCD sensor에 직접 노출시켜 RVG와 동일한 디지털화 과정을 거쳐 정보를 얻게 된다. 이러한 CCD 방식은 초기에는 sensor의 부피가 큰 단점이 있었으나, complementary metal-oxide semiconductor-active pixel sensor (CMOS-APS)가 개발되고 CCD sensor도 더욱 개선·발전되어 현재는 이의 두께와 부피가 감소되고 해상도도 높아지고 있다.³ 한편, PSP 방식은 화학적으로 에너지를 저장할 수 있는 희토류 형광물질로 피복되어 있는 다양한 크기의 영상판을 이용하는 것으로, CCD 방식에 비하여 구강 내 적용이 용이하고 더 많은 영상정보를 얻을 수 있지만, laser beam scanner를 이용한 디지털화 과정을 거치기 때문에 영상을 얻는데 25-60초 정도의 시간이 추가적으로 소요되는 단점이 있다.³ 따라서 직접 디지털영상을 이용할 때에는 임상이가 이의 이용 목적에 따라 적절한 검출기의 종류를 선택하여야 한다.

일반 방사선사진과 디지털영상의 임상적 유용성에 관해서는 최근까지 많은 연구가 보고되고 있는데, Mouyen 등⁴은 치근단 방사선사진과 RVG 영상의 물리적 특성에 대하여, Lipps 등⁵은 감광도 D군과 E군의 치근단 방사선사진과 RVG에서 치근관 길이를 측정하기 위한 적절한 방사선 노출량에 대하여, Shearer 등⁶은 RVG 영상과 감광도 E군의 치근단 방사선사진에서 치근관 길이의 검출능에 대하여 각각 비교·연구하였다. 또한 Furkart¹는 치조골 병소의 검출을 위한 디지털영상에 대한 연구에서 Sens-A-Ray 및 감광도 D군과 E군의 치근단 방사선사진에서의 치조골 병소의 판독능을, Nair와 Nair⁷는 ROC분석을 통하여 CMOS 검출기의 인접면 우식증의 검출능을, Hintze와 Wenzel⁸은 Kodak InSight film, Ektaspeed Plus film 및 6종류의 CCD 방식에 의한 디지털영상에서의 치아우식증에 대한 진단 정확도를, Paurazas 등⁹은 감광도 E군의 치근단 방사선사진과 CCD sensor, CMOS-APS에서의 치근단 골병소에 대한 판독능을, Tirrell 등¹⁰은 인체 건조 하악골에 골 내 실험병소를 형성한 후, RVG를 이용한 디지털영상과 치근단 방사선사진과의 판독능을 비교·평가한 바 있다.

이와 같은 디지털영상과 치근단 방사선사진의 판독능에 대한 비교 연구 중에서 치아동요, 급성 치주농양, 치근단 농양은 물론 치조골 소실로 인한 치아 상실의 병인이 될 수 있는 성인 치주질환의 하나인 치근이개부 병변을 진단 하는데 있어 디지털영상과 감광도 F군의 치근단 방사선사진을 비교한 보고는 극히 드물다. 또한 최근 Picture Archiving and Communication System (PACS)의 보급과 더불어 디지털영상의 이용이 급증하고 있으며, 치과임상에서도 감광도 E군 대신 감광도 F군의 방사선필름의 이용이 보편화

되고 있으므로, CCD sensor와 감광도 F군의 방사선필름을 이용한 각각의 진단영상에서 치근이개부 병변의 진단능을 평가하는 것은 임상적으로 의의가 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구의 목적은 인공적으로 하악 제1대구치 치근이개부에 골결손을 형성한 후, 이에 대한 치근단 방사선사진과 직접 디지털영상을 얻어 치근이개부 병변에 대한 판독의사의 판독능을 비교·평가함으로써 디지털영상의 임상적 유용성을 알아보는 데 있다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서는 육안검사와 치근단 방사선사진 검사에서 제1대구치 치근이개부에 치조골 소실이 없는 인체 건조 하악골 1개를 실험재료로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 인공 골결손의 형성

다음의 방법으로 총 18단계의 인공 골결손(실험병소)을 형성하였다(Fig. 1).

