

영상 분석장치를 이용한 골 흑화도의 정량적 평가에 관한 연구

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실

최 원 재 · 김 재 덕

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
 - 참고문헌
 - 영문초록
 - 사진부도 및 설명

I. 서 론

1954년 Hutchinson¹³⁾이 방사선사진에서 골변화를 관찰하기 위해서는 골변화가 7일 내지 10일 이전부터 시작되어야 한다고 이론적으로 시사한 이래, 1961년 Bender와 Seltzer⁴⁾는 인체하악골을 대상으로 하여 실험골병소를 최초로 방사선학적으로 연구한 결과, 피질골에 1mm 이상의 깊이로 병소부가 형성되지 않는 한 방사선사진에서 판독될 수 없으며, junctional bone을 제외한 해면골에서는 해면골을 전부 제거하여도 방사선사진에서 이의 변화를 관찰 할 수 없었다고 보고하였다. 또한 1962년 Ramadan과 Mitchell²⁶⁾의 건조두개골을 이용한 실험, 사체두개골에 발생되어 있는 병소와 인위적 실험병소를 비교한 Regan 과 Mitchell²⁷⁾의 연구등이 있었고, 1964년 Wengraf³³⁾는 실험적으로 형성한 병소부

에 편이나 산화이연등 방사선불투과물질을 매식하여 방사선사진상과 실제양상을 비교하였으며 또한 치조백선에 구멍을 내어 그 양상도 관찰하였다.

1971년 Manson-Hing²⁰⁾은 치조백선에 병소를 형성한 후 관전압을 다양하게 변화시켜 얻은 방사선사진을 관찰한 결과 0.75인치 이상의 개통부에서 관찰이 가능하였고 60~75kVp사이에서 가장 좋은 대조도를 보였다고 보고하였다. 1971년 Schwartz 와 Foster²⁹⁾는 실험적 골병소가 피질골을 천공시키지 않는 한 방사선사진에서 판독되지 않음을 보고하였으며, 1988년 김등¹⁾은 사체표본에 인위적 골병소를 치근단부에 형성한 실험에서 치아회분으로 그 주위에 치밀화골을 재형성한 실험에서 직경 2mm이상 크기의 병소에 주위 2mm이상 두께의 치밀화골이 형성된 경우와 해면골내의 직경 5mm이상 크기의 병소에 1mm두께의 치밀화골이 형성된 경우에 비로소 방사선사진에서 판독이 가능하였다고 보고하였다. 이와 같이 골병소에 대한 많은 연구에도 불구하고 해면골내의 골에 대한 방사선학적 판독에는 한계가 있음이 지적되었다. 더우기 병소가 파괴적인 진행을 하고 있는지 치유과정을 밟고 있는지를 판독하기는 어려우며 특히 병소의 조기변화를 평가하고자 할 경우 방사선사진은 크게 도움이 되지 못한다고 생각된다.

그러나 방사선사진으로 골밀도의 미세한 변화를 관찰하고자 1982년 Webber등³¹⁾이 컴퓨터를

이용한 방사선사진 디지털 공제술을 이용하여 미세한 치조골 변화에 대해 평가하였으며, 1983년 Gröndahl등¹⁰⁾은 치과 방사선사진을 위한 디지털 공제술을 소개하였으며, 이어 치주질환의 치료후 치조골변화를 평가하여 보고^{11,12)}한 바 있다. 1984년 Ortman등²⁴⁾은 실험적으로 치조골 병소를 형성하여 디지털 공제 방사선영상 분석법을 이용한 평가를 시행하여 5%정도의 골변화를 감지할 수 있었다고 하였다. 그 이후 치아우식증의 조기 발견^{9,21,25)}등에 방사선 사진 디지털 공제술이 응용되는 등 각 분야에서의 임상적 적용^{3,6,10,17)}과 판독에의 이용법이 개발단계에 있다.

한편 이러한 정량적 비교판독을 위하여는 방사선촬영상의 기하학적 표준화와 동일한 대조도를 갖는 방사선사진을 얻는것이 선행되어야 하는 바 방사선 촬영술을 위한 표준화 촬영장치와 대조도 보정방법이 발전되어 왔다^{2,3,7,14,22,28,32)}. 1982년 Duckworth등⁷⁾은 교합판 부착 구내방사선사진 고정장치, 1992년 Jaffcoat¹⁵⁾는 두부고정장치를 이용한 구외고정방법등을 사용하였다. 또한 1982년 Duckworth등⁷⁾과 1992년 Janssen과 Van Aken¹⁴⁾등은 방사선사진 대조도를 표준화하기 위해 알루미늄 썬치를 사용하였으며, 1987년 Ruttimann등²⁸⁾은 대조도 보정방법으로 히스토그램 수정방법을 사용하였다. 1988년 Ohki등²²⁾과 1985년 Ortman등²⁴⁾은 미세화도측정기를 사용한 대조도를 보정한 디지털 공제술은 방사선학적 변화를 검사하는데 유용하며 정량적으로 치주치료를 평가할 수 있다고 보고하였다.

