

시간경과에 따른 골변화의 영상 분석에 관한 연구

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실

김 영 진 · 김 재 덕

목 차

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

I. 서 론

방사선사진에서 골변화를 관찰하기 위해서는 골변화가 시작된 후 7 내지 10일이 경과하여야 한다¹⁾. 실험적으로 Bender등^{2,3)}, Ramadan등⁴⁾과 그의 학자들^{5,6,7)}은 골내의 병변이 있는 경우, 피질골의 흡수 또는 천공이 없는 한 일반 방사선사진에서 판독이 될 수 없다고 보고하고 있다. 즉 해면골에 국한된 파괴는 방사선사진상에서 판독 가능한 방사선투과상을 나타내지 않고 방사선사진상에서 병변이 확인되기 위해서는 30 - 50 %의 골이 상실되어야 나타난다고 하였다. 따라서 병변이 실제 존재한다해도 사진상에서 확인되는 경우는 어느정도에 불과하다. 이와는 반대로 Shoha등⁸⁾, Lee과 Messer⁹⁾는 해면골에 국한된 병소가 있어도 방사선학적으로 확인이 가능하다고 보고하고 있다. 이같이 방사선사진에 의한 골변화의 판독능력에 대해서는 과거부터 연구자간

에 의견이 엇갈리어 왔다. 이는 방사선사진에서 관찰자에 의한 육안적평가¹⁰⁾, 즉 병변이 치유되고 있는가 진행되고 있는가에 대한 판정이 정성적이며 주관적이었기 때문으로 생각된다.

관찰자에 의한 판정의 오류를 제거하기 위해 텔레비전 방사선평가¹¹⁾, 마이크로토크시토크메타¹²⁾에 의한 방사선사진의 농도 측정을 행하여 그 판독을 정량화하는 시도가 있었다. 그 평가는 방사선사진 촬영시 각종 스텝웨지를 함께 촬영한 뒤 흑화도의 변화 정도를 알루미늄 두께로 변환함에 의해 가능했다. 그러나 일반적으로 행해지고 있는 마이크로토크시토크메타에 의한 방사선사진 농도측정에서는 얻어진 정보가 점 또는 선으로서의 정보였으며 측정부위가 한정되어 화면으로서의 정보를 다루기 위해서는 기술적인 한계가 있었다.

최근 디지털 시스템을 이용하여 치의학 분야에서 방사선사진 판독에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 방사선사진의 디지털화를 응용한 연구는 배경잡상이나 진단상 불필요한 해부학적구조물을 제거하고 치조골변화만을 화상에서 강조 또는 추출처리하여 얻은 공제영상을 비디오 모니터상에 나타내는 디지털공제술이라하는 컴퓨터 화상해석이 Webber등¹³⁾과 Grondahl등¹⁴⁾에 의해 치조골의 미세변화를 평가하기 위해 치과방사선사진법에 도입되었다. Grondahl등^{15,16)}, Okano등¹⁷⁾그의 여러 학자들^{18,19,20,21)}의 그 이후 연구대상은 공제술에 의한 치조골의 미세변화 검출, 치주치료, 치아우식의 평가^{22,23,24)}에

II. 연구 재료 및 방법

맞추어져 실험 및 임상응용이 진행되어 왔다. 한편 Webber등²⁵⁾과 Janssen등²⁶⁾은 디지털 방사선 사진의 평가에 있어서 오류와 문제점등에 대해 보고한 이래, Wenzel등²⁷⁾은 화상잡음의 원인, Ohki등²⁸⁾은 대조도 보정 방법, 그리고 Duckworth등²⁹⁾은 규격화방법에 대해 보고하여 많은 보완이 있어져 왔다. 그러나, 평가에 있어서는 방사선사진 촬영시 알루미늄 웨지를 이용하여 함께 촬영한 뒤 흑화도의 변화 정도와 알루미늄 두께변화에의 신뢰도를 확인하는데 그쳐 일반 방사선사진의 판독과 마찬가지로 관찰자의 육안에 의해 정성적으로 평가하는데 불과했다.

이에 대하여 공제상을 정량적으로 평가하려는 시도가 Ruttimann등³⁰⁾, Walker등³¹⁾, 조등³²⁾과 조등³³⁾에 의해 연구되었다. 이들의 정량법은 피사체의 방사선촬영시에 참조체를 동시에 촬영하여 피사체에 있어서의 계조도를 참조체와 등가의 두께로 변환하는 방법이 이용되었다. 김과 최³⁴⁾도 최근 참조체로서 알루미늄스텝웨지를 이용하고 건조하악골을 피사체로서 실험을 행하되 그 방사선사진상을 CCD camera를 사용하여 입력한 뒤 디지털화를 이용하여 골변화에 대해 계조도의 parallel plot을 작성하여 정량적 분석을 보고한 바 있다. 이 역시 과거 방사선사진에 대해 마이크로토크시도메타에 의한 농도측정을 간편화 시킨 결과이나 점 또는 선상의 평가에 국한되었으며 개개 화상의 계조도의 parallel plot을 재작성하는 복잡함이 있었다.

