

방사선 사진을 이용한 계수 영상의 판독능에 관한 실험적 연구

부산대학교 치과대학 치과방사선학 교실

손 영 순 · 조 봉 혜 · 나 경 수

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험결과
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

최근 들어 방사선 사진 진단의 분야에서 중요하게 다루어지는 주제의 하나가 계수 방사선 사진(digital imaging)이다. 치과 분야의 계수 방사선 사진은 Radio VisioGraphy(Trophy Co., France)나 Sens-A-Ray(Regam Medical Systems AB, Sweden)등 필름을 통하지 않고 검출기(detector)로 직접 받아들이는 직접 계수 방사선 사진(direct digital radiography)과 기존의 방사선 사진을 카메라나 slide scanner를 이용하여 이차적으로 계수화하는 간접 계수 방사선 사진(indirect digital radiography)이 있다. 계수화가 이루어지면 피사체는 상대적인 밀도에 따라 각 화소에 0-255 사이의 회색도로 치환되어 영상화되고 이 영상의 저장과 display¹⁾ 그리고 다른 곳으로의 전송도 가능하다²⁾.

또한 컴퓨터를 이용하여 계수의 확장이나 압축을 통한 대조도 증강(contrast enhancement)^{1,3,4)},

색상전환(color conversion)⁵⁾, computer-assisted densitometric image analysis¹⁾ 및 밀도의 정량적인 분석^{6,7)}등의 다양한 영상처리가 가능해져 질환을 초기에 인지해 내거나 환자에 대한 방사선 조사량 감소등을 기대할 수 있다^{3,6,8,9)}.

일반 방사선 사진이 계수화 과정을 거치게되면 각 화소 단위로 받아들인 영상 정보외에 기록되지 못한 나머지 영상 정보는 영원히 사라져버리게된다. 즉, 일반 방사선 사진에서의 약 0.7 μ m크기의 취화은 결정(silver halide crystal)에 기록된 영상 정보를 약 50 μ m x 50 μ m의 화소로 옮기는 과정에서 미세한 영상 정보의 소실이 피할 수 없이 발생하게된다. 따라서 계수화로 인한 해상력의 저하가 진단의 정확도에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다.

계수화 영상 처리의 한 방법인 계수 공제 방사선 사진(digital subtraction radiography)은 동일한 조건으로 시간간격을 두어 촬영한 두 장의 일반 방사선 사진을 계수화하여 각 화소 사이의 밀도차이만을 나타내는 것으로 미세한 치조골의 변화를 인지하는데 있어서 일반 방사선 사진보다 우수하다는 보고^{10,13)}가 있는 이래 활발한 연구가 계속되고 있다. 최근에는 계수 공제 방사선 사진의 필요조건인 기하학적 표준화^{14,18)}와 밀도 및 대조도의 표준화^{19,21)}를 위한 방법들도 많이 보고되고 있다. 그러나 계수 공제 방사선 사진에 관한 연구들은 대부분 미세한 치조골의 변화나 치주치료의 평가에 편중되어있으며

1,14,18,22,23) 많은 실험연구들^{12,23,24)}에서 치조골의 치밀골에 골 결손을 형성하여 평가를 시행하였다. 그런데 치밀골은 밀도가 높아 작은 골 결손을 형성하더라도 계수 공제 방사선 사진은 물론 일반 방사선 사진에서도 비교적 쉽게 인지할 수 있다^{12,24,25)}. 이에 반해 치수염의 결과로 야기되는 초기 치근단 질환 등 해면골 내에서 시작하는 병소는 그 크기가 상당히 커질때 까지 치밀골에 가려져 일반 방사선 사진상에서 잘 진단해내기 어렵다^{22,26)}. 일부 연구에서 계수 공제 방사선 사진이 이런 초기 치근단 질환의 감지에 우수한 결과를 보였지만^{25,26)} 객관적 자료가 아직 부족한 형편이다.