(1) 1단계-3단계 실험병소 형성

대구치의 치근이개가 시작되는 부위에서 협측 피질골판을 하방으로 1 mm 삭제하여 1단계 실험병소 A를 형성한 후 노출된 치근간골을 수평으로 0.5 mm씩 삭제하여 2단계 실험병소 A-B와 3단계 실험병소 A-C를 차례로 형성하였다.

(2) 4단계-9단계 실험병소 형성

3단계 실험병소가 치근과 접촉되어 협측 피질골판을 다시 하방으로 1 mm를 삭제하여 4단계 실험병소 A-D를 형성한 후 (1)에서와 동일한 방법으로 9단계 실험병소 A-I까

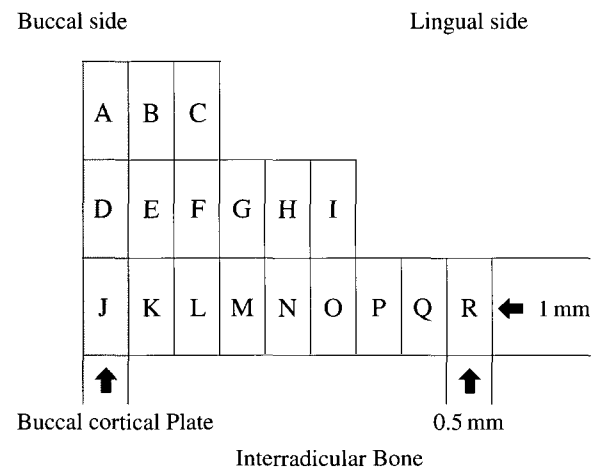


Fig. 1. Diagram of 18 steps artificial bone defects at buccal cortical plate and interradicular bone.

지 차례로 형성하였다.

(3) 10단계-18단계 실험병소 형성

9단계 실험병소가 치근과 접촉되어 협측 피질골판을 또 다시 하방으로 1mm를 삭제 하여 10단계 실험병소 A-J를 형성한 후, (1)에서와 동일한 방법으로 18단계 실험병소 A-R까지 차례로 형성하였다.

2) 치근단 방사선사진 제작

방사선필름과 피사체의 전면에는 연조직과 등가인 2cm 두께의 아크릴릭레진 블럭을 설치한 후, 70kVp와 7mA로 작동되는 구내 방사선촬영장치 (HELIODENT VARIO, Sirona Dental Systems GmbH, Germany), 감광도 F군의 치근단 필름 (InSight: IS, Kodak Co., U.S.A.) 및 필름유지기구 (XCP Instrument, Rinn Co., U.S.A.)를 각각 이용하여 형성된 실험병소들을 0.32초, 0.40초, 0.50초, 0.63초, 0.80초의 5단계로 방사선 노출시간(노출시간)을 변화시켜 평행법으

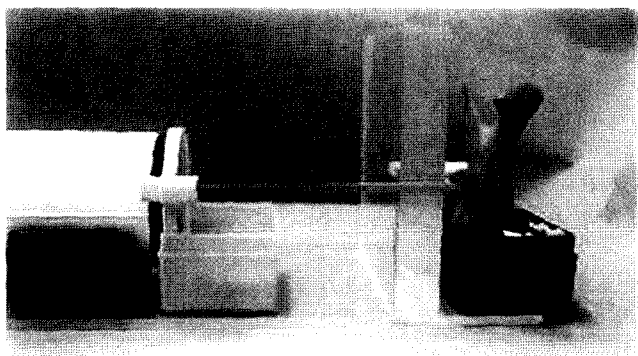


Fig. 2. Mounted dried human mandible with XCP instrument and acrylic resin block.

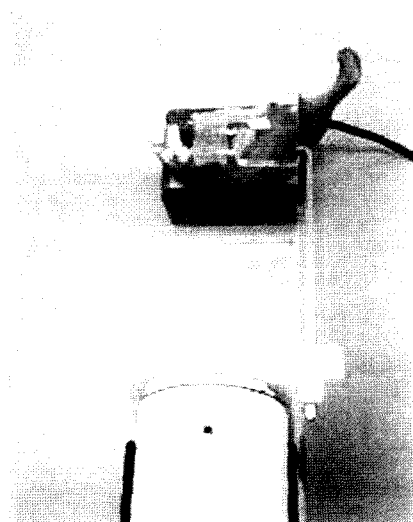


Fig. 3. Mounted dried human mandible with XCP instrument, acrylic resin block, and CCD sensor.