본 연구에서는 구내방사선촬영법에 적용이 용이한 구리스텐웨지를 참조체로하고 구리당량화된 화상을 이용하여 임상적으로 환자의 골결손부에 매식제를 매식한 후 구리당량화상을 얻어 컴퓨터를 이용해 관심영역의 구리당량치 측정에 의한 평가법과 부위별 시간경과에 따른 연속화상의 재형성법을 개발, 적용하여 그 재형성과 유용성을 검증함으로써, 임상적으로 보다 간편히 시간경과에 따른 골 및 매식제의 변화에 대해 정량화 및 정성화가 가능한가를 검증하여 이를 보고하는 바이다.

1) 실험재료

기초실험으로서 구리당량화상의 정확도를 검증하기 위해 하이드록시아파타이트 5 단계의 골판통을 제작하고 이 시료를 구리스텐웨지와 함께 규격촬영하였다. 또한 구리당량화상의 재형성검사에는 6 단계의 동판을 시료로 하여 동일 조건하에서 10회 규격촬영을 행한 방사선사진을 이용하였다.

임상적평가로서는 발치환자 3명의 구치부 발치외에 하이드록시아파타이트와 석고(2:1)매식체를 매식하여 시간경과에 따른 규격촬영을 시행하였다. 촬영은 시술전, 시술직후, 1주, 2주, 4주, 6주후에 시행하여 각 6매씩 총 18매의 규격화 방사선사진을 사용하였다.

2) 방사선촬영 및 화면처리

규격촬영을 위해 Rinn XCP 장치에 아크릴릭 레진으로 교합상을 제작하여 부착하고 두 개의 금속편을 매식하여 기준점으로 하였다(Fig. 1).

시료촬영을 위하여는 동일위치, 동일각도로 촬영하기 위해 Rinn XCP 평행장치를 이용하되 아크릴릭 레진을 이용하여 건조하악골 고정대를 포함한 고정촬영장치를 제작하였다. 방사선사진은 감광도 E군의 치근단용 방사선필름(Kodak Co., U.S.A.)을, 구내방사선촬영장치(Siemens Co., Germany)로 60kVp, 10mA, 0.32초 조건에서 촬영하였고, 이들의 현상은 자동현상기(DÜRR Dental, Germany)를 이용하였다.

영상분석에 사용된 컴퓨터는 퍼스날매킨토시였다. 컴퓨터에 연결된 2800dpi의 Quick Scanner(Minolta, Japan)를 이용하여 규격화 촬영된 방사선사진상의 기준점이 동일하게 위치되도록 마운팅되었음을 확인하여 입력하였고, 입력된 영상은 640x480 픽셀의 공간 해상도와 256 계조도를 지원하도록 디지털화 되었고, 영상분석에는 NIH image프로그램이 이용되었다.

3) 기초실험분석

골판톰과 구리스텐웨지를 이용해 촬영된 방사선사진의 디지털화한 사진상에서 측정된 구리각 스텐 해당부위의 계조도와 구리두께간의 변환식을 작성하였다. 이어 골판톰의 실제 하이드록시아파타이트 무게와 구리당량화상에서 얻은 구리당량치와의 상관관계도 구하였다.

구리당량화상은 변환식에 의해 연산처리하여 작성하고, 구리당량화상의 재현성은 촬영된 사진을 디지털화한 화상에서 6단계의 각 구리두께에 대한 계조도를 10회 반복 측정하고 디지털화에 의한 각 구리 두께에 따른 계조도의 평균치와 표준편차 및 변이계수를 각각 구하였다.

한 임상증례에서 6 단계의 시간경과에 따라 규격촬영된 사진의 입력된 화상에서 두 기준점으로 부터 관심영역까지의 거리를 컴퓨터의 연산에 의해 측정하고 규격화촬영에 대하여 그 변동을 검토하였다.

4) 임상분석

1. 관심영역의 구리당량치에 의한 평가

관심영역 평가에서 먼저 각 증례의 시간경과에 따른 모든 구리당량화상에 대하여 대조영역(control) 1부위(Fig. 2)와 관심영역(ROI; Region of Interest) 4부위를 설정하되, 제 1대구치 근단부(ROI 2), 매식체 전체(ROI 3), 매식체의 우측 일부(ROI 4), 제2소구치 근단부(ROI 5)로 하였다. 설정은 모든 디지털화상을 중첩시켜 설정영역을 컴퓨터에 기억시킴으로써 시간경과에 따른 화상에서 동일부위(Fig. 3)를 평가할 수 있게 하되 각 사진의 오차를 고려하여 치근 또는 특정기준위치의 윤곽에 일치되도록 보정시켜 영역의 설정위치가 시간의 경과에 따라 항상 동일부위에 동일면적이 되도록 하였다. 또한 동일한 전체 계조도 조건에서 비교하기 위해, 각 시간경과에 따른 화상에서 대조영역의 계조도를 비교하여 연산처리를 통해 계조도보정을 시행하되, 대조영역부위의 계조도가 동일하도록 보정하여 관심영역의 구리당량치를 측정하였다. 각 대조영역

과 관심영역의 평균구리당량치의 평균치, 표준편차, 변이계수를 구하여, 규격촬영으로 부터 관심영역설정까지의 일련의 조작을 통한 재현성을 검토하였다. 이어 관심영역의 시간경과에 따른 구리당량치의 변화도를 작성하였다.