본 연구는 해면골내에 골 결손을 형성하여 일반 방사선 사진, 계수 방사선 사진, 계수 공제 방사선 사진의 진단 정확도를 비교 평가하고, 계수 공제 방사선 사진에서 환자의 피폭선량 감소의 가능성을 조사하고, 또한 계수 공제 방사선 사진의 질과 회색도의 표준편차 사이의 관계를 평가하고자 시도되었다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 촬영방법

실험 표본으로 성견의 건조된 24개의 편측 하악골을 이용하였다. 하악골을 피질골과 해면골로 분리하여 피질골의 침범없이 해면골 내에만 국한하여 골 결손을 형성하였다. 그림 1과 같이 방사선 촬영장치, 촬영대상 및 필름이 고정되도록 한 후에 치과용 고무인상재(Exaflex, GC, Japan)를 이용하여 각 표본의 위치를 인기하여 위치변화없는 연속적인 방사선 사진 촬영이 가능하도록 하였다. 방사선 사진은 # 2 표준필름(Kodak E)을 사용하여 65KVp, 10mA, 0.8초의 촬영조건으로 촬영하였으며 40cm의 직사각형 시준관(35mm x 44mm)을 사용하였다.

각 표본의 골 결손 형성전 방사선 사진을 촬영한 후에 # 6 round bur(직경 1.41mm)로 생리식염수를 뿌려가면서 치조정과 치근단 부위의 해면골에 3-8개의 인위적인 결손을 만들었다(그림 2).



Fig. 1 Mounted dried dog mandible with Exaflex was prepared for radiographic exposure.



Fig. 2 The dog mandible with a "bone window". The artificial defects were made within the cancellous bone.

하악골을 원상태로 복원하여 재위치장치를 이용하여 동일한 조건으로 두번째의 방사선 사진을 촬영하였으며, 노출시간을 반으로 줄여(0.4초) 세번째의 방사선 사진을 촬영하였다. 이때 계수 공제 방사선 사진제작시 필름의 정확한 중첩을 위해 기준선으로 필름의 우측하단에 수직의 각쇠를 부착하였고, 대조도 보정을 위하여 Aluminium stepwedge(thickness; 1, 2, 3, 4, 5mm)를 필름에 부착하여 함께 촬영하였다. 촬영한 필름은 자동현상기(DÜRR DENTAL Co., Germany)를 이용하여 동시에 현상하였다.

2. 계수화 및 방사선 사진 분석

각 방사선 사진은 개인용 컴퓨터(IBM-486)와 CCD camera(FOTOVIX, Tampron Co., JAPAN) 그리고 Image-pro Image Processing system(Media Cybernetics, USA)(그림 3)을 이용하여 3x4cm의 일반 방사선 사진을 512x512x8 resolution matrix로 계수화하여 계수 방사선 사진을 제작하였다.

또한 끝 결손 형성 전후의 계수 방사선 사진을 이용하여 계수 공제 방사선 사진을 제작하였으며 이때 노출시간을 감소시켜 촬영한 방사선 사진은 5단계의 stepwedge의 회색도의 평균을 구하여 정상적인 시간을 주어 촬영한 사진에서의 회색도의 평균과 동일하게 회색도를 보정하였다. 각 방사선 사진의 예를 그림 4에 나타내었다.



Fig. 3 The digital image processing system used for this investigation.



Fig. 4 A-a



Fig. 4 A-b



Fig. 4 B-a



Fig. 4 B-b

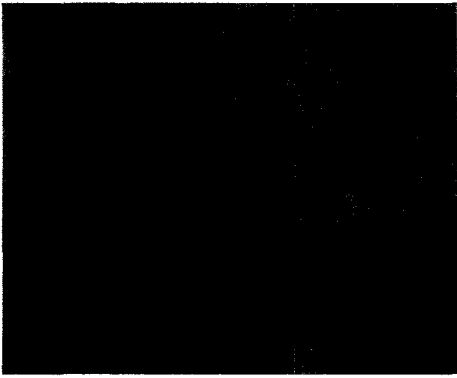


Fig. 4 C-a



Fig. 4 C-b

Fig. 4 Representative examples:

- A ; Conventional radiograph
- B ; Digital radiographic image
- C ; Digital subtraction image
 - a ; Radiograph taken with normal exposure time
 - b ; Radiograph taken with half-exposure time

방사선 사진의 분석은 골 결손을 형성한 후 촬영한 2매의 일반 방사선 사진과 이를 계수화한 화면상의 계수 방사선 사진, 그리고 골 결손 형성전에 촬영한 방사선 사진과 골 결손을 형성한 후 촬영한 2매의 방사선 사진으로 각각 제작한 계수 공제 방사선 사진에서 이루어졌으며, 두 사람의 구강 악안면 방사선의가 같이 판독하여 그 결과를 골 결손의 확인 정도에 따라

A) 아주 명료함 (image with definite margin)
 B) 비교적 명료함(image with blurred margin)
 C) 불분명함(possibly present image)의 3단계의 등급을 매겼다. 이의 통계처리를 위해 A와 B는 분명한 골결손을 나타내므로 1점으로 C는 불분명하므로 0.5점으로 계산하여 백분율로 처리하였다.

