

Digital subtraction radiography를 이용한 치조골 변화의 정량적 분석

전남대학교 치과대학 치주과학교실

류명걸 · 정현주

I. 서 론

치주질환의 진행과 치주치료 후의 치조골 변화에 대한 평가를 위해 연속촬영한 구내표준방사선사진을 계수화하여 서로 공제한 구조적 잔상을 제거하는 계수공제 영상방사선 측정법이 이용되고 있다¹⁻¹⁰⁾.

Ortman등¹¹⁾은 인간 두개골에서 치조골 높이의 변화량을 측정한 결과 30%의 골변화가 있어야 구내방사선사진에서 인지될 수 있다고 보고하였으며 또한 Ortman등¹²⁾은 실험적으로 유도된 치조골 병소를 계수공제영상 방사선 측정법을 이용하여 분석한 결과 5% 정도의 골변화도를 감지할 수 있었다고 하였다. 이와같이 계수공제영상 방사선 측정법이 구내방사선 사진보다 골밀도 변화를 더 민감하게 인지할 수 있기 때문에 치조골 변연 부위의 변화를 측정하는 적절한 방법으로 알려져 있다.

그러나 계수공제영상 방사선 측정법이 임상적으로 유용하게 쓰이기 위해서는 필름, 물체 및 방사선원간의 관계를 재현하는 것이 필수적인데, 이 기하학적 관계가 일치하지 않으면 계수공제영상의 회색도의 차이에 대한 질적 평가뿐 아니라 정량적 측정도 어렵게 된다. 이러한 점을 해결하기 위해 기하학적 표준화를 위한 많은 연구가 보고되었으¹³⁻²⁰⁾ 특히 Duckworth등¹⁸⁾은 교합판을 부착하는 구내필름고정장치를 사용하였고, Jeffcoat¹⁹⁾은 cephalostat를 이용하는 구외고정방법을 사용하였다. 또한

필름 대조도의 표준화를 위해 Duckworth등¹⁸⁾은 알루미늄 reference wedge를 부착한 후 방사선 사진을 채득하였으며 이렇게하여 구조적 잔상의 제거와 회색도의 일치도를 상당히 개선시켜 오차의 범위를 줄일 수 있게 하였다.

방사선 사진상에서 골변화의 정도를 정량적으로 분석하기 위하여 Janssen과 Van Akan²⁰⁾과 Vos등²¹⁾은 건조 하악골에서 원통형 알루미늄을 치간부에 위치시켜 체적을 측정하는 방법을 사용하였다. 또한 Rüttingmann과 Webber²²⁾와 Rudolph등²⁴⁾은 bone wedge를 사용하였으며, Brägger등²⁶⁾은 사람의 하악골에서 피질골을 채취하여 EDTA(10% disodium ethylene diamine tetraacetic acid)로 탈회시킨 후 광물질 탈회량과 회색도의 변화를 비교하였다. 그리고 Kim과 Chung²⁷⁾은 공제상과 색을 강화시킨 공제상에서 골량을 측정하여 비교하였다. 인체에서 골변화를 정량적으로 연구한 것으로는 1987년 Brägger등²⁸⁾이 치주수술을 받은 부위에서 4~6주 후의 골밀도의 변화를 대조군과 비교하였고, 진과 정²⁹⁾은 치주수술 후 3개월간의 치조골 변화 양상을 평가하였다.

본 연구는 구내 표준 방사선 사진과 계수공제영상 방사선 측정법에서 인지기능한 최소의 피질골 두께를 실험적으로 알아보고, 두께에 따른 피질골과 알루미늄 stepwedge의 계수공제영상에서의 회색도 상관관계를 구한 다음 이것을 바탕으로 치주질환자에서 치주관막술 중 골치치 후 치조골의 변화량을 정량적으로

분석하기 위해 시행하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

1) 돼지 하악골 피질골편의 제작

골두께에 따른 회색도를 측정하기 위하여 사람의 하악골과 그 구조가 비슷하다고 알려진 돼지의 건조 하악골을 선택하였다. 피질골만을 채취하여 7×7mm 크기의 사각형 골편을 형성한 후 그 두께가 0.1mm부터 0.1mm씩 증가시켜 1.0mm 두께까지 10개의 시편을 사포(No. 1000)로 연마하여 제작하였다.