2. 화상 재형성에 의한 시간경과의 연결입체화상 평가

디지털화된 상을 이용하여 모든 시간경과에 따른 화상을 중첩시킨 뒤 관심영역 중심부의 수평 또는 수직의 일정영역에 대하여 상을 재형성함으로써 관심영역의 시간경과에 따른 변화를 수평적으로 연결한 상(Fig. 4)을 얻고 이를 시각적으로 입체화 시켰다(Fig. 5). 이러한 평가에서는 관심영역을 장방향으로 결정하되 이어 구리당량치의 변화를 정량적으로 평가하고자 영역별로 parallel plot을 컴퓨터에 의해 작성시켜 구리당량치의 변화량을 비교하였다.

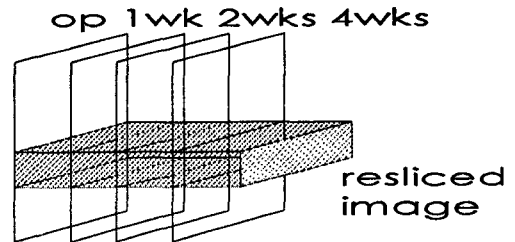


Fig 4. Contiguous image of longitudinal bone changes by reslice

III. 실험성적

1. 기초실험

ㄱ) 구리당량화상의 정확도

구리 당량치와 하이드록시아파타이트간에는 비례관계가 있었고, 양자간에는 높은 상관관계($r^2=0.997$)가 인정되었고, Y축은 HA양, X축은 구리당량치로 했을 때 회귀직선 $Y = -10.14 + 6.13X$ 였다(Fig. 6).

Table 1. The mean grey scales of each copper step wedge

Cu thickness (mm)	mean grey scale	coeff. of variation
0.00	251.454 ± 0.582	0.002
0.20	236.303 ± 1.046	0.004
0.40	184.136 ± 2.499	0.014
0.60	150.086 ± 2.708	0.018
0.80	136.068 ± 2.718	0.020
1.00	131.212 ± 2.550	0.019
1.20	130.252 ± 2.667	0.020

$$y=0.00000258 x^3 - 0.00045228 x^2 + 0.02567293 x - 0.10159626$$

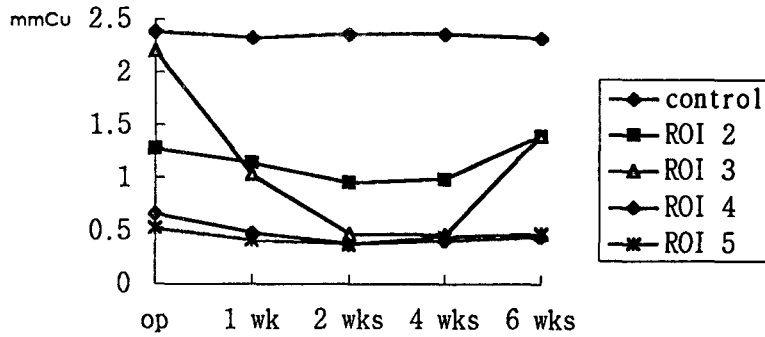
$$r^2 = 0.9482$$

Table 2. Longitudinal bone changes in mean Cu-Eq. value(mmCu) at each ROI (coefficient of variation)

area \ time	After op.	1 week	2 weeks	4 weeks	6 weeks
Control area 1	2.38 ± 0.67 (0.28) NS	2.32 ± 0.62 (0.27) NS	2.36 ± 0.68 (0.29) NS	2.36 ± 0.60 (0.25) NS	2.32 ± 0.43 (0.19)
ROI 2 (molar apex)	1.27 ± 0.30 (0.24)	1.14 ± 0.27 (0.24)	0.95 ± 0.22 (0.23)	0.98 ± 0.21 (0.26)	1.39 ± 0.35 (0.25)
ROI 3 (total implant)	2.20 ± 0.41 (0.19)	1.03 ± 0.19 (0.18)	0.47 ± 0.08 (0.17)	0.46 ± 0.08 (0.17)	0.53 ± 0.10 (0.19)
ROI 4 (Rt.part implant)	0.66 ± 0.12 (0.18)	0.48 ± 0.08 (0.16)	0.37 ± 0.02 (0.05)	0.40 ± 0.06 (0.15)	0.44 ± 0.08 (0.18)
ROI 5 (premolar apex)	0.53 ± 0.11 (0.21)	0.41 ± 0.05 (0.12)	0.37 ± 0.02 (0.05)	0.44 ± 0.06 (0.14)	0.47 ± 0.06 (0.13)

**		**		NS		**		*
**		**		NS		**		
**		**		NS		NS		*
**		*		*		NS		**
NS								

** p<0.01 NS; no significant
* p<0.05



Control : normal bone area
 ROI 3 : total area of implant material(HA+plaster)
 ROI 4 : right part of implant material(HA+plaster)
 ROI 2, 5 : periapical areas of bone near implant material

Fig 7. Longitudinal bone changes at each ROI

ㄴ) 디지털 화상의 재현성과 구리당량화상화

디지털화상의 구리당량화상으로 전환을 위한 전환식이 작성되었다. 구리스텐벡지의 각 단계 마다의 계조도측정의 변이계수는 0.002 에서 0.020으로 평균 0.014이었다(Table 1).

ㄷ) 방사선규격촬영

각부위에 대한 기준점까지의 거리측정에 관한 변이계수는 각각 0.12, 0.11, 0.12로 평균 0.12이었다.

2. 관심영역의 구리당량치에 의한 평가

각 관심영역에서의 평균 구리당량치의 평균치, 표준편차 및 설정조작에 관한 변이계수가 Table 2에 나타나있다.