또한 계수 공제 방사선 사진에서 일정한 수평기준선을 정하여 그 선으로부터 산출한 회색도의 표준편차와 사진의 판독능과의 상관관계도 평가하였다.

Ⅲ. 실험결과

일반 방사선 사진, 계수 방사선 사진, 계수 공제 방사선 사진에서 총 153개의 골 결손 판독 결과는 다음과 같다.

정상적인 노출시간을 주어 촬영한 사진의 경우, 일반 방사선 사진에서는 A형 73개, B형 38개, C형 16개, 계수 방사선 사진에서는 A형 72개, B형 36개, C형 17개, 계수 공제 방사선 사진에서는 A형 96개, B형 37개, C형 10개를 각각 판독하였고(표 1), 노출시간을 반으로 줄인 사진의 경우, 일반 방사선 사진에서는 A형 42개, B형 55개, C형 15개, 계수 방사선 사진에서는 A형 39개, B형 55개, C형 19개, 계수 공제 방사선 사진에서는 A형 36개, B형 56개, C형 30개를 각각 판독하였다(표 2).

이 결과를 골 결손의 유무 판정의 백분율로 환산하였을때 정상적인 노출을 주었을 경우 일반 방사선 사진은 78.0%, 계수 방사선 사진은 75.9%, 계수 공제 방사선 사진은 90.3%의 판독 결과를 보였으며(표 3), 노출을 반으로 줄인 경우는 일반 방사선 사진 68.4%, 계수 방사선 사진 67.3%, 계수 공제 방사선 사진 69.9%의 판독 결과를 나타내었다(표 4). 또한 계수 공제 방사선 사진에서 일정 기준선의 회색도의 표준편차는 정상적인 노출시에는 평균 4.6, 노출을 줄였을 경우는 평균 7.1이었다(표 5).

Table 1. Detectability(grade) of artificial defects in radiographs with normal exposure time

No. of Experiment	No. of Lesions	Conventional Radiograph			Digital Image			Subtracion Radiograph		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	7	5	2	0	3	3	1	4	3	0
2	7	4	2	0	5	1	0	3	1	1
3	7	5	1	0	5	1	0	5	2	0
4	8	2	3	2	2	3	2	3	4	0
5	8	2	2	2	2	2	2	4	2	1
6	7	2	3	0	2	3	0	4	2	0
7	7	3	2	0	3	1	1	4	3	0
8	7	0	4	1	0	4	1	4	3	0
9	6	1	3	1	1	2	1	3	1	1
10	7	5	0	2	5	1	1	7	0	0
11	5	2	1	1	2	1	1	3	1	1
12	7	5	1	0	5	1	0	7	0	0
13	3	0	1	2	0	1	1	2	1	0
14	7	5	1	1	5	1	1	7	0	0
15	6	3	1	1	3	1	1	3	3	0
16	6	1	3	1	1	3	1	2	2	1
17	7	4	0	1	4	0	1	4	2	1
18	5	2	2	0	2	1	1	3	1	0
19	3	2	1	0	2	1	0	3	0	0
20	6	3	1	0	3	1	0	4	0	0
21	7	4	1	1	4	1	1	4	2	1
22	6	4	1	0	4	1	0	4	0	1
23	7	4	1	0	4	1	0	5	1	1
24	7	5	1	0	5	1	0	3	3	1
Total	153	73	38	16	72	36	17	96	37	10

A:image with definite margin B:image with blurred margin C:possibly present image

Table 2. Detectability(grade) of artificial defects in radiographs with half-exposure time