본실험에서는 임상증례의 방사선사진과 건조 하악골의 치근단부와 치간부의 해면골 내에 일련의 크기로 인공병소들을 형성시켜서 표준화된 촬영장치를 이용하여 방사선사진을 얻었다. 이들 상들을 영상분석장치에 입력하고 이를 이용한 대조도 보정방법을 고안하여 보정한 후, 병소의 크기와 깊이의 변화에 따라 등고선, 히스토그램, 그리고 대조도 색상강화와 공제를 이용한 세가지 방법으로 분석하였다. 이들과 방사선사진의 육안적 판독결과를 비교분석한 후, 대조도보정 방법의 타당성과 해면골내 병소의 크기의 미세변화에 대해 영상분석장치를 이용한 판독가능성을 검증하고 판독기준과 시각화방법을 제시

하여 그 응용도를 넓히고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

실험재료

1) 등고선분석을 위한 증례

통법에 따른 치근단병소의 근관치료가 시행된 후 장기간 일련의 방사선사진으로 술후 검사가 시행된 5례를 대상으로 술전 및 술후 2개월, 6개월째에 촬영된 방사선사진 총 15매를 등고선분석에 이용하였다.

2) 인공병소형성

건조하악골에서 피질골의 손상없이 해면골에 인공병소를 형성하기 위해 먼저 모든 치아를 발거한 후, 치과용 톱을 이용하여 치아의 장축에 따라 하악골을 헐, 설로 분리하였다. 인공병소형성부위는 치근단부와 치간부 2부위로 하고 각 부위에 3개씩의 인공병소를 형성하였다. 각 인공병소는 해면골부에 국한시켰으며 #2, 4, 6, 8 round bur를 이용하여 형성된 이의 크기들은 직경이 각각 0.85mm, 1.20mm, 1.75mm, 2.00mm로서 이들간의 크기의 변화량은 초기의 0.85mm에 이어 각각 0.35mm, 0.55mm, 0.25mm였다.

또한 영상입력과 영상분석시 좌표결정 기준설정을 위해 하악골내에 짧은 철선을 레진으로 고정하였다(Fig.1).

3) 인공병소 방사선촬영 및 현상

동일위치, 동일각도로 촬영하기 위해 Rinn XCP 평행장치와 아크릴릭 레진을 이용하여 건조하악골 고정대를 포함한 고정촬영장치(Fig. 2)를 제작하였다. 방사선사진은 감광도 E군*의 치근단용 방사선필름을, 구내방사선촬영장치**로 60kVp, 7mA, 0.06초 조건에서 촬영하였고, 이들의 현상은 자동현상기***를 이용하였다.

기준사진은 각 병소를 형성하기 전 촬영된 방사선사진으로 하였고, 촬영된 4매의 방사선사진들이 분석에 이용되어, 여섯부위에서 인공병소의 크기에 따라 촬영된 각 5매씩(Fig. 3), 총 30매의 방사선사진이 분석에 이용되었다.

* KODAK Co. U.S.A.,
 ** SIEMENS Co. Germany,
 *** DÜRR DENTAL Germany

4) 영상분석 및 대조도보정

영상분석에 사용된 컴퓨터는 호환성이 없는 NEC PC-9801****이었다. 컴퓨터에 연결된 고 해상도의 SONY XC-711 CCD 카메라*****를 이용하여 방사선사진상을 입력하였고, 입력된 영상은 512x512 픽셀의 공간 해상도와 256계조를 지원하도록 디지털화 되었고, 영상분석에는 NEXUS QUBE프로그램이 이용되었다.

**** NEC, Japan, ***** SONY, Japan

분석을 위해 인공병소 각각의 형성 전 및 직경이 0.85mm, 1.20mm, 1.75mm, 2.00mm인 각병소에 대한 일련의 방사선사진상을 CCD카메라로 입력하되, 동일한 부위를 입력하기 위해 건조하악골에 레진으로 부착한 짧은 철선을 기준으로 하였고, 이 철선을 기준으로 각 영상에서 동일한 좌표를 갖는 정상골부위에 일직선상의 15 픽셀을 설정하고 입력된 일련의 영상들의 대조도 표준화를 위해 다음과 같이 대조도보정을 하였다.

즉 기준영상의 각 픽셀의 3회 측정 평균 계조도(mRi)를 구하고

$$mRi(i=1, \dots, 15) \quad (1)$$

보정할 영상의 각 픽셀의 계조도(Bi)를 3회씩 측정하였으며

$$B1i, B2i, B3i(i=1, \dots, 15) \quad (2)$$

매회 측정후, 각 픽셀에서 기준영상 평균계조도와 보정될 영상의 계조도 차이를 구하고 그 평균값(mD)을 구하였다.

$$mD1 = \frac{\sum_{i=1}^{15} (mRi - B1i)}{3}; mD2, mD3(3)$$

3회 측정된 계조도에 mD를 가감하여 각 픽셀의 보정된 계조도값을 구하였으며

$$B1(crct)i = B1i \pm mD1; B2(crct)i, B3(crct)i \quad (4)$$

보정시킬 영상의 각 픽셀의 계조도(mB(crct))를 결정하였다.

$$mB(crct)i = (B1(crct)i + B2(crct)i + B3(crct)i)/3 \quad (5)$$

실험방법

1) 증례에 대한 등고선분석

규격화가 되지 않고 촬영된 방사선사진 3매로 구성된 각 증례를 영상분석장치에 입력하여 대조도보정 없이 병소의 최저 및 최고 계조도를 결정한 뒤 그 전후 값을 기준으로 하여 영상에서 동일계의 계조도를 이은 등고선을 작성하여 병소의 크기의 변화에 따른 등고선의 변화를 분석하였다.