2) 치주질환자 및 건강한 성인에서의 방사선 검사

전남대학교 병원 치주과에서 치주관막술이 예정된 환자중 전신질환이 없고 임신상태가 아니며, 두번의 방사선 촬영에 동의한 12명을 대상으로 선정하였다. 골이식술을 시행한 환자에서 13부위, 골성형술을 시행한 환자에서 10부위, 치주관막술을 시행한 12부위에서도 수술 전후로 하악 소구치와 제1대구치의 표준 구내방사선사진을 촬영하였다. 대조군으로는 전남대학교 치과대학생으로 전신질환의 현과거력이 없으며 건강한 치주조직을 가지고 있는 10명을 대상으로 하였으며 이들의 하악 구치부를 두번에 걸쳐 연속적으로 방사선 사진을 촬영하였다.

2. 방법

1) 피질골과 알루미늄간의 회색도 비교

피질골과 알루미늄의 방사선 필름 흑화도를 평가하기 위해 1mm에서 13mm까지 두께의 피질골 절편과 알루미늄 stepwedge를 같은 방사선 필름에 촬영하였다. 방사선상은 계수전환장치(digital converter-256 grey-levels, DT 2851, Data Translation Co., U.S.A. : IBM 386 ; CCD camera, FOTOVIX, Tamrom Co., Japan)를 이용해 계수화한 다음 회색도를 2×2화소 부위에서 측정하여 두 물질의 두께에 따른 상관관계를 평가하였다.

2) 돼지 하악골에서 피질골편 인지정도의 평가

돼지 하악 치열궁의 좌우 교합면에 아크릴릭 레진으로 교합상을 만들어 서로 연결한 다음 한쪽에 Rinn XCP(Rinn co., U.S.A.) 교합판을 고정하여 구내필름고정장치를 만들었다. Rinn XCP 평행 장치를 이용하여 평행법으로 먼저 건조 하악골 구치부를 촬영하고 0.1~1.0 mm 두께로 제작된 피질골편을 치조골 변연의 치간중격부에 일정하게 부착시킨 후 다시 촬영하였다. 구내필름고정장치는 연결막대로 시준관에 연결시켰으며 총 11개의 방사선사진을 얻었다. 알루미늄 wedge는 피질골편을 부착한 경우만 필름 고정장치에 부착하였고 피질골편이 없는 경우에는 부착하지 않았다.

모든 촬영에는 30mm 원통형 시준관이 부착된 Cephalostat X-ray 장치(90Kvp, 15mA, S. S. White, U.S.A.)와 Kodak dental film (Ektaspeed, ANSI 1.2, 31mm×41mm)을 사용하였으며 노출된 필름은 동시에 자동현상기(Dürr - Dental D-7120, Germany)로 현상하였다.

먼저 얻어진 방사선 사진을 광원에 위치시키고 투과된 상을 Image - pro II (Media Cybernetics, U.S.A.) software로 회색도가 256 단계인 512×512 화소로 전환시켜 컴퓨터 모니터에 출력하여 계수영상을 만들었다. 골절편이 없는 방사선사진을 먼저 입력하고 골절편이 있는 사진들은 골절편이 없는 상과 번갈아가며 모니터에 나타나게 함으로써 상이 중첩되도록 하였다. 각각의 저장된 상은 알루미늄 wedge의 대조도가 일치하도록 전체상의 회색도를 조절하여 촬영과 현상에서 생기는 대조도 오차를 줄여주었다.

공제는 두 상의 배경 회색도가 '0'이 되도록 대조도를 조정한 후에 시행하였다. 공제된 상에서는 회색도를 '100'만큼 이동시켜 육안적으로 볼 수 있게 한 후 관심부위(area of interest)의 회색도를 측정하였다.