No. of Experiment	No. of Lesions	Conventional Radiograph			Digital Image			Subtracion Radiograph		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	7	0	3	2	0	3	3	2	2	2
2	7	4	2	0	4	2	0	2	4	0
3	7	5	1	0	4	1	1	4	2	1
4	8	1	3	2	2	3	2	0	5	2
5	8	1	3	1	2	2	1	1	3	1
6	7	2	2	1	2	2	1	0	2	3
7	7	3	1	1	3	1	0	0	4	1
8	7	0	4	0	0	4	0	0	5	1
9	6	1	1	1	1	1	1	0	2	2
10	7	0	5	1	0	6	0	0	5	1
11	5	1	2	0	1	2	0	3	0	1
12	7	5	0	1	3	2	1	5	1	0
13	3	1	0	1	0	1	1	1	1	1
14	7	5	1	0	5	0	1	4	1	2
15	6	2	2	0	1	2	1	0	5	1
16	6	0	4	1	0	3	2	0	2	2
17	7	3	1	0	3	1	0	4	0	2
18	5	2	1	0	2	1	0	2	1	0
19	3	2	1	0	2	0	1	2	0	0
20	6	0	4	0	0	4	0	2	1	1
21	7	0	4	1	0	4	1	4	0	0
22	6	0	4	1	0	4	1	0	3	2
23	7	0	5	0	0	5	0	0	4	1
24	7	4	1	1	4	1	1	0	3	3
Total	153	42	55	15	39	55	19	36	56	30

A:image with definite margin B:image with blurred margin C:possibly present image

Table 3. Detectability(%) of artificial defects in radiographs with normal exposure time

No. of Experiment	Conventional Radiographs	Digital Image	Subtraction Radiographs
1	100	92.9	100
2	85.7	85.7	78.6
3	85.7	85.7	100
4	75.0	75.0	87.5
5	62.5	62.5	81.3
6	71.4	71.4	85.7
7	71.4	64.3	100
8	64.3	64.3	100
9	75.0	58.3	75.0
10	86.7	92.9	100
11	70.0	70.0	90.0
12	85.7	85.7	100
13	66.7	50.0	100
14	92.9	92.9	100
15	75.0	75.0	100
16	75.0	75.0	75.0
17	64.3	64.3	92.0
18	80.0	70.0	80.0
19	100	100	100
20	66.7	66.7	66.7
21	78.6	78.6	92.9
22	83.3	83.3	75.0
23	71.4	71.4	92.9
24	85.7	85.7	92.9
Average	78.0	75.9	90.3

Table 4. Detectability(%) of artificial defects in radiographs with half-exposure time

No. of Experiment	Conventional Radiographs	Digital Image	Subtraction Radiographs
1	57.1	64.3	71.4
2	85.7	85.7	85.7
3	85.7	78.6	92.9
4	62.5	75.0	75.0
5	56.2	56.2	56.3
6	64.3	64.3	50.0
7	64.3	57.1	64.3
8	57.1	57.1	78.6
9	41.7	41.7	50.0
10	78.6	85.7	78.6
11	60.0	60.0	70.0
12	78.6	78.6	85.7
13	50.0	50.0	83.3
14	85.7	78.6	85.7
15	66.7	58.3	91.7
16	75.0	66.7	50.0
17	57.1	57.1	71.4
18	60.0	60.0	60.0
19	100	83.3	66.7
20	66.7	66.7	58.0
21	64.3	64.3	57.1
22	75.0	75.0	66.7
23	71.4	71.4	64.3
24	78.6	78.6	64.3
Average	68.4	67.3	69.9

(not statistically significant among results of all radiographic groups ($p>0.05$))

Table 5. Detectability(%) and standard deviation of grey levels of reference line in digital subtraction radiographs

No. of Experiment	Normal Exposure time		Half-exposure time	
	Detectability	S.D. of gray levels	Detectability	S.D. of gray levels
1	100	6.9	71.4	6.9
2	78.6	8.6	85.7	9.5
3	100	7.0	92.9	5.3
4	87.5	4.2	75.0	7.5
5	81.3	7.2	56.3	5.0
6	85.7	7.8	50.0	9.2
7	100	2.5	64.3	5.2
8	100	3.3	78.6	5.9
9	75.0	4.2	50.0	7.9
10	100	1.9	78.6	9.5
11	90.0	0.8	70.0	5.1
12	100	6.4	85.7	6.2
13	100	6.9	83.3	8.2
14	100	0.3	85.7	5.4
15	100	0.5	91.7	7.7
16	75.0	2.7	50.0	5.5
17	92.0	6.0	71.4	9.5
18	80.0	5.4	60.0	6.3
19	100	6.1	66.7	7.3
20	66.7	3.7	58.0	5.9
21	92.9	6.5	57.1	8.6
22	75.0	5.8	66.7	8.1
23	92.9	4.2	64.3	6.0
24	92.9	1.6	64.3	8.6
Average	90.3	4.6	69.9	7.1