2) 인공병소에 대한 히스토그램분석

모든 영상의 대조도보정이 끝난 뒤, 병소형성 전 영상에서 철선을 기준으로 결정된 인공병소형성 예정부의 좌표를 구하여 기준부위(Cp, Ci)로 정하였다. 비교부위로는 병소형성 후 동일한 부위의 치근단부 병소(Lp)와 치간부 병소(Li)로 정하여 세부위에서 인공형성 예정부와 인공병소의 중심부로 부터 일직선상(Fig. 4)에 좌우 각 7 픽셀씩 설정하여 총 14 픽셀에 대해 각 픽셀 계조도를 3회씩 기록하여 평균치를 구한 뒤, 그 히스토그램을 작성하여 기준부위((Cp, Ci)의 히스토그램과 각 인공병소 각 크기(Lp#2, 4, 6, 8, Li#2, 4, 6, 8)의 히스토그램을 비교분석하였다.

3) 인공병소에 대한 색상강화 및 공제 분석

각 인공병소를 포함하는 관심영역을 설정하고 기준영상에 비해 3단계 이상의 계조도변화를 나타낸 병소의 모든 계조도를 채택하여 병소의 외곽좌표로 설정하고 그 병소의 중앙 최저계조도에서부터 최외곽부 계조도까지를 차례로 색상강화 시키되 각 단계에서 관심영역 외부는 완전히 공제하고 관심영역 내에서도 병소이외 부위에서 나타난 강화된 픽셀들을 공제함으로써 병소의 외형을 독립적으로 시각화하여 그 병소의 크기 변화에 대한 판독 가능 여부를 분석하였다.

Ⅲ. 실험성적

1) 임상증례에 대한 등고선 분석

근관치료를 시행한 5증례의 술전, 술후 2개월, 6개월에 촬영된 방사선사진을 영상분석장치에

Table 1. Grey level values of each pixel of films after contrast correction
() difference from reference film in mean grey scale

Pixel	Film	Reference film	#2 radiogram	#4 radiogram	#6 radiogram	#8 radiogram
1		144	144(0)	138(-6)	145(1)	139(-5)
2		145	146(1)	145(0)	147(2)	143(-2)
3		142	144(2)	145(3)	145(3)	144(2)
4		140	143(3)	142(2)	143(3)	142(2)
5		139	143(4)	141(2)	142(3)	141(2)
6		143	144(1)	143(0)	143(0)	143(0)
7		146	145(-3)	145(-3)	144(-2)	144(-2)
8		146	146(0)	146(0)	144(-2)	145(-1)
9		145	145(0)	145(0)	143(-2)	144(-1)
10		142	143(1)	143(1)	141(-1)	142(0)
11		139	140(1)	139(0)	140(1)	141(2)
12		136	136(0)	138(2)	139(3)	139(3)
13		133	133(0)	136(5)	136(3)	136(3)
14		129	131(2)	136(7)	134(5)	134(5)
15		130	133(3)	135(5)	133(3)	134(4)

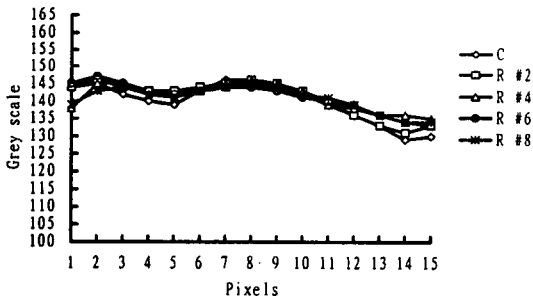


Fig. 6. Histograms of corrected images.

입력하여 등고선에 의한 분석을 시행한 바, Fig. 5-a, b, c에서는 제 1대구치 원심치근단에 가장 낮은 계조도의 등고선이 내부에 작게 나타나고 비교적 그 보다 계조도가 높은 등고선이 그 바깥에 병소의 외곽을 이루어 보이며, 2개월 후의 영상에서는 치근과 구별이 되는 등고선의 내부에 계조도가 낮은 점상의 등고선이 나타났으며 6개월 후의 영상에서는 정상골조직의 계조도와 같은 등고선이 치근단부에 나타났다. 그러나 방사선사진에서는 육안적으로 근단부의 방사선투과

성 병소의 크기가 조금씩 감소된 것을 인정할 정도였다. 한편 등고선은 병소의 윤곽을 나타내는 경우도 있으나 대부분 뚜렷한 병소의 윤곽을 나타내지 못했으며 그 형태도 경우에 따라 다르게 나타나 병소의 크기의 변화에 대한 판독의 신빙성이 결여되어 있었다.

2) 대조도보정

대조도보정을 시행하여 얻어진 각 크기 병소의 영상에서 동일하게 비교된 부위의 계조도와 기준영상의 계조도간에는 15개 각 픽셀에서 평균 1 단계의 계조도 차이를 나타내었다(Table 1, Fig. 6).