로 촬영하였다 (Fig. 2). 촬영된 각각의 방사선필름은 자동 현상기 (MAX-RHEIN, NIX Co., Japan)로 현상처리하였다.

3) 직접 디지털영상 제작

디지털영상 장치로는 44 μm^2 크기의 화소가 456 \times 684로 배열되어 있고, active area가 30.096 \times 20.064 mm²이며, 해상도는 10 lp/mm인 CCD sensor (CCD 38-20, E2V Technologies, England)와 자체 제작한 CCD sensor 유지기구를 이용하여 치근단 방사 선사진촬영법과 동일한 방법으로 직접 디지털영상을 얻었으며, 이 때 노출시간을 0.13초, 0.16초, 0.2초, 0.25초, 0.32초의 5단계로 변화시켰다 (Fig. 3).

4) 판독장치

치근단 방사선사진의 판독에는 본과에서 사용하는 판독대 (Kelim Co., Korea)를, 직접 디지털영상의 판독에는 dot pitch 크기가 0.27 mm이고, 최대 해상도는 1280 \times 1024인 17 inch monitor 상에서 CDX View 프로그램 (Biomedisys Co., Korea)을 각각 이용하였다. 디지털영상을 관찰할 때에는 판독자가 모니터의 밝기와 대조도를 조절하고 특정부위를 확대하여 관찰할 수 있도록 하였다.

5) 평가 항목

치근단 방사선사진과 디지털영상에서 다음의 항목을 평가하였다.

- (1) 노출시간과 실험병소의 크기가 판독능에 미치는 영향
- (2) 우수한 판독능을 보이는 실험병소의 최소 크기
- (3) 판독자간 판독능의 차이

6) 평가 방법

(1) 7명의 치과 의사들 (3명의 구강악안면방사선학 전공의, 3명의 치주과학 전공의, 1명의 일반 치과 의사)이 4주 이상의 시간 간격을 두고 2차례에 걸쳐 다음의 기준^{11,12}에 따라 치근단 방사선사진과 디지털영상에 대한 판독점수를 부여하였으며, 주어진 판독점수는 분산분석과 t-검정, 상관분석으로 유의성 검정을 하였다.

- (2) 판독점수의 부여 기준
 - 1점: 치근이개부의 실험병소가 관찰되지 않는 경우
 - 2점: 치근이개부의 실험병소의 관찰이 어려운 경우
 - 3점: 치근이개부의 실험병소로의 판정이 모호한 경우
 - 4점: 치근이개부의 실험병소가 비교적 명료하게 관찰되는 경우
 - 5점: 치근이개부의 실험병소가 매우 명료하게 관찰되는 경우

결 과

1. 노출시간과 실험병소의 크기가 판독능에 미치는 영향

치근단 방사선사진에서 실험병소의 크기가 증가됨에 따라 5단계의 노출시간 모두에서 판독능이 유의하게 증가되

Table 1. Readability on periapical radiograph by score rating at individual exposure time and size of experimental bone defect

Bone defect	Exposure time (sec)				
	0.32	0.4	0.5	0.63	0.8
A	1.57	1.57	2.14	2.14	2.57
A-B	1.43	1.71	2.43	2.57	2.86
A-C	1.71	2	2.71	2.86	3
A-D	2.43	2.43	3	3.29	3.29
A-E	2.57	2.86	3.29	3.57	3.71
A-F	2.57	2.57	3	3.29	3.57
A-G	2.86	2.71	3.14	3.71	3.86
A-H	2.86	3.14	3.71	4	4.29
A-I	2.71	2.86	3.57	3.86	4.14
A-J	2.57	3.14	3.71	3.86	4.43
A-K	2.57	3.29	3.57	3.86	4.29
A-L	2.71	3.43	3.86	4.29	4.29
A-M	3	3.57	4	4.29	4.57
A-N	3.57	4	4.29	4.71	4.86
A-O	3.86	4.43	4.43	4.71	5
A-P	3.71	4.43	4.71	4.86	5
A-Q	4.43	4.57	4.86	5	5
A-R	4.43	4.43	4.71	5	5