(detectability and S.D. of grey levels were not statistically related ($p>0.05$))

Table 6. Results of statistical analysis regarding detectability of artificial defects in radiographs with normal exposure time

	Conventional Radiograph	Digital Radiograph	Subtraction Radiograph
Conventional Radiograph			
Digital Image	NS		
Subtraction Radiograph	*	*	

* ; statistically significant ($p<0.05$) NS ; not statistically significant

Table 7. Results of statistical analysis regarding detectability of artificial defects in radiographs taken by different exposure time

		Normal exposure time		
		Conventional Radiograph	Digital Image	Subtraction Radiograph
Half exposure time	Conventional Radiograph	*		
	Digital Image		*	
	Subtraction Radiograph			*

* ; statistically significant ($p<0.05$)

정상적인 노출시 일반 방사선 사진과 계수 방사선 사진의 판독결과는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 이들과 계수 공제 방사선 사진의 판독결과는 각각 유의성있는 차이를 나타내었다(표 6). 그러나 노출을 반으로 줄였을 경우에는 세 방법 모두에서 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 정상적인 노출을 주었을 경우와 반으로 줄였을 경우를 동일한 판독 방법으로 비교하였을때 세 방법 모두에서 각각 유의성있는 결과를 보였다(표7). 또한 계수 공제 방사선 사진의 판독능과 일정 기준선의 회색도의 표준편차는 노출시간에 관계없이 서로 상관 관계가 없는 것으로 나타났다($p>0.05$).

IV. 고 찰

방사선 사진을 계수화하면 해상력의 저하가 일어나지만^{2,27)} 적절한 대조도나 밝기(brightness)를 찾아내고 영상의 증강등^{3,4,25)} 다양한 영상처리가 가능하여 더 나은 우수한 상을 기대할 수도 있다. 일반 방사선 사진에서는 30-50%의 골 소실이 발생하여야 인지가 가능^{28,29,30)} 반면, 계수화를 이용한 계수 공제 방사선 사진은 약 5%의 밀도 변화만 일어나도 판별이 가능¹¹⁾ 질환의 초기 진단이나 치료의 평가등에 유용하다는 것은 주지의 사실이다. 본 연구에서는 골량이 적어 병소가 상당히 진행될때까지 일반 방사선 사진에서 판별이 어려운 해면골 내의 골 결손을 형성하여 일반 방사선 사진, 계수 방사선 사진, 계수 공제 방사선 사진의 평가를 시도하였다.

정상적인 노출시간을 주었을 경우, 계수 공제 방사선 사진이 90.3%의 판독 결과를 보여 일반 방사선 사진(78.0%)이나 계수 방사선 사진(75.9%)에 비해서 훨씬 우수한 판독능을 나타내었다. 특히 같은 해면골 부분이라 할지라도 골소주가 치밀한 치조정 부위에서는 세 방법 모두에서 아주 선명한 골 결손을 확인할 수 있었으나 골소주가 성근 치근단 하방에서는 다른 두 방법에 비해 계수 공제 방사선 사진에서 판독이 가장 용이하였다. 즉, 동일한 크기의 골 결손을 형성하였기 때문에 단위 부피당 적은 골량을 가지는

치근단 하방에서는 밀도 차이가 많이 나타나지 않으므로 미세한 밀도 차이를 잘 인지해 내는 계수 공제 방사선 사진이 가장 우수한 결과를 나타내었음을 알수있었다. 동일한 #6 bur로 치밀골에 골 결손을 형성한 다른 연구에서 보면 계수 공제 방사선 사진에서는 각각 0.98(detection performance)¹²⁾ 혹은 1.00(sensitivity, probably and definite present)²⁵⁾까지 판독해 내었고, 일반 방사선 사진에서도 0.84(detection performance)¹²⁾, 0.97²⁵⁾까지 판독해 내었다. 그러나 동일한 #6 bur로 해면골에 골 결손을 형성한 Tyndall등²⁵⁾의 연구 결과 일반 방사선사진에서는 판독이 불가능하였고 계수 공제 방사선 사진에서 0.72(sensitivity, probably and definitely present)를 보여 본 연구에서보다 상당히 낮은 판독능을 나타내었다. 이는 본 연구에서는 치근단뿐만 아니라 비교적 치밀한 치조정 부위의 해면골에도 골 결손을 형성하였고, 두명의 구강 악안면 방사선의가의 논하여 판독한 결과 더 정확한 판독이 가능하였다고 생각한다.