3) 인공병소에 대한 히스토그램 분석

치근단부 인공병소

0.85mm 크기의 인공병소를 병소형성 전과 비교하여 대조도보정시 평균계조도 변화가 1단계 보다 크게 계조도 차이를 보인 픽셀이 6개가 나타남으로써 병소로 인정할 수 있었다. 0.85와

Table 2. The mean values of grey level at each pixel of various size of lesions at periapical area () difference from reference film in mean grey scale

Pixel	Lp	reference image	Lp#2 image (0.85mm)	Lp#4 image (1.20mm)	Lp#6 image (1.75mm)	Lp#8 image (2.00mm)
1		130	132(2)	128(-2)	133(3)	130(0)
2		138	137(-1)	140(2)	139(1)	140(-2)
3		140	138(-2)	141(1)	136(-4)	137(-3)
4		139	136(-3)	137(-2)	128(-11)	126(-13)
5		137	134(-3)	131(-6)	121(-16)	117(-20)
6		137	133(-4)	127(-10)	119(-18)	112(-25)
7		139	134(-5)	128(-11)	122(-17)	113(-26)
8		142	138(-4)	132(-10)	130(-12)	117(-25)
9		146	142(4)	137(-9)	137(-9)	121(-25)
10		149	147(-2)	143(-6)	144(-5)	131(-18)
11		153	151(-2)	150(-3)	150(-3)	144(-9)
12		152	150(-2)	153(1)	150(-2)	150(-2)
13		144	143(-1)	148(4)	143(-1)	145(1)
14		132	131(-1)	138(6)	130(-2)	134(2)

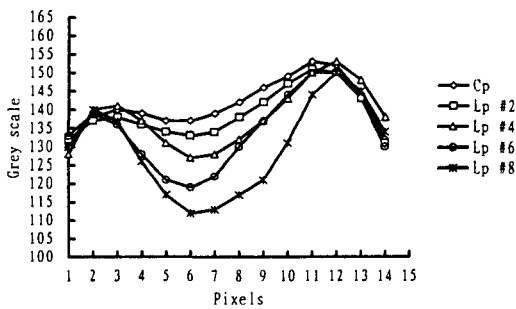


Fig. 7. Histograms artificial lesions at periapical area(Lp).

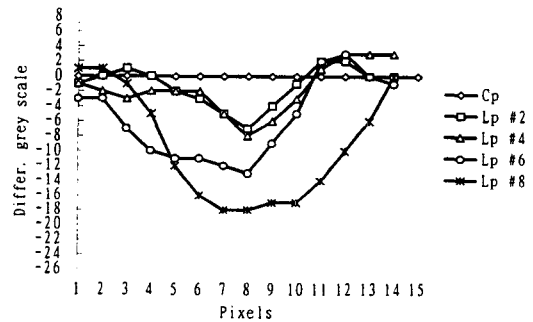


Fig. 8. Histograms of differences in grey scale of lesions at periapical area(Lp).

1.20mm, 1.75와 2.00mm크기 사이 즉 0.35mm와 0.25mm의 크기 변화에서는 의미 있게 계조도 3 단계 이상의 변화를 나타낸 픽셀수가 증가되지 않아 근원심간 크기의 변화는 감지하기 어려웠으나 계조도의 차이는 점점 커져 인공병소의 협설 깊이의 변화를 인정할 수 있었다.

1.20과 1.75mm크기의 병소간 즉 0.55mm의 크기 변화에는 3개의 픽셀이 계조도 변화를 뚜렷이 나타내어 근원심간 크기의 변화를 인정할 수 있었다. 1.75와 2.00mm 병소에서는 편측변연부의

계조도가 각각 증가하였다(Table 2, Fig. 7, 8).

한편 방사선사진의 육안적 판독에서는 1.20mm까지 병소를 인정할 수 없었다(Fig. 3).

치간부 인공병소

0.85와 1.20mm크기의 병소는 그 크기의 차이가 0.35mm로서 서로 근원심간, 협설간으로 그 크기의 변화를 인정할 수 없었으나 각각 3 픽셀에서 뚜렷한 계조도 변화를 보여 병소로서 인정할 수 있었다. 방사선사진의 육안적 판독에서는

Table 3. The mean values of grey level at each pixel of various size of lesions at interdental area () difference from reference film in mean grey scale

pixel	Li reference image	Li#2 image (0.85mm)	Li#4 image (1.20mm)	Li#6 image (1.75mm)	Li#8 image (2.00mm)
1	146	145(-1)	145(-1)	143(-3)	147(1)
2	145	145(0)	143(-2)	141(-3)	146(1)
3	145	146(1)	142(-3)	138(-7)	144(-1)
4	147	147(0)	145(-2)	137(-10)	142(-5)
5	153	151(-2)	151(-2)	142(-11)	141(-12)
6	157	154(-3)	155(-2)	146(-11)	141(-16)
7	160	155(-5)	155(-5)	148(-12)	142(-18)
8	161	154(-7)	153(-8)	148(-13)	143(-18)
9	158	154(-4)	152(-6)	149(-9)	141(-17)
10	155	154(-1)	152(-3)	150(-5)	138(-17)
11	152	154(2)	153(1)	154(2)	138(-14)
12	152	154(2)	155(3)	155(3)	142(-10)
13	153	153(0)	156(3)	153(0)	147(-6)
14	151	151(0)	154(3)	150(-1)	151(0)

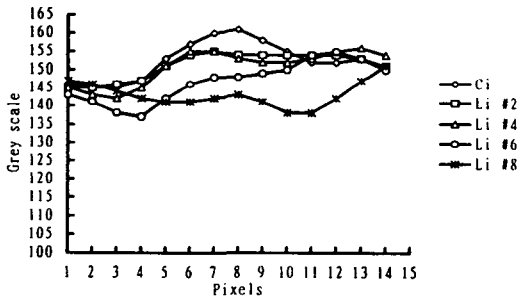


Fig. 9. Histograms of artificial lesions at interdental area(Li).