Table 2. Correlation between size of experimental bone defect and readability on periapical radiograph

	Exposure time (sec)				
	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80
Pearson correlation value	0.93	0.98	0.98	0.97	0.97
Sig.	3.8E-8	3.9E-12	4.2E-12	4.8E-12	5.2E-11

Table 3. Correlation between exposure time and readability on periapical radiograph

Exposure time (sec)	Pearson correlation value		Sig. (2-tailed)
	1	.	
Bone defect			
A	0.95	0.01	
A-B	0.97	0.00	
A-C	0.96	0.01	
A-D	0.94	0.02	
A-E	0.99	0.00	
A-F	0.97	0.00	
A-G	0.93	0.02	
A-H	0.99	0.00	
A-I	0.98	0.00	
A-J	0.99	0.00	
A-K	0.98	0.00	
A-L	0.95	0.01	
A-M	0.99	0.00	
A-N	0.99	0.00	
A-O	0.96	0.01	
A-P	0.93	0.02	
A-Q	0.96	0.01	
A-R	0.95	0.01	

Table 4. Readability on digital image by score rating at individual exposure time and size of experimental bone defect

Bone defect	Exposure time (sec)				
	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32
A	1.57	1.71	1.71	1.71	2.14
A-B	1.71	1.71	2	2	2.29
A-C	2.29	2.43	2.71	3	3
A-D	2.71	2.71	2.86	3.14	3.43
A-E	2.71	2.71	2.71	3.57	3.71
A-F	2.86	3	3.14	3.57	4
A-G	3.29	3.71	3.71	4	4
A-H	3.14	3.29	4	3.86	3.86
A-I	3.57	3.43	3.86	4.29	4.29
A-J	3.43	3.57	3.86	4.14	4.43
A-K	3.43	3.71	3.71	4.14	4.43
A-L	3.86	3.86	4.29	4.29	4.57
A-M	3.86	4	4.14	4.43	4.29
A-N	4.43	4.43	4.29	4.57	4.71
A-O	4.57	4.57	4.86	4.86	4.86
A-P	4.86	4.71	4.71	4.86	4.86
A-Q	4.71	4.57	4.86	4.86	5
A-R	4.71	4.86	5	5	5

Table 5. Correlation between size of experimental bone defect and readability on digital image

	Exposure time (sec)				
	0.13	0.16	0.20	0.25	0.32
Pearson correlation value	0.98	0.97	0.96	0.93	0.93
Sig.	3.9E-8	2.4E-11	4.2E-10	2.7E-8	3.3E-8

Table 6. Correlation between exposure time and readability on digital image

Exposure time (sec)	Pearson correlation value		Sig. (2-tailed)
	1	.	
Bone defect			
A	0.83	0.08	
A-B	0.94	0.02	
A-C	0.97	0.01	
A-D	0.95	0.01	
A-E	0.88	0.05	
A-F	0.97	0.01	
A-G	0.93	0.02	
A-H	0.82	0.09	
A-I	0.91	0.03	
A-J	0.99	0.00	
A-K	0.97	0.01	
A-L	0.95	0.01	
A-M	0.90	0.04	
A-N	0.69	0.19	
A-O	0.87	0.06	
A-P	0.29	0.64	
A-Q	0.84	0.08	
A-R	0.88	0.05	

Table 7. Average readability of individual interpreter on periapical radiographs and digital images

	Average	S.D.	t	df	Sig. (2-tailed)
Interpreter 1	-0.23	0.65	-3.38	89	1.07E-03
Interpreter 2	-0.51	0.64	-7.57	89	3.24E-11
Interpreter 3	0.90	1.39	6.14	89	2.25E-08
Interpreter 4	-0.60	0.75	-7.62	89	2.54E-11
Interpreter 5	0.21	0.89	2.24	89	2.74E-02
Interpreter 6	-0.38	0.51	-7.03	89	4.10E-10
Interpreter 7	-0.70	0.89	-7.44	89	6.02E-11