대조영역 1의 변이계수가 0.19에서 0.29까지로 평균 0.25였다. 관심영역 3, 4에 관해서는 변이계수가 각각 0.17 에서 0.19, 0.05 에서 0.19까지 나타나 평균 0.18 및 0.14 이었고, 관심영역 2, 5의 측정에서는 각각 0.23 에서 0.26, 0.05에서 0.21까지 나타나 평균 0.24 및 0.13으로서 총평균 0.19의 변이계수를 보였다.

시간경과에 따른 각부위의 골 및 매식체의 구리당량치의 변화에서는 관심영역전체와 대구치 근단부에서 시술후 2주와 4주사이의 변화만 제

외하고 모든 변화단계에서 유의한 차이(p<0.01)가 인정되었다. 부분적인 평가에서는 4주와 6주간에 유의한 수준의 변화를 보이지 않았으며 소구치근단부에서는 다소 유의한 변화가 4주까지 나타났고 4주와 6주간에는 유의한 차를 보이지 않았으며 2주와 6주간에는 유의한 변화를 나타내었다. 총체적으로 매식체부는 6주에 구리당량치의 유의한 증가변화를 나타내었고 치근단부에서는 6주소견은 시술직후의 골조직에 비해 다소 구리당량치가 높거나 유사한 소견을 보였다.

얻어진 구리당량치를 그래프로 재작성한 결과 그 변화 양상은 전체매식체부는 시술후 2주까지 흡수되었고 6주에 회복양상을 보였고, 골조직부도 시술후 흡수양상을 보이다가 6주째에 구리당량치가 약간 증가하였으나 부위에 따라 차이를 보였다(Fig. 7).

3) 화상 재형성에 의한 시간경과의 연결입체화상 평가

상재형성에 의한 연속입체화상에서 얻어진 결과는 관심영역 구리당량치 측정에 의한 결과와 유사한 결과를 나타내어 총체적으로 치근단부에서 6주소견을 시술직후의 골조직과 비교하면 다

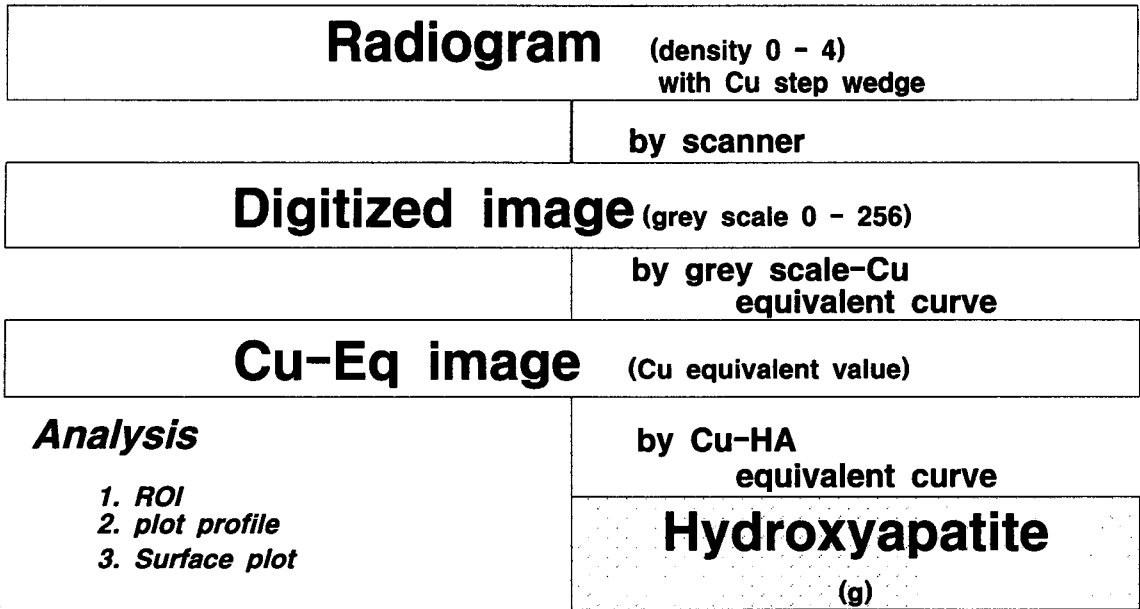


Fig. 12. Schematic illustration of digital radiographic system

소 구리당량치가 높거나 유사한 소견을 보였다 (Fig. 8, 9, 10-Rt.). 총체적으로 매식체부는 6주에 구리당량치의 유의한 증가변화를 나타내었다 (Fig. 10-Lt., 11).

화상 재형성에 의한 시간경과의 연결입체화상 평가에서는 시간경과에 따른 관심영역에 대한 구리당량치의 변화가 직접 plot profile로 연산되어 정확성을 갖고 측정되었으며, 목적하는 부위 어느 곳에서나 간편히 측정된 부위의 시간경과에 따른 골변화의 정량적평가가 가능하였다. surface plot에 의해 정성적평가도 가능했다.