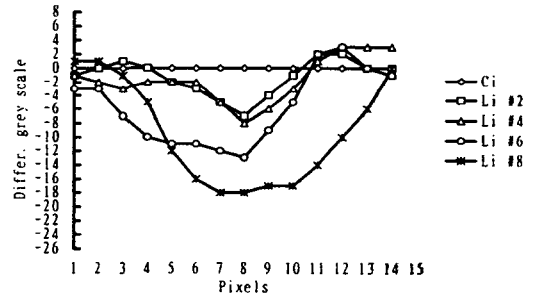


Fig. 10. Histograms of differences in grey scale of lesions at interdental area(Li).

병소를 인정할 수 없었다.

1.20mm크기의 병소에 비해 0.55mm이상 병소 크기의 차이를 갖는 1.75mm 병소는 뚜렷한 계조도의 차이를 보임으로써 병소로서 협설크기의 변화를 인정할 수 있었으며 그 픽셀의 수도 증가하여 근원심간의 크기변화도 인정할 수 있었다.

그러나 1.75mm와 2.00mm 크기의 병소간 즉 0.25mm 크기의 변화에서는 협설로의 크기변화는 인정되나 근원심간의 크기변화는 인정하기 어려웠다(Table 3, Fig. 9, 10).

방사선사진상의 육안적 판독에 있어서 1.75mm크기의 병소는 겨우 인지할 수 있었고 병소를 2.00mm 크기로 형성시에는 확실하게 병소를 인정할 수 있었다. 그러나 그 크기의 변화를 정량적으로 인정할 수 없었다(Fig. 3).

종합적으로 계조도 변화를 나타낸 픽셀의 수의 변화는 근원심간의 크기의 변화를 나타내며, 계조도 변화의 값이 커지는 것은 협설간의 크기의 변화를 나타내었다. 이러한 히스토그램분석으로 근원심간 크기의 변화는 0.55mm이상 크기

의 변화가 있어야 인정할 수 있었고, 협설적으로는 0.25mm의 크기변화를 인정할 수 있었다(Fig. 8, 10).

4) 인공병소에 대한 색상강화 및 공제처리 분석
디지털화되어 있는 계조도를 이용하여 인공병소를 포함한 관심영역을 사각형으로 선정하고 그 내부에서 병소의 계조도를 차례로 색상강화하고 사각형내 병소이외로 강화된 지역을 공제처리하여 얻어진 영상을 분석하였다. Fig. 11-a의 사각형 내의 하부 병소는 좌표상 병소부와 일부 동일한 계조를 나타내는 병소이외 지역의 픽셀을 공제하지 않은 상(arrow)이지만 병소의 좌표위치에서 1.20mm의 병소를 뚜렷이 보여주고 있다. 1.75 및 2.00mm병소에서 Fig. 11-b,c와 같이 병소의 윤곽을 선명히 보여 주고 있다. 또한 병소가 커질수록 색상강화 및 공제처리 상이 그 근원심간 크기의 변화를 충분히 인정될 수 있을만큼 시각화되었다. 그러나 협설간의 병소 크기 변화에 대하여는 전혀 정보를 주지 못했다.

IV. 총괄 및 고안

방사선 디지털 공제술이 임상적으로 치주질환^{10,23)}, 치아우식증^{9,21,25)}, 임플란트⁶⁾, 악관절의 골변화⁸⁾ 그리고 과두의 위치변화^{18,19)}, 또한 골의 정량분석^{16,28,30,32)} 등에 이용되고 있는데 이는 일반 방사선사진으로는 판독이 불가능한 미세한 골의 변화를 질적, 양적으로 평가할 수 있는 방법의 하나로서 이 술식이 개선, 발전되고 있다. 현재의 방사선 디지털 공제술은 복잡한 과정을 거치게 됨으로 본 실험에서는 영상분석장치를 이용한 등고선, 히스토그램 그리고 색상강화와 공제를 통해 보다 간편하게 크기에 따른 치근단부와 해면골내 병소의 평가를 시도하였다.

근관치료를 시행한 5증례의 술전, 술후 2개월과 6개월에 각각 표준화 되지 않고 촬영된 방사선사진을 영상분석장치에 입력하여 등고선에 의한 분석을 시행한 바, 방사선사진에서는 육안적으로 치근단부의 방사선투과성 병소의 크기가 조금씩 감소된 것을 인정할정도였는데 등고선 영상에서는 병소크기의 감소가 너무 크게 인정

되었으며 더욱이 등고선은 병소들의 윤곽을 나타내지 못한 경우가 더 많아 이의 신빙성이 적었다. 이같은 결과는 이 영상분석장치가 16계조도 단계까지만 각기 다른 등고선으로 표현이 가능하기 때문이라고 사료된다. 그러나 계조도 구분능력이 더 세밀하게 향상된다면 등고선에 의해 아주 간편한 분석이 가능해지리라 생각되어지며 그 응용도도 클것으로 예상된다.