일반 방사선 사진과 계수 방사선 사진의 판독결과는 평균적으로 일반 방사선 사진이 약간 우수한 결과를 보였으나 통계학적으로 유의성은 없었다. 계수 방사선 사진이 컴퓨터를 이용한 수학적 처리로 일반 방사선 사진에서보다 나은 판독결과를 보인다는 보고²³⁾와 동일한 진단의 정확도를 가진다는 보고^{2,27)}가 있으며 Kassebaum 등²⁷⁾의 연구에서는 0.2, 0.3, 0.4mm의 화소 크기의 계수 방사선 사진과 원래의 일반 방사선 사진을 비교하였을때 계수 방사선 사진의 판독능은 화소 크기가 커질수록 다소 떨어지지만 적절한 진단의 정확도를 가진다고 보고하였다. 본 연구에서는 어떤 수학적 처리없이 단순히 계수화된 상태에서 판독을 하였으므로 원래의 방사선 사진에서보다 약간 낮은 결과를 얻었다고 생각한다. 그러나 통계학적으로 유의성이 없으므로 비록 계수화가 해상력의 저하는 초래하더라도 진단의 정확도는 손상시키지않는 기술적으로 안전한 방법임을 시사하며 나아가 각종 영상처리나 장비의 향상을 통한 화소 크기의 감소를 이룬다면 진단의 정확도는 보다 높아지리라라고 사료된다.

노출시간을 반으로 줄여서 촬영하였을 경우에는 계수 공제 방사선 사진이 평균적으로 약간 우수하였지만 세 방법사이의 유의한 차이는 없었다. 일반적으로 계수화 과정을 거치게되면 대조도 보정이 가능하여 일반 방사선 사진에서보다 환자의 피폭선량을 낮출수 있다. 그러나 본 연구에서는 일반 방사선 사진에 비하여 더 나은 결과를 보이지 않았는데 이것은 대조도의 보정방법의 문제로 생각된다. 현재 대조도 보정에 관한 논문들¹⁹⁻²¹⁾이 계속 발표되고 있지만 그 과정이 복잡하여 본 연구에서는 간단하게 aluminium stepwedge를 이용한 대조도 보정을 시도하였다.

그러나 단순히 두 방사선 사진의 회색도의 평균만을 동일하게 보정함으로써 각 필름의 고유의 대조도 차이 즉, 두 계수 방사선 사진간의 회색도의 scale 차이는 보정이 되지 않은채 남아 있는 결과를 가져왔다. 회색도의 평균은 같지만 표준편차가 다른 두 계수 방사선 사진을 그대로 공제함으로써 동일 좌표의 화소간의 회색도 차이에 의한 잔상이 형성되고 이런 잔상의 영향으로 계수 공제 방사선 사진이 다른 두 방사선 사진보다 평균적으로 우수함에도 불구하고 골 결손의 인지가 불분명한 C형이 30개로 가장 많이 나오게 되었다. 관전압이 낮을 경우 노출시간을 감소시키면 대조도도 감소하는데, 유등³¹⁾의 연구에 의하면 본 연구에서 사용한 관전압 65KVp에서 48impulse(0.8초)의 노출을 주었을 경우의 상대적 대조도는 1.23, 24impulse(0.4초)의 노출을 주었을 경우의 상대적 대조도는 0.82였다고 보고하였다. 이 경우 대조도를 정확히 보정하기 위해서는 수학적으로 이 상대적 대조도를 일치시켜 공제를 시행하여야한다. 다양한 노출시간에 따른 방사선 사진의 평가에 대해서는 향후 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

계수 공제 방사선 사진의 회색도의 표준편차가 계수 공제 방사선 사진의 구조잔상을 평가하는 상대적 척도로 이용될 수 있다는 몇몇 보고가 있다.^{1,15,32)} 즉, 두 방사선 사진간의 기하학적 변형이나 대조도 차이가 이 표준편차로 나타난다는 것을 의미한다. 그러나 본 연구에서는 계수 공제 방사선 사진의 질과 회색도의 표준편차가 서로 상관이 없다는 결과가 나왔다. 이것은 회색