방사선 사진의 판독비교는 계수공제 영상 방사선 측정법에 대해 잘 모르는 10명의 치과 의사에게 실험과정을 간단히 설명한 후, 골편이

없는 구내표준방사선사진과 골편이 있는 방사선 사진을 동시에 보여주고 골편을 감지할 수 있는지를 기록하게 하였다. 그후 공제된 상을 보여주고 골편의 모양을 정확히 감지할 수 있는지 기록하게 하였다. 이런 과정을 임의로 배열된 순서에 따라 시행하였다.

3) 치주질환자의 치주수술 후 골변화의 정량적 분석

연구 대상 환자 12명에서 구내필름고정장치로서 구치부와 전치부에 대합치가 인지되는 교합상을 아크릴릭 레진으로 만들어 양측 구치부와 전치부에서 고정되게 하였다. 회색도를 표준화시키기 위해 술후 방사선사진을 촬영할 때 필름고정장치에 높이 6mm 길이 10mm의 알루미늄 wedge를 부착하였다.

골이식 부위는 수술 3개월 후의 사진에서 수술전의 사진을 공제하였고 골성형을 시행한 부위는 수술 전의 사진에서 수술 1주후의 사진을 공제한 후 회색도를 측정하였다. 또한 치주판막술만 시행한 부위는 해당부위의 처치에 따라 1주나 3개월후의 상에서 공제후 측정하였다. 정상 대조군에서는 두 장의 연속 사진에서 서로 공제하였다. 이들의 모든 관심부위에서 5개

(상, 하, 좌, 우, 중심)부위를 선정하여 2×2 화소 부위의 회색도를 측정한 후 그 평균을 산출하였다. 산정된 회색도는 알루미늄 상당 두께(aluminum equivalent thickness, AET)로 환산하였다.

III. 성 적

1. 피질골과 알루미늄과 회색도 비교

1~8mm의 피질골 두께와 회색도의 측정치 간에는 직선 상관관계($r=0.9979$)를 나타냈으며 다음과 같은 회기함수를 얻었다.

$$\text{공식 1 : } Z = -4.84 + 21.9X \text{ (Fig. 1)}$$

Z = 회색도

X = 피질골 두께

1~13mm의 알루미늄 두께와 회색도간의 관계에서도 직선상관관계($r=0.9958$)와 함께 다음의 회기함수를 나타내었다.

$$\text{공식 2 : } Z = -7.82 + 22.59Y \text{ (Fig. 2)}$$

Z = 회색도

Y = 알루미늄 두께

회색도를 매개로 하여 피질골과 알루미늄 두께의 관계를 알기 위해 공식 1과 공식 2를 혼합한 결과 공식 3으로 나타낼 수 있었다.

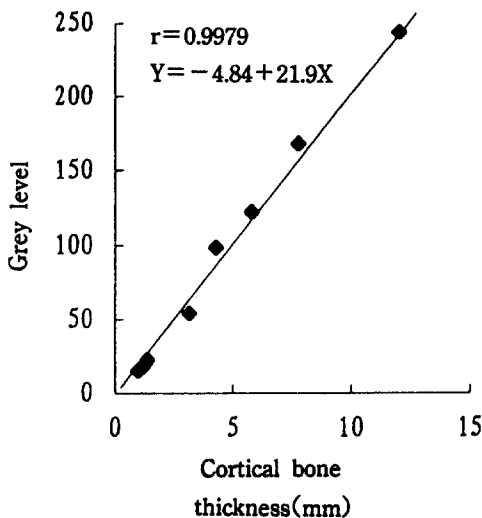


Fig. 1. Grey level calibration with a cortical bone stepwedge.