IV. 총괄 및 고안

최근 디지털 시스템을 이용하여 치의학 분야에서 방사선사진 판독에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 방사선 디지털 공제술은 임상적으로 치주질환^{15,16,17,18,19,20,21)}, 치아우식증^{22,23,24)}, 그리고 과두의 위치변화³⁵⁾ 등의 연구에 주로 이용되어 일반 방사선사진으로는 판독이 불가능한 미세한 골의 변화를 강조, 추출하여 육안적으로 그 변화를 평가하였다. 그러나 이러한 방사선 디

지탈 공제술은 복잡한 과정을 거치게 되고, 그 평가에 있어서도 방사선사진 촬영시 알루미늄 웨지를 이용하여 함께 촬영한 뒤 흑화도의 변화 정도와 알루미늄 두께 변화에의 신뢰도를 확인하는데 그쳐 임상적으로 결국 골변화의 육안적 평가나 공제술에 의한 변화의 육안적 확인으로 상대적 평가만이 가능했다. 또한 골의 정량분석^{36,37)}등에도 이용되고 있는데 이는 정량적으로 점 또는 선상에서 참조체를 이용한 평가 방법으로서 그 불편함은 여전하여 술식은 계속 개선³⁸⁾, 연구되어 왔다.

본 실험에서는 영상분석법으로서 관심영역의 측정에 의한 평가법과 부위별 시간경과에 따른 연속화상의 재형성법을 개발, 적용하여 그 재형성과 유용성을 검증함으로써, 임상적으로 보다 간편히 시간경과에 따른 골 및 매식체의 변화에 대해 정량화 및 정성화가 가능한가를 검증하였다.

한편 컴퓨터를 이용한 디지털 시스템을 이용하면 방사선사진상에서의 각 부위에 대한 계조도를 직접 얻어낼 수 있으므로 이를 이용하면 구리당량화상이 작성되고 그로부터 화상의 각 화

소의 또는 관심영역의 구리당량치를 직접 계산해 낼 수 있다고 사료되었다.

즉 Fig. 12에서 보는 바와 같이 구리 스텐웨지를 이용하여 각 구리 스텐의 제조도의 변화에 따른 실측 구리 두께를 실험적으로 비교하여 제조도를 구리당량치(mmCu)로 변환시킬 수 있는 계산식을 작성하고 연산에 의해 컴퓨터에서 바로 디지털화상의 각 픽셀의 제조치를 모두 구리당량치화 할 수 있었다. 이렇게 작성된 구리당량화상에서 관심영역을 설정하여 그 영역내의 평균 구리당량치를 측정하였던 바, 그 변이계수는 관심영역 3, 4에서는 변이계수가 각각 0.17 에서 0.19, 0.05 에서 0.19까지 나타나 평균 0.18 및 0.14 이었고, 관심영역 2, 5의 측정에서는 각각 0.23 에서 0.26, 0.05에서 0.21까지 나타나 평균 0.24 및 0.13으로서 전체적으로 평균 0.19의 변이계수를 보여 높은 재현성을 나타내었다. 각 영역에서는 다소 유사한 변이계수를 보인 반면 각 영역간에는 다소 차이를 나타내었는데 이는 설정영역내의 골밀도 및 그 영역의 크기에 따라 차이를 나타낸 것으로 생각된다. 이어 구리당량치와 인체골의 주성분인 hydroxyapatite phantom의 변화량에 대한 관계식을 실험적으로 구한 결과 높은 상관관계를 갖고 비례관계가 있음이 나타나 이로써 일정한 디지털 시스템에 의한 일정영역의 골 변화량의 정량적 평가가 가능하고 간편히 골변화 평가방법으로써 사용이 가능하다고 사료되었다. 즉 디지털 시스템에 의해 구리당량화상에서 관심영역에 대한 구리당량치가 직접 계측됨으로써 선을 따라 농도 계측측정하는 등³⁹⁾과 같은 불편함이 없어 그 임상적 의의는 큰 것으로 사료되었다.

관심영역측정법에서는 시간경과에 따른 각부위의 골 및 매식체의 구리당량치의 변화가 전체 매식체부에서 술후 2주 와 4주사이의 변화만 제외하고 모든 변화단계에서 유의한 차이($p<0.01$)가 인정되었다. 부분적인 평가에서는 4주와 6주간에 유의한 수준의 변화를 보이지 않아 전체 매식체와의 차이를 보였는데 이는 매식체의 부위에 따른 밀도차에 의한 것으로 사료된다. 총체적으로 매식체부는 6주에 구리당량치의 유의한 증

가변화를 나타내었다. 대구치근단부에서는 술후 2주 와 4주사이의 변화만 제외하고 모든 변화단계에서 유의한 차이($p<0.01$)가 인정되었으나 소구치근단부에서는 다소 유의한 변화가 4주까지 나타났고 4주와 6주간에는 유의한 차를 보이지 않았으며 2주와 6주간에는 유의한 변화를 나타내었다. 따라서 각 부위에 따라 골변화는 차이를 나타낼 수 있다고 사료된다. 그러나 총체적으로 치근단부에서 6주소견을 시술직후의 골조직과 비교하면 다소 구리당량치가 높거나 유사한 소견을 보였다.

매식체의 시간경과에 따른 변화의 평가에 있어서 본 실험에서의 결과는 같은 매식체의 매식에 의한 조직병리학적 실험에서 매식 후 2주 소견에서 변연부에서 소량의 신생골주의 증식이 있었으며 매식체 주위에 직접 유합되는 결체조직의 피복 양상을 보고하고 있으며, 4주소견으로는 신생골주의 성장과 매식분말과의 유합소견이 관찰되고 수많은 매식분말들이 결손부에 산재하여 있었고 골주와 직접유합되는 소견을 보고하였다. 8주 소견으로는 결손부의 상당부가 기존골과 유합하는 성숙골로 채워졌다고 보고^{40,41)}된 결과와 유사하나 이미 본실험에서는 6주에 회복양상을 나타내었다.