도의 표준편차가 계수 공제 방사선 사진의 질과 선상의 관계를 이루지 않는다는 의미로 질을 판별하는 엄격한 척도로 이용될 수 없음을 뜻한다. 본 연구에서의 회색도의 표준편차는 정상 노출시는 평균 4.6, 노출을 줄인경우는 평균 7.1로 Nummikoski등³²⁾의 2.5, Brägger등¹⁾의 3.29보다는 높았고 Wenzel¹⁵⁾의 7.2(최저치)보다는 낮은 결과를 나타내었다. 각 연구에서의 표준편차값은 기준에 따라 차이를 보일수 있는데 같은 기준을 이용한 조등³³⁾의 연구와 비교하면 모든 계수 공제 방사선 사진의 표준 편차가 10 이하로 조등의 연구에 의한, 상이 아주 좋거나(very good) 좋은(good) 범주에 속했다. 즉, 회색도의 표준편차가 계수 공제 방사선 사진의 질과 모든 범위에서 선상관계에 있지는 않지만 계수 공제 방사선 사진의 상이 사용가능한지 그렇지 않은지를 판별하는데는 여전히 유효하다고 하겠다.

V. 결 론

24개의 성건의 편측 하악골의 해면골내에 골 결손을 형성하여 일반 방사선 사진과 계수 방사선 사진, 계수 공제 방사선 사진을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정상 노출시간을 주어 촬영한 경우 각각의 판독능은 일반 방사선 사진 78.0%, 계수 방사선 사진 75.9%, 계수 공제 방사선 사진 90.3% 로 계수 공제 방사선 사진이 앞의 두 방법에 비하여 유의하게 우수함을 보였다 ($p < 0.05$).
2. 정상 노출시간의 반을 주어 촬영한 경우 각각의 판독능은 일반 방사선 사진 68.4%, 계수 방사선 사진 67.3%, 계수 공제 방사선 사진 69.9%였으며 세 방법간의 유의한 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$).
3. 세 방사선 사진에서 모두 정상적인 노출을 주었을 경우 반으로 줄인 경우에서보다 더 우수한 판독 결과를 보였다($p < 0.05$).
4. 계수 공제 방사선 사진의 판독능과 일정기준선의 회색도의 표준편차는 서로 상관관계가 없는것으로 나타났다($p > 0.05$).