Table 8. F-value of average readability on periapical radiographs and digital images (ANOVA test)

Sum of squares	Mean	F-value	Sig.
172.57	28.76	38.84	3.79E-40

었고 (Table 1, 2), 노출시간이 증가됨에 따라 모든 단계의 실험병소에서 판독능이 유의하게 증가되었다 (Table 3). 한편, 디지털영상에서도 실험병소의 크기가 증가됨에 따라 5단계의 노출시간 모두에서 판독능이 유의하게 증가되었으며 (Table 4, 5), 노출시간이 증가됨에 따라 14단계 실험병소 A-N과 16단계 실험병소 A-P를 제외하고는 모든 단계의 실험병소에서 판독능이 유의하게 증가되었다 (Table 6).

2. 우수한 판독능을 보이는 실험병소의 최소 크기

평균 판독점수 4.5점 이상의 우수한 판독능을 보이는 실험병소의 최소 크기는 치근단 방사선사진에서는 13단계 실험병소 A-M이었고, 디지털영상에서는 12단계 실험병소 A-L이었다 (Table 1, 4).

3. 판독자간 판독능의 차이

7명의 판독자 모두에서 치근단 방사선사진과 디지털영상간에 유의한 판독능의 차이가 있었는데, 5명 (71%)의 판독자에서는 치근단 방사선사진에 비해 디지털영상에서의 판독능이 더 높게 나타났고, 2명 (29%)의 판독자에서는 치근단 방사선사진에서의 판독능이 더 높았다 (Table 7, 8).

고 찰

치근이개부 병변을 임상검사만으로 진단하기 어려운 경우에는 치근이개부의 치주인대강의 상태와 치조골의 소실 정도, 치조골 파괴능 등 다양한 진단정보를 얻을 수 있는 방사선사진 검사를 병용하는 것이 필요하다. 그러나 치근단 방사선사진 검사시 중심선의 조사각도에 따라 두꺼운 피질골판과 외사선 등 방사선불투과성의 주위 해부학적 구조와 치근이개부의 중첩이 발생되면 치근이개부의 판독

에 적합한 방사선사진의 흑화도와 대조도를 얻기 어려우며, 방사선사진에서는 골 소실량이 실제보다 적게 관찰될 수 있기 때문에 치근이개부의 미세한 골 변화와 치조골 소실량의 정확한 판독이 어렵다.^{13,14}

일반적으로 치주질환을 관찰하기 위한 치근단 방사선사진은 관전압을 증가시켜 촬영함으로써 방사선사진 대조도는 낮게하고 관용도를 넓게하는 것이 바람직하지만,¹⁵ Anold¹⁶는 관전압이나 여과보다 노출시간이 방사선사진 대조도에 더 많은 영향을 미친다고 보고하였고, 유와 이¹⁷는 현재 치과임상에서 사용되는 방사선촬영장치의 대부분은 관전압과 관전류가 고정되어 있으므로 노출시간만을 변화시켜 대조도가 우수한 방사선사진을 얻을 수 있다고 보고한 바 있어, 본 실험에서는 70 kVp, 7 mA로 작동되는 촬영장치로 노출시간만을 변화시켜 실험병소들을 촬영하였다. 또한 최근 치과임상에서 상용되고 있는 감광도 F군인 Kodak InSight film은 감광도 E군인 Kodak Ektaspeed Plus film보다는 노출시간이 평균 17% 정도 적고, 감광도 D군인 Kodak Ultraspeed film에 비해서는 49% 정도 적으며, 대조도나 해상도에 있어서도 구강질환들의 방사선학적 진단에 적합하므로¹⁸ 본 실험에서는 감광도 F군의 필름을 사용하였다.