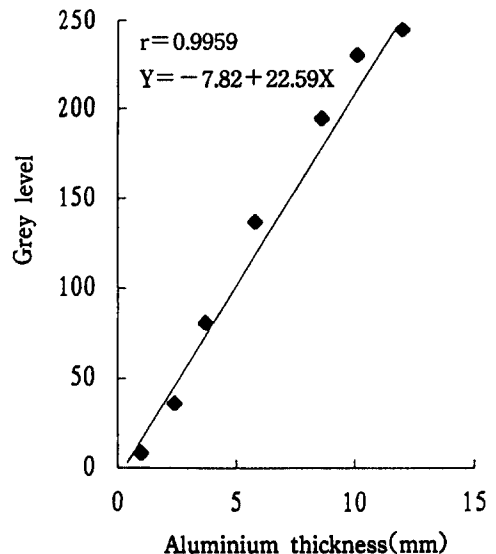


Fig. 2. Grey level calibration with a aluminum stepwedge.

피질골과 알루미늄은 동일한 두께에서 서로 유사한 회색도를 보였고 1~8mm에서 정상관 관계를 가지고 있었다.

공식 3 : $Y=0.14+0.97X$ (Fig. 3)

X=피질골 두께

Y=알루미늄 두께

2. 돼지 하악골의 계수공제영상에서 피질골편의 인지정도

피질골편이 하악골에 부착된 구내표준방사선사진과 하악골만의 방사선사진을 비교할 때 0.3mm 골편은 4인이, 0.4mm 골편은 10인 모두가 인지하였다. 반면에 피질골편 부착사진에서 하악골만의 사진을 공제한 공제상에서는 0.2mm 두께의 골편을 9인이, 0.3mm 두께의 골편은 10인이 인지하였다(Table 1).

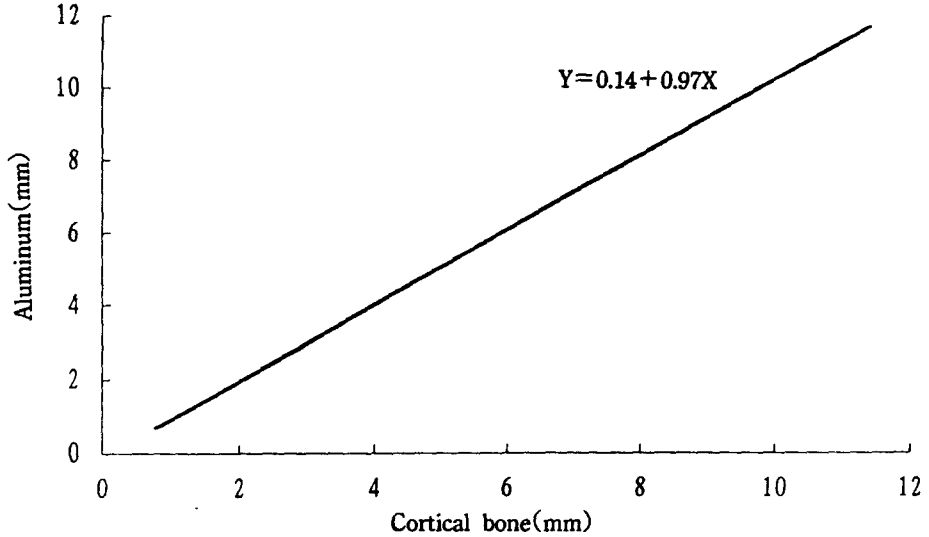


Fig. 3. Interrelationship between the thickness of cortical bone and aluminum, related to the grey level.

Table 1. Examiner Agreement in Detection of the Cortical Bone Thickness on the Intraoral Standard Radiographs and the Digital Subtraction Image.

Control bone thickness	(AET [*])	No. of examiner agreement	
		Intraoral standard radiograph	Digital subtraction image
0.1mm	(0.24)	0	0
0.2mm	(0.33)	0	9
0.3mm	(0.43)	4	10
0.4mm	(0.53)	10	10
0.5mm	(0.63)	10	10
0.6mm	(0.72)	9	10
0.7mm	(0.82)	10	10
0.8mm	(0.92)	10	10
0.9mm	(1.01)	10	10
1.0mm	(1.11)	10	10

* Aluminum equivalent thickness

Table 2. Alveolar