화상 재형성에 의한 시간경과의 연결입체화상 평가에서는 관심영역측정법에 의한 결과와는 매식체부에서 다소 차이를 나타내었는데 화상재형성법에 의한 경우 장방향으로 만 영역설정이 가능하므로 전체외형을 모두 관심영역으로 설정할 수 있는 관심영역측정법과 차이를 나타낸 것으로 생각되며 이는 변이계수에서도 설정영역내의 골밀도 및 그 영역의 크기에 따라 차이를 나타낸 것과 같은 의미를 갖는다고 사료된다. 화상 재형성에 의한 평가에서는 시간경과에 따른 관심영역에 대한 구리당량치의 변화가 직접 plot profile로 연산되는 정확성을 갖고 측정되었으며, 목적하는 부위에 따라 어느 곳에서나 간편히 측정된 부위의 시간경과에 따른 골변화의 정량적 평가가 가능하였다. 또한 surface plot에 의해 정성적평가도 가능하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 구내방사선촬영법에 적용이 용이한 구리스텐웨지를 참조체로하고 실험적으로 구리당량화상을 얻어 재현성을 검토하고, 그리고 임상적으로 환자의 골결손부에 매식제를 매식한 후 구리당량화상을 얻어 컴퓨터를 이용해 관심영역의 측정에 의한 평가법과 부위별 시간경과에 따른 연속화상의 재형성법을 개발, 적용하여 그 정확도 및 재현성을 검증함으로써, 임상적으로 보다 간편히 시간경과에 따른 골 및 매식제의 변화에 대해 정성화 및 정량화가 가능한가를 검증하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 관심영역분석에 의한 방사선규격촬영으로부터 관심영역 설정까지의 조작에 관한 변이계수는 관심영역 3, 4에서 각각 평균 0.18 및 0.14, 관심영역 2, 5에서 각각 0.24, 0.13으로서 충분한 재현성이 있었다.
2. 상재형성에 의한 분석에서 얻어진 모든 결과는 관심영역분석에 의해 얻어진 결과와 일치하였다.
3. 상재형성에 의한 연속입체화상에서 부위에 따라 간편히 시간경과에 따른 골변화의 정량 및 정성적 평가가 가능하였다.
4. 매식제부는 유의성 있게 시술후 2주까지 구리당량치가 감소되었고 6주에 증가양상을 보였고($p < 0.01$), 골조직부는 시술직후에 비해 6주에 구리당량치가 약간 증가하였다.

REFERENCES

1. Hutchinson, A.C.W.: Dental and oral X-ray diagnosis. Edinburgh, E. and S. Livingstone Ltd., pp. 94~95, 1954.
2. Bender, I.B. and Seltzer, S.: Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. J.A.D.A. 62,152~160, 1961.
3. Bender, I.B. and Seltzer, S.: Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: II. J.A.D.A. 62,708~716, 1961.
4. Ramadan, A.E. and Mitchell, D.F.: A roentgenographic study of experimental bone destruction. Oral Surg. 15,934~943, 1962.
5. Regan, J.E. and Mitchell, D.F.: Evaluation of periapical radiolucencies found in cadavers. J.A.D.A. 66,529~533, 1963.
6. Schwartz, S.F. and Foster, J.D.: Roentgenographic interpretation of experimentally produced bony lesions, Part I. Oral Surg. 32,606~612, 1971.
7. Wengraf, A.: Radiologically occult bone cavities: An experimental study and review. Br. Dent. J. 117,532~536, 1964.
8. Shoha, R.R., Dowson, J. and Richards, A.G.: Radiographic interpretation of experimentally produced bony lesions. Oral Surg. 38,294~303, 1974.
9. Lee, S.J. and Messer, H.H.: Radiographic appearance of artificially prepared periapical lesions confined to cancellous bone. Int. Endod. J. 19,64~72, 1986.
10. Jeffcoat, M.K.: Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss. J. Periodont. Res. 63,367~372, 1992.
11. Kalse, M.J. and Klein, A.J.: Television radiographic evaluation of periapical osseous radiolucencies. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 41,789, 1976.
12. Nagamine, N., Tani, K., Hara, Y., Akamine, A., Maeda, K., Kauda, H., Furukawa, T., Hashiguchi, I., Cheng, Y.J., Toyofuku, F., and Aono, M.: Radiographic Quantitative Analysis of Bone Repair on Chronic Apical Periodontitis. 日本齒科保存學雜誌 28,232~242, 1986.
13. 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.
14. Gröndahl, K., Gröndahl, H-G., and Webber, R.L.: A digital subtraction technique for dental radiography. Oral Surg. 55,96~102, 1983.
15. Gröndahl, H-G. and Gröndahl, K.: Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. Oral Surg. 55,208~213, 1983.
16. 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.
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. Oral Med. Oral