한편 미세한 골변화의 정량적 비교판독을 위하여는 촬영상의 표준화와 얻어진 영상의 대조도의 표준화도 필요하다. 이에 따라 방사선 디지털 공제술을 위한 대조도 보정방법이 발전되어 왔다^{7,22,28)}. Ruttimann 등²⁸⁾은 대조도의 보정방법으로 히스토그램 수정방법을 사용하였다. 이 방법은 공제된 두 상의 히스토그램을 동등하게 하는 것으로서 히스토그램은 단지 회색도 차이 분포를 나타내며 회색도 차이의 공간 분포를 포함하지는 않는다. 회색도 차이의 공간분포는 공간적으로 대응하는 픽셀들내의 회색도차이의 비교에 의해 얻어진다. 미세화도측정기를 사용하여 대조도를 보정한 디지털 공제술은 방사선학적 변화를 검사하는데 유용하며 Ohki 등²²⁾과 Ortman 등²⁴⁾은 미세화도측정기의 정량적인 치주치료 평가의 가능성을 시사하였다. 또한 Ohki 등²²⁾은 두 영상간의 계조도 관계로 부터 얻어진 함수를 이용하는 방법을 제시하였다. 본 실험에서는 병소를 형성시킨 후 각 4매씩의 방사선사진과 기준 방사선사진간에 디지털화 된 계조도를 이용하여 보정된 영상을 재구성하였다. 대조도보정을 한 뒤 15개의 각 픽셀에서 기준영상 계조도와 각 병소의 보정 평균 계조도간의 차이의 평균값은 1로서 전반적으로 동일한 분포의 계조도를 갖는 영상을 얻었다고 생각되며, 부분적인 변화량을 고려해도 계조도 3단계 이상의 변화는 의미가 있다고 사료되어 이를 분석에 적용하였다.

일반 방사선사진에서 골병소를 판독하기 위하여서는 병소에 의하여 피질골이 침범되어야 하며^{4,5,29)}, 병소의 크기는 치근단부에서는 직경이 2mm 이상이고 해면골에서는 직경이 5mm 이상되고 주위에 치밀화골이 있어야 한다¹⁾. 본 실험의 히스토그램분석에서는 근원심간 크기의 변화

는 0.55mm이상 크기의 변화가 있어야 인정할 수 있었고, 협설적으로는 0.25mm크기의 변화를 인정할 수 있었다. 이같은 결과는 본 실험방법이 해면골 및 치근단 병소의 판독에 보다 나은 방법임을 제시하였다고 하겠다. 근원, 협설간의 판독 결과의차이는 bur에 의해 형성된 병소이므로 깊이라는 완전한 깊이가 촬영되지만 근원심간으로는 난형 병소의 외형이 정상 골조직의 상과 겹쳐지기 때문이며, 1.75와 2.00mm 병소 형성시는 편측변연부의 계조도가 각각 증가한 것으로 보아 병소형성시 미세한 골조직들이 인접 해면골의 골소주강으로 밀려들어가 다소의 오차가 발생할 수 있다고 생각된다. 한편 치근단부 병소의 예에서는 곡선의 만곡이 근심 혹은 원심으로 치우쳐 있어 병소형성시 bur가 한쪽으로 치우쳐져 병소가 형성된 것으로 생각되어져 히스토그램의 위치적 관계 표현능력에 신빙성을 더해주고 있다고 판단된다. 따라서 히스토그램분석에서 계조도변화를 나타낸 픽셀의 수의 변화는 근원심간의 크기의 변화를 나타내며, 계조도변화의 값이 커지는 것은 협설간의 크기의 변화를 나타내는 것으로 볼 수 있다. 그러나 치간부 병소에서 그 크기의 차이가 0.35mm인 0.85 와 1.20mm크기의 병소간에서 서로 협설간으로 그 크기의 변화를 인정할 수 없었으며 근원심으로는 계조도 2단계 정도의 차이를 보이는 픽셀수의 증가를 보인 예도 있었다. 물론 방사선사진의 육안적 판독에서는 병소를 인정할 수 없었으나 히스토그램 분석에서는 각각 3 픽셀에서 뚜렷한 계조도 변화를 보여 병소로서는 인정할 수 있었다. 이러한 결과는 병소형성 과정에서 발생한 오차로 생각된다.

또한 본실험에서는 인공병소에 대한 시각화를 위해 디지털화 되어 있는 계조도를 이용하여 색상강화법과 공제처리를 동시에 적용함으로써 관심영역의 일정지역을 선정하고 그 내부에서 병소의 계조도를 차례로 색상강화하되 병소이외 영역을 그때마다 공제처리한 영상을 얻고자 시도하였다. 그 결과는 병소가 커짐에 따라 색상강화 및 공제처리 영상에서 병소의 크기의 변화를 충분히 인정할 수 있을 만큼 시각화 된 영상을 얻었다. 반면 이러한 작업은 모든 병소의 계조도를 전부 일일이 적용하고 관심영역내에서의 공

제작업도 좌표를 고려하여 다소 임의적일 수 있어 상당한 시간이 소요되었다. 그러나 이것이 컴퓨터의 프로그래밍에 삽입된다면 병소의 진행양상에 따른 단계적 시각화가 가능할 것으로 생각됨으로 향후 지속적인 연구로 이를 임상화 시킬 필요가 있다고 사료된다.