REFERENCES

1. Brägger U., Pasquali L. and Rylander H. et al., Computer-assisted densitometric image analysis in periodontal radiography. A methodological study, *J. Clin. Periodontol.*, 15:27, 1988a
2. Wenzel A., Effect of varying grey-scale resolution for detectability of bone lesions in intraoral radiographs digitized for teletransmission, *Scand.J.Dent.Res.*, 95:483, 1987
3. Wenzel A., Effect of image enhancement for detectability of bone lesions in digitized intraoral radiographs, *Scand. J. Dent. Res.*, 96:149, 1988
4. Shrout M.K., Powell B.J. and Hildebolt C.F. et al., Digital radiographic image-based bone level measurements : effect of film density, *J.Clin. Periodontol.*, 20: 595, 1993
5. Brägger U. and Pasquali L., Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images, *J. Clin. Periodontol.*, 15:558, 1989
6. Hildebolt C.F., Vannier M.W. and Pilgram T.K. et al., Quantitative evaluation of digital dental radiograph imaging systems, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 70:661, 1990
7. McHenry K., Hausmann E. and Dunford R. et al., Methodological aspects and quantitative adjuncts to computerized subtraction radiography, *J.Periodont. Res.*, 22:125, 1987
8. Baxes G.A., *Digital image processing : a practical primer.* New York : Prentice Hall, 1984
9. Webber R.L., *Computers in dental radiography : a scenario for the future.* *J. Am. Dent. Assoc.*, 111:419, 1985
10. Van der Stelt P.F., Rüttimeann U.E. and Webber R.L., Determination of projections for subtraction radiography based on image similarity measurements, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 18:113, 1989
11. Hausmann E., McHenry K. and Christensen L. et al., Techniques for assessing alveolar bone mass changes in periodontal disease with emphasis on ¹²⁵I-absorptiometry, *J.Clin. Periodontol.*, 56:324, 1985
12. Rethman M., Rüttimeann U.E. and O' Neal R. et al., Diagnosis of bone lesions by subtraction radiography, *J. Periodontol.*, 56:324, 1985
13. Gröndahl K., Gröndahl H.G. and Wennström J. et al., Examiner agreement in estimating changes in periodontal bone from conventional and subtraction radiographs, *J. Am. Dent. Assoc.*, 105:275, 1982
14. Webber R.L., Rüttimeann U.E. and Groe-huis R.A.J., Computer correction of projective distortions in dental radiography, *J. Dent. Res.*, 63:1032, 1984
15. Wenzel A., Effect of manual compared with reference point superimposition on image quality in digital subtraction radiography, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 18:145, 1989
16. Van der Stelt P.F., Rüttimeann U.E. and Webber R.L. et al., A procedure for reconstruction and enhancement of tomosynthetic images, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 15:11, 1986
17. Jeffcoat M.K., Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss, *J. Periodontol.*, 63:367, 1992
18. Webber R. L., Rüttimeann U. E. and Gröndahl H.G., X-ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes. *J.Perodont. Res.*, 17:509, 1982
19. Rüttimeann U. E., Okano T. and Gröndahl H.G. et al., Exposure geometry and film contrast differences as bases for incomplete cancellation of irrelevant structures in dental subtraction radiography. *Conferences on Digital Radiography, SPIE Publication 314:372, 1981*
20. Rüttimeann U.E., Webber R.L. and Schmidt E., A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography, *J. Periodont. Res.*, 21:486, 1986
21. Ohki M., Okano T. and Yamada N., A contrast correction method for digital subtraction radiography, *J.Periodont. Res.*, 23:277, 1988
22. Van der Stelt P.F., Van der Linden L.W.J. and Geraets W.G.M. et al., Digitized image processing and pattern recognition in dental radiographs with emphasis on the interdental bone, *J.Clin.Periodontol.*, 12:815, 1985
23. 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, 1986
25. Tyndall D.A., Kapa S.F. and Bagnell C. P., Digital subtraction radiography for detecting cortical and cancellous bone changes in the periapical lesion, *J. Endodon.*, 16;173, 1990
 26. Kullendorff B., Gröndahl K. and Rohlin M. et al., Subtraction radiography for the diagnosis of periapical bone lesions, *Endod. Dent. Traumatol.*, 4;253, 1988
 27. Kassebaum D.K., McDavid W.D. and Dove S.B., Spatial resolution requirements for digitizing dental radiographs, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 67;760, 1989
 28. Van der Stelt P. F., Experimentally produced bone lesions, *Oral Surg.Oral Med. Oral Pathol.*, 59;306, 1985
 29. Bender I. B. and Seltzer S., Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone:I, *J.Am. Dent. Assoc.*, 62;152, 1961
 30. Bender I. B. and Seltzer S., Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone:II, *J.Am.Dent. Assoc.*, 61;708, 1961
 31. 유명선, 이상래, Videodensitometry법을 이용한 X 선 사진의 흑화도와 대조도에 관한 연구, 대한 구강악안면방사선학회지 22;293, 1992
 32. Nummikoski P. V., Martinez T. S. and Matteson S.R. et al., Digital subtraction radiography in artificial recurrent caries detection, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 21;59, 1992
 33. 조봉혜, 나경수, 규격화된 구내 표준 방사선사진의 계수 공제 방사선학적 평가, 대한 구강악안면 방사선학회지, 23;125, 1993

-ABSTRACT-

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE DETECTABILITY OF DIGITAL RADIOGRAPHIC IMAGES

Young-Soon Sohn, Bong-Hae Cho, Kyung-Soo Nah

Department of Dental Radiology, College of Dentistry, Pusan National University

The comparative detectability of the artificial defects among conventional radiographs, digital images and digital subtraction images was evaluated. The artificial defects were made within spogy bone of 24 unilateral mandibles of adult dogs.

The results were as follows:

1. With normal exposure time, the detectability of digital subtraction radiographs was 90.3% which was statistically significant superior to those of conventional radiographs(78.0%) and digital images(75.9%) ($p < 0.05$).
2. With half-exposure time, the detectability of conventional radiographs, digital images and digital subtraction radiographs was 68.4%, 67.3% and 69.9% respectively. There was no statistical significant difference among the detectability of these methods($p > 0.05$).
3. All radiographic images with normal exposure time showed statistically significant superior detectability to those with half-exposure time($p < 0.05$).
4. The detectability of digital subtraction radiographs was not linearly related to the standard deviation of the grey levels of reference line($p < 0.05$).