하악골에서 관찰되는 방사선사진 상의 선조 (radiographic striae)는 골소주에 의한 것이 아니라 실제로는 피질골 내면의 골의 형태에 다르므로,¹⁹ 골결손의 크기가 커짐에 따라 피질골이나 치조백선과 같은 치밀골의 삭제량이 증가하여 판독능에 영향을 미치게 된다. 본 실험에서는 치근단 방사선사진에서 노출시간과 실험병소의 크기가 치근이개부 병변의 판독능에 미치는 영향을 조사한 결과, 노출시간과 판독능의 상관관계에 관한 분석에서는 18단계 각각의 실험병소에서 노출시간이 증가됨에 따라 판독점수가 증가하였는데, 상관관계 계수가 95%의 유의수준에서 모두 0.9 이상으로 상관관계가 매우 높았다. 이는 노출시간이 증가됨에 따라 방사선사진의 대조도가 높아지고,²⁰ 골결손부의 경계는 치질이나 피질골판과 같은 치밀한 조직에 의해 형성되므로²¹ 골결손부를 보다 명료하게 관찰할 수 있었던 것으로 판단된다. 또한 실험병소의 크기와 판독능의 상관관계에 관한 분석에서는 5단계의 노출시간 모두에서 99.99%의 유의수준에서 상관관계가 아주 높은 0.9 이상을 보였다. 그러나, 본 실험에서는 치근이개부에 경계가 명료한 원형의 실험병소를 형성하였는데, 실제 환자에서 발생된 치근이개부의 치조골 흡수부위는 경계가 보다 더 미만성이고,¹ 노출시간이 과다한 방사선사진에서는 병소의 변연이 소환되어 병소의 크기가 실제보다 크게 판독될 수 있으므로 치근이개부 병변의 정확한 판독을 위해서는 진단목적에 따라 노출시간을 적절히 변화시켜야 할 것으로 사료된다.

디지털영상의 판독시 영향을 미치는 주된 요소는 디지털영상의 해상도로서, 화소의 크기가 작을수록 영상의 해

상도는 우수하다.^{22,23} 본 실험에서는 44 μm^2 크기의 화소가 456 × 684로 배열되고, active area가 30.096 × 20.064 mm^2 이며, 해상도는 10 lp/mm인 CCD sensor를 이용하여 노출시간과 실험병소의 크기가 판독능에 미치는 영향을 평가하였는데, 실험병소 크기와 판독능의 상관관계에 관한 분석에서 5단계의 노출시간 모두에서 상관관계 계수가 99.99%의 유의수준에서 모두 0.9 이상을 보여 실험병소의 크기가 증가됨에 따라 판독점수가 증가된 본 실험의 결과를 검증할 수 있었다. 또한 본 실험에서 노출시간 증가에 따라 판독능의 상관관계에 관한 분석에서도 18단계 중 14단계 실험병소 A-N과 16단계 실험병소 A-P 이외의 모든 단계의 실험병소에서의 상관관계 계수가 95%의 유의수준에서 0.8 이상으로 상관관계가 높았다.

이와 같은 본 실험의 결과, 노출시간이 증가됨에 따라 판독점수가 증가하였는데, Borg와 Grondahl²⁴은 감광도 E 군 치근단 방사선사진에서는 노출시간이 0.8초까지는 판독능이 계속 증가되었고, 1.25초 이상에서는 판독능이 감소되었으며, Sens-A-Ray의 디지털영상에서는 노출시간이 0.5초까지는 판독능이 계속 증가되다가 이후부터는 판독능이 감소되었다고 보고하여 본 연구와 Borg와 Grondahl²⁴의 보고는 서로 일치하였는데, Southard,²⁵ 이와 이,²⁶ 권 등²⁷의 연구보고에서도 이의 유추가 가능하다고 판단된다.