V. 결 론

임상증례 5례의 방사선사진 15매와 건조하악골의 치근단부와 치간부의 해면골 내에 일련의 크기로 인공병소들을 형성한 뒤 표준화된 촬영장치를 이용하여 방사선사진 30매를 얻었으며, 이들의 상을 영상분석장치에 입력하고 그 장치를 이용하여 고안된 대조도보정 방법으로 보정하였다. 이들 인공병소의 크기와 깊이의 변화에 따라 등고선, 히스토그램, 그리고 대조도 색상강화와 공제를 이용한 분석등 세가지 방법을 이용하여 영상분석을 시행하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 등고선에 의한 분석은 계조도 16단계의 구분능 때문에 신빙성이 없었다.
2. 해면골에 대한 각 방사선사진간의 대조도보정 결과 15 픽셀에서 평균 계조도 1단계의 차이를 보였다.
3. 해면골내 인공병소의 히스토그램분석에서, 계조도 변화를 나타낸 픽셀 수의 변화는 근원심간의 크기변화를 나타내어 근원심간 0.55mm 크기의 변화가 인정되었다.
4. 해면골내 인공병소의 히스토그램분석에서, 계조도값의 변화는 협설간의 크기의 변화를 나타내어 협설간 0.25mm 크기의 변화가 인정되었다.
5. 대조도 색상강화와 공제에 의해 인공병소만을 시각화할 수 있었고 그 근원심간 크기 변화에 대한 판독이 가능하였다. 그러나 협설간 크기의 변화는 나타내지 못하였다.

이들 결과로 디지털 공제 촬영술을 이용하여 표준화된 촬영술을 시행한다면 각 영상의 흑화도차이는 대조도보정에 의해 표준화가 가능해지

고 근단부병소의 조기발견 및 병소의 진행양상에 대한 판독이 간단하게 이루어질 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. 김재덕, 김영진: 실험적 치조백선 병소부에 관한 방사선학적 연구, 구강생물학연구 12:89-101, 1988.
2. 김현, 정현대: 모의 인접면 치아우식병소의 진단을 위한 구내 표준방사선사진과 그 디지털 영상의 비교, 대한구강악안면방사선학회지 24:279-289, 1994.
3. 조봉혜, 나경수: 규격화된 구내 표준 방사선사진의 계수 공제방사선학적 평가, 대한구강악안면방사선학회지 23:125-136, 1993.
4. Bender, I.B. and Seltzer, S.: Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I, J.A.D.A., 62:152-160, 1961.
5. Bender, I.B. and Seltzer, S.: Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: II, J.A.D.A., 62:708-716, 1961.
6. Brägger, U.: Digital subtraction radiography for the assessment of changes in periimplant bone density, J. Oral Maxillofac. Implants., 6:160, 1991.
7. Duckworth, J.E. and Judy, P.F.: A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs, J. Periodontol., 54:435-440, 1982.
8. Engelke, W., Ruttimann, U.E., Tsuchimochi, M., and Bacher, J.D.: An experimental study of new diagnostic methods for the examination of osseous lesions in the temporomandibular joint, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 73:348-349, 1992.
9. Gröndahl, H-G., Gröndahl, H-G., and Webber, R.L.: Statistical contrast enhancement of subtraction images for radiographic caries diagnosis, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 53:219, 1982.
10. Gröndahl, H-G. and Gröndahl, K.: Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions, Oral Surg., 55:208-213, 1983.
11. Gröndahl, K., Gröndahl, H-G., and Webber, R.L.: A digital subtraction technique for dental radiography, Oral Surg., 55:96-102, 1983.
12. Gröndahl, K. and Gröndahl, H-G.: Examiner agreement in estimating changes in periodontal bone from conventional and subtraction radiographs, J. Clin. Periodontol., 14:74-79, 1987.
13. Hutchinson, A.C.W. : Dental and oral X-ray diagnosis, Edinburgh, E. and S. Livingstone Ltd., pp. 94-95, 1954.
14. Janssen, P.T.M. and Van Aken, J.: Problems around the in vitro and in vivo application of quantitative digital subtraction radiography, J. Clin. Periodontol., 16:323-329, 1992.
15. Jeffcoat, M.K., Reddy, M.S., Webber, R.L., Williams, R.C., and Ruttimann, U.E.: Extraoral control of geometry for digital subtraction radiography, J. Periodont. Res., 22:396-402, 1987.
16. Jeffcoat, M.K. : Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss, J. Periodont. Res., 63:367-372, 1992.
17. Kalse, M.J. and Klein, A.J. : Television radiographic evaluation of periapical osseous radiolucencies, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 41:789, 1976.
18. Ludlow, J.B., Soltmann, R., Tyndal, D., and Gray, J.J.: Accuracy of quantification of mandibular condyle displacement in digitally subtracted linear tomography, Dentomaxillofac. Radiol., 21:81-89, 1992.
19. Ludlow, J.B., Soltmann, R., Tyndal, D., and Gray, J.J.: Digital subtracted linear tomograms: Three techniques or measuring condylar displacement, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 72:614-620, 1991.
20. Manson-Hing, L.R.: Kilovolt peak and the visibility of lamina dura breaks, Oral Surg., 31:268-273, 1971.
21. Nummikoski, P.V. and Martinez, S.R.: Digital subtraction radiography in artificial recurrent caries detection, Dentomaxillofac. Radiol., 21:59-64, 1992.
22. Ohki, M., Okano, T., and Yamada, N.: A contrast-correction method for digital subtraction radiography, J. Periodont. Res., 23:277-280, 1988.
23. 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. Oral Med. Oral Pathol., 69:258-262, 1990.
24. Ortman, L.F., Dunford, R., and McHenry, K.: Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs. A comparison study with ¹²⁵I absorptiometry, J. Periodont. Res., 20:644-651, 1985.