- Pathol. 69,258~262, 1990.
18. Bragger D., Pasquali L., Rylander H., Carnes D. and Kornman K.S.:Computer assisted densitometric image analysis in periodontal radiography. J. Clin. Periodontol. 15,27~37, 1988.
 19. Bragger, U.:Digital subtraction radiography for the assessment of changes in peri-implant bone density. J. Oral Maxillofac. Implants. 6,160, 1991.
 20. Janssen P.T.M., van Palenstein, Helderma W.H. and van Aken J.:The detection of in vitro produced periodontal bone lesion by conventional radiography and photographic subtraction radiography using observers and quantitative digital subtraction radiography. J. Clin. Periodontol. 16,335~341, 1989.
 21. Wenzel A., Warrar K. and Karring T.: Digital subtraction radiography in assessing bone changes in periodontal defects following guided tissue regeneration. J. Clin. Periodontol. 19, 208~213, 1992.
 22. 김현 · 정현대:모의 인접면 치아우식병소의 진단을 위한 구내 표준방사선사진과 그 디지털 영상의 비교. 대한구강악안면방사선학회지. 24,279~289, 1994.
 23. Nummikoski, P.V. and Martinez, S.R.:Digital subtraction radiography in artificial recurrent caries detection. Dentomaxillofac. Radiol. 21,59~64, 1992.
 24. 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
 25. Webber, R.L., Ruttimann, U.E., and Heaven, T.J.: Calibration errors in digital subtraction radiography. J. Periodont. Res. 25,268~275, 1990.
 26. 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.
 27. Wenzel A. and Sewerin I.B.:Sources of noise in digital subtraction radiography. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 71,503~508, 1991.
 28. Ohki, M., Okano, T., and Yamada, N.:A contrast-correction method for digital subtraction radiography. J. Periodont. Res. 23,277~280, 1988.
 29. Duckworth, J.E. and Judy, P.F.:A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. J. Periodontol. 54,435~440, 1982.
 30. Ruttimann, U.E. and Webber, R.L.:Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography. J. Periodont. Res. 22,215~216, 1987.
 31. 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.
 32. 조봉혜 · 나경수:규격화된 구내 표준 방사선사진의 계수 공제방사선학적 평가. 대한구강악안면방사선학회지. 23,125~136, 1993.
 33. 조형희 · 김은경:방사선사진용 디지털 영상시스템의 정량적 평가에 관한 실험적 연구. 대한구강악안면방사선학회지. 24,137~148, 1994.
 34. 김재덕 · 최원재:화상처리 분석장치를 이용한 골 흡화도의 정량적 평가에 관한 연구. 대한구강악안면방사선학회지. 25(2),521~534, 1995.
 35. 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.
 36. 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.
 37. Sun, H., Ohki, M., and Yamada N.:Quantitative Evaluation of Bone repair of periapical Lesions Using Digital Subtraction Radiography Part2, Clinical Application. Oral Radiol. 7,35~46, 1991.
 38. 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.
 39. Manson-Hing, L.R.:Kilovolt peak and the visibility of lamina dura breaks. Oral Surg. 31,268~273,1971.
 40. 김영균 · 여환호 · 박인순 · 조재오:치아회분과석고를 혼합하여 제작한 block의 inlay 매식후 치유과정에 관한 실험적 연구. 대한악안면성형재건외과학회지. 18(2),253~260, 1996.
 41. Talib, A.:Enhanced osseointegration of hydroxyapatite implant material. Oral Surg. 71,9, 1991.

-ABSTRACT-

An Assessment of Image Analysis of Longitudinal Bone Changes

Young-Jin Kim, Jae-Duk Kim

*Department of Oral and Maxillofacial Radiology,
College of Dentistry, Chosun University.*

This study was performed to assess the analyzing methods developed to detect clinically and quantitatively longitudinal bone changes. Through preliminary experiment, accuracy of Cu-Eq value conversion to the mass of HA was examined.

For main experiment, 15 intraoral radiograms taken at soon, 1st, 2nd, 4th, and 6th week after implantation of mixture in extracted sites of 3 cases were used. We took the radiograms with copper step wedge as test object and HA phantom. X-ray taking was standardized by using Rinn XCP device customized directly to the individual dentition with resin bite block. The images inputted by Quick scanner into computer were digitized and analyzed by NIH image program. The stability of the copper equivalent transformation and the usefulness of two analyzing methods by ROI and Reslice were examined.

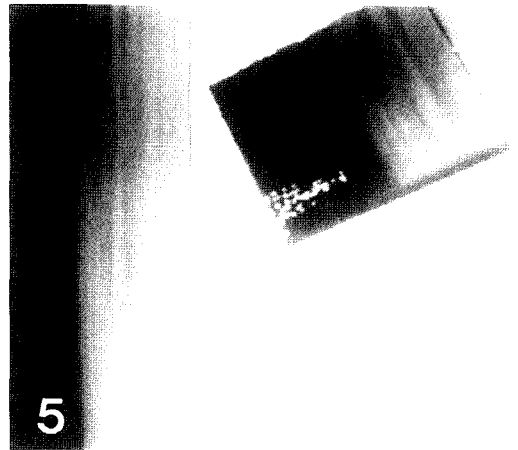
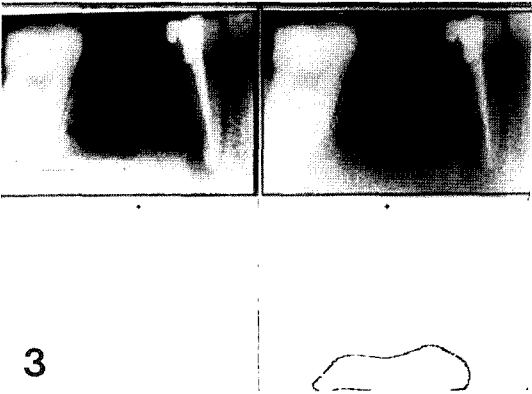
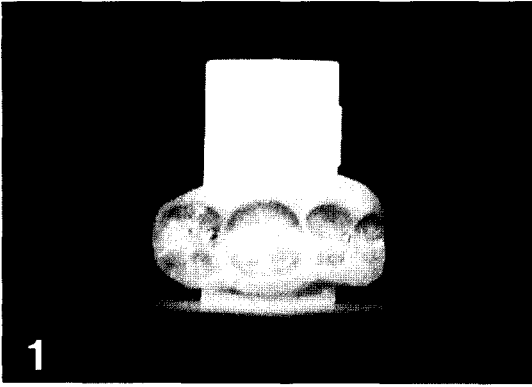
Obtained results as follows:

- 1) On the Cu equivalent images, the coefficient of variation in the measurement of Cu-Eq. value of ROI ranged from 0.05 to 0.24 and showed high reproducibility.
- 2) All results obtained by resliced contiguous image were coincident with those obtained from the assessment by ROI and formation of plot profile.
- 3) On the stacked and resliced image at the line of interest, we could analyze directly and quantitatively the longitudinal changes at several portions by plot profile and qualitatively by surface plot.
- 4) Implant area showed marked resorption till 2 weeks after implantation and showed significant increase in Cu-Eq. value at 6th week ($p < 0.01$) and periapical area showed increase in Cu-Eq. value at 6th week compared to after-operation's.

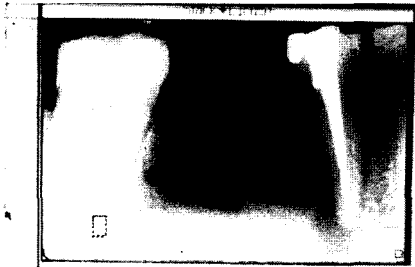
사진부도 설명

- Fig. 1. Individually customized bite block attached XCP film holding device.
- Fig. 2. Control area in normal bone.
- Fig. 3. Region of Interest 4 :implant material area.
- Fig. 4. Contiguous image of longitudinal bone changes by reslice.
- Fig. 5. Resliced image, it's surface plot and plot profile.
- Fig. 6. Cu equivalent value and amount of HA.
- Fig. 7. Longitudinal bone changes at each ROI.
- Fig. 8, 9. Longitudinal change at periapical area on resliced image, surface plot and plot profile.
- Fig. 10. Longitudinal bone change of implant material(Lt.) and periapical area(Rt.) on resliced image, surface plot and plot profile.
- Fig. 11. Longitudinal bone change of implant material on resliced image, surface plot and plot profile.
- Fig. 12. Schematic illustration of digital radiographic system.

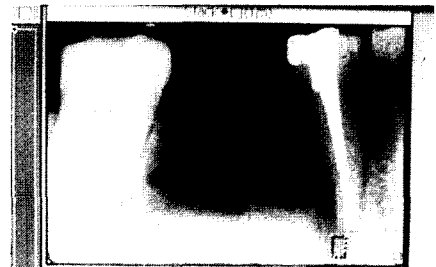
논문사진부도 ①



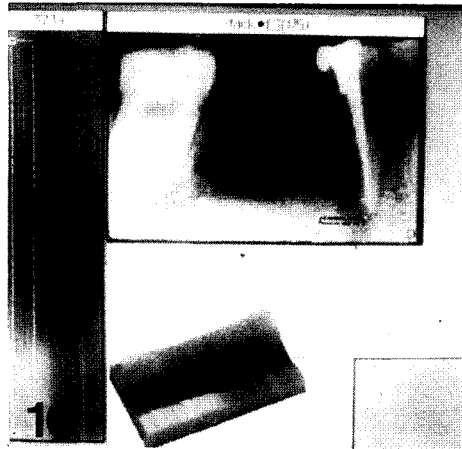
논문사진부도 ②



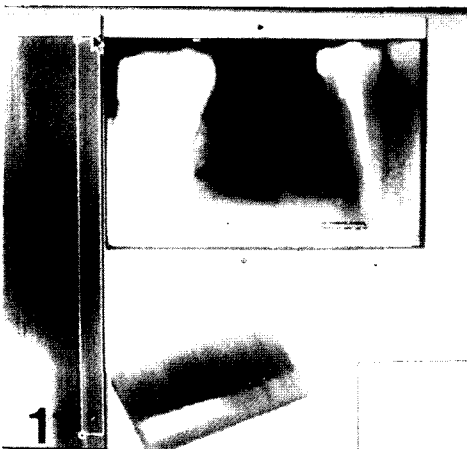
8



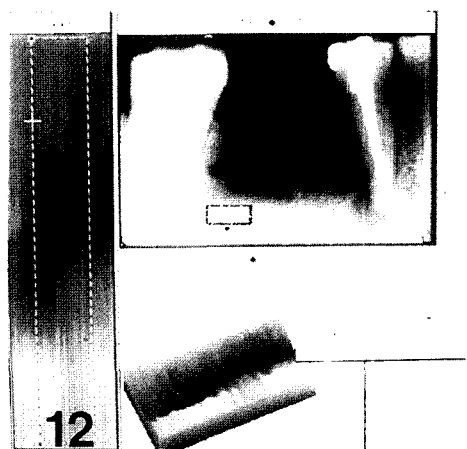
9



10



11



12