한편, Bender²⁸는 인체 건조 악골에 형성한 인공 병소 중 피질골 내, 골막 부근, 해면골에 위치하는 병소의 순으로 일반 방사선사진에서 관찰이 용이하다고 보고하였다. Gurgan 등²⁹은 건조 하악골 제1대구치 치근이개부의 피질골판을 삭제하지 않고 치근간골을 협·설측으로 수평되게 삭제했을 때 해면골의 2/3 이상이 삭제된 경우에 판독능이 증가되었다고 하였으며, 이와 한³⁰은 치근간골을 협·설측 폭경의 1/2 이상을 삭제한 경우에 병소가 인지되었다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 평균 판독점수 4.5점 이상의 우수한 판독능을 보이는 실험병소의 최소 크기가 치근단 방사선사진에서는 치근이개부 협측 피질골판이 3 mm, 치근간골이 1.5 mm 삭제된 14단계 실험병소 A-N이었으며, 디지털영상에서는 협측 피질골판이 3 mm, 치근간골이 1 mm 삭제된 13단계 실험병소 A-M이었다. 따라서 치근단 방사선사진에서보다 디지털영상에서 판독능이 우수한 실험병소의 최소 크기가 더 작은 결과를 얻었다. 이러한 본 실험의 결과는 Wenzel³¹의 연구보고와 유사하였으나, 디지털영상에서 우수한 판독능을 보이는 실험병소의 최소 크기가 상이한 것은 디지털영상의 획득 방법과 치근단 방사선사진 촬영조건, 판독장치, 건조 하악골의 해부학적 구조의 차이 등에 기인된 결과라고 생각된다.

본 연구에서는 치근단 방사선사진과 디지털영상을 대상으로 판독자간의 판독능을 비교하였다. White와 Pharaoh¹⁵는 치주질환의 판독에는 관용도가 넓은 저대조도의 방사

선사진이 바람직하다고 했고, Bender 등,²⁷ Gurgan 등²⁸은 치주질환의 판독에 영향을 미치는 요인으로서는 골 소실량, 피질골 또는 해면골 내의 골 소실부위의 위치, 촬영의 기하학적 조건, 영상매체 등이 있다고 하였다. 이 중 영상매체가 판독능에 미치는 영향에 대해, Southard²⁴는 노출시간이 적절한 경우, 이와 이²⁵는 노출시간이 과다한 경우, Wenzel³¹은 노출시간이 부족한 경우 일반 방사선사진에 비해 디지털영상에서 판독능이 우수하다고 하였으며, 권 등,²⁶ Tirrel 등,¹⁰ Yokota 등¹²도 디지털영상이 방사선사진에 비해 전반적으로 판독능이 우수하다고 보고하였다. 본 연구에서는 7명의 판독자 모두에서 치근단 방사선사진과 디지털영상 간에 유의한 치근이개부 병변의 판독능 차이가 관찰되었는데, 7명의 판독자 중 5명의 판독자는 디지털영상에서, 2명의 판독자는 치근단 방사선사진에서 치근이개부 병변의 판독능이 높아 선학들의 연구결과와 일치하였다. 본 실험에서 치근이개부 병변의 판독능과 높은 판독능을 보이기 시작하는 실험병소의 최소 크기는 치근단 방사선사진에 비해 디지털영상이 우수한 것으로 나타났으나, 향후 디지털영상의 판독능을 정확히 평가하기 위해서는 디지털영상 제작 및 판독을 위한 관련 장비 등이 발전·개선되어야 할 뿐만 아니라, 최소 노출시간과 최대 노출시간을 더욱 감소, 증가시켜 이의 간극을 세분화하고, 방사선사진의 촬영조건 등 실험방법의 객관화가 필요하며, 관찰자간에 일관성 있는 판독기준이 적용되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Furkart AJ, Dove SB, McDavid WD, Nummikoski P, Matteson S. Direct digital radiography for the detection of periodontal bone lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74 : 652-60.
2. Holtzmann DJ, Johnson WT, Southard TE, Khademi JA, Chang PJ, Rivera ER. Storage-phosphor computed radiography versus film radiography in the detection of pathologic periradicular bone loss in cadavers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 86 : 90-7.
3. Macdonald R. Digital imaging for dentists. *Aust Dent J* 2001; 46 : 301-5.
4. Mouyen F, Benz C, Sonnabend E, Lodter JP. Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 68 : 238-42.
5. Lipps K, New C, Farman A, Mouye F. Operative radiology for endodontics: direct digitization versus film receptors [Abstract]. *Am Acad Oral Maxillofac Radiol* 1990; 11.
6. Shearer AC, Horner K, Wilson NHF. RadioVisioGraphy for imaging root canals: an in vitro comparison with conventional radiography. *Int Endod J* 1991; 24 : 233-9.
7. Nair MK, Nair UP. An in-vitro evaluation of Kodak InSight and Ektaspeed Plus film with a CMOS detector for natural proximal caries: ROC analysis. *Caries Res* 2001; 35 : 354-9.
8. Hintze H, Wenzel A. Influence of the validation on diagnostic accuracy for caries. A comparison of six digital and two conventional