25. Pitts, N.B. and Renson, C.E.: Imaging analysis of bitewing radiographs; A histologically validated comparison with visual assessments of radiolucency depth in enamel, *Br. Dent. J.*, 160:205, 1986.
26. Ramadan, A.E. and Mitchell, D.F.: A roentgenographic study of experimental bone destruction, *Oral Surg.*, 15:934-943, 1962.
27. Regan, J.E. and Mitchell, D.F.: Evaluation of periapical radiolucencies found in cadavers, *J.A. D.A.*, 66:529-533, 1963.
28. Ruttimann, U.E. and Webber, R.L.: Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography, *J. Periodont. Res.*, 22:215-216, 1987.
29. Schwartz, S.F. and Foster, J.D.: Roentegenographic interpretation of experimentally produced bony lesions, Part I, *Oral Surg.*, 32:606-612, 1971.
30. Walker, A., Horner, K., Czajka, J., Shearer, A.C., Wilson, N.H.F.: Quantitative assessment of new dental imaging system, *British J. Radiography.*, 64:529-536, 1991
31. Webber, R.L., Ruttimann, U.E., and Gröndahl, H-G.: X-ray image subtraction as a bias for assessment of periodontal changes, *J. Periodont. Res.*, 17:509-511, 1982.
32. Webber, R.L., Ruttimann, U.E., and Heaven, T.J.: Calibration errors in digital subtraction radiography, *J. Periodont. Res.*, 25:268-275, 1990.
33. Wengraf, A.: Radiologically occult bone cavities: An experimental study and review, *Br. Dent. J.*, 117:532-536, 1964.

-ABSTRACT-

A QUANTITATIVE STUDY OF BONE DENSITY ON RADIOGRAM BY USING IMAGE ANALYZER

Won-Jae Choi, Jae-Duk Kim

Dept. of Oral & Maxillofacial Radiology College of Dentistry, Chosun University.

This study was performed to develop and evaluate the method to detect quantitatively the serial changes in the size of artificial lesion in the spongy bone by automatic color image analyzer. 15 intraoral radiograms taken before and after endodontic treatment of 5 cases were used for contour line analysis. 30 intraoral radiograms taken by geometrically standardized apparatus before and after serially the formation of artificial lesions of 0.80, 1.20, 1.75, 2.00mm in diameter at the periapical area and interdental area of spongy bone were used. The analysis of image according to the variance of lesion size by 0.25, 0.35, 0.55, and 0.85mm serially was performed by the histogram and the color enhancement with subtraction. The images inputted by CCD camera were digitized and analyzed by NEXUS QUBE program with NEC PC-9801 computer.

The obtained results were as follows:

1. There was no reliability in the analysis of lesions by contour line
2. The mean difference of the grey scale at each pixel was 1 step between reference image and the corrected images.
3. In the analysis by histogram of the artificial lesion in spongy bone, the change over 0.55mm in the mesiodistal size was detectable by the change of the numbers of pixel showing the change in grey scale.
4. In the analysis by histogram of the artificial lesion in spongy bone, the change over 0.25mm in the buccolingual size was detectable by the change in grey scale.
5. By color enhancement with subtraction, each lesion was able to be isolated and the change in its mesiodistal size was detectable visually, but not in its buccolingual size.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1.** Artificial lesions of dry mandible and wire attached by resin.
- Fig. 2.** Geometric standardization in taking radiogram.
- Fig. 3.** Serial radiograms of artificial lesion.
- Fig. 4.** Reference line on inputted image.
- Fig. 5.** Analysis by contour line
(a: before tx, b: 2 months later after tx, c: 6 months later).
- Fig. 6.** Histograms of corrected images and reference image.
- Fig. 7.** Histograms of artificial lesions at periapical area(Lp).
- Fig. 8.** Histograms of difference in grey scale of lesions at periapical area(Lp).
- Fig. 9.** Histograms of artificial lesions at interdental area(Li).
- Fig. 10.** Histograms of difference in grey scale of lesions at interdental area(Li).
- Fig. 11.** Analysis by color enhancement with subtraction
(a: 1.20mm b: 1.75mm c: 2.00mm).

논문사진부도