- radiographic systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31 : 44-9.
9. Paurazas SB, Geist JR, Pink FE, Hoen MM, Steiman HR. Comparison of diagnostic accuracy of digital imaging by using CCD and CMOS sensors with E-speed film in the detection of periapical bony lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89 : 356-62.
 10. Tirrell BC, Miles DA, Brown CE Jr, Legan JJ. Interpretation of chemically created lesions using direct digital imaging. *J Endod* 1996; 22 : 74-8.
 11. Fujita M, Kodera Y, Ogawa M, Tanimoto K, Sunayashiki T, Wada T, et al. Digital image processing of dentomaxillofacial radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 64 : 485-93.
 12. Yokota ET, Miles DA, Newton CW, Brown CE Jr. Interpretation of periapical lesion using RadioVisioGraphy. *J Endod* 1994; 20 : 490-4.
 13. Grondahl K, Grondahl H-G, Wennstrom J, Heijl L. Examiner agreement in estimating changes in periodontal bone from conventional and subtraction radiograph. *J Clin Periodontol* 1987; 14 : 74-9.
 14. Akesson L, Hakansson J, Rohlin M. Comparison of panoramic and intraoral radiography and pocket probing for the measurement of the marginal bone level. *J Clin Periodontol* 1992; 19 : 326-32.
 15. White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology; principles and interpretation*. 4th ed. St. Louis: Mosby Inc; 2000. p. 290-302.
 16. Anold LV. The radiographic detection of initial carious lesions on the proximal surfaces of teeth. Part I. The influence of exposure conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 64 : 221-31.
 17. 유영선, 이상래. Videodensitometry법을 이용한 X선사진의 흑화도와 대조도에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1992; 22 : 293-304.
 18. Verdonshot EH, Duijsings JH. New film for intraoral radiography. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2001; 108 : 142-4.
 19. Cavalcanti MG, Ruprecht A, Johnson WT, Southard TE, Jakobsen J. Radiologic interpretation of bone striae: an experimental study in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88 : 353-7.
 20. Thunthy KH, Manson-Hing LR. Effects of mAs and kVp on resolution and on image contrast. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1978; 46 : 454-61.
 21. Richards AG. Measuring the radiopacity of the lip mandible. *J Dent Res* 1953; 32 : 198-209.
 22. Jackson PH, Dickson GC, Bimie DJ. Digital image processing of cephalometric radiographs: preliminary report. *Br J Orthod* 1985; 12 : 122-32.
 23. Brody WR. *Digital radiography*. New York: Raven Press; 1984. p.1-82.
 24. Borg E, Grondahl H-G. On the dynamic range of different X-ray photon detectors in intra-oral radiography. A comparison of image quality in film, charge-coupled device and storage phosphor systems. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25 : 82-8.
 25. Southard TE. Radiographic image storage via laser optical disk technology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 60 : 436-9.
 26. 이 곤, 이상래. Digital radiography를 이용한 치근단 X선사진의 판독능에 관한 실험적 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1992; 22 : 117-27.
 27. 권기정, 황의환, 이상래. 디지털방사선촬영술을 이용한 인접면 치아 우식증 진단에 관한 실험적 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1994; 24 : 85-94.
 28. Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesion. *J Endod* 1982; 8 : 161-70.
 29. Gurgan C, Grondahl K, Wennstrom JL. Radiographic detectability of bony loss in the bifurcation of mandibular molars; an experimental study. *Dentomaxillofac Radiol* 1994; 23 : 143-8.
 30. 이종우, 한경윤. 치근이개부 골소실 정도에 따른 방사선학적 진단에 관한 실험적 연구. *대한치주과학회지* 1989; 19 : 176-85.
 31. Wenzel A. Effect of image enhancement for detectability of bone lesions in digitized intraoral radiographs. *Scand J Dent Res* 1988; 96 : 149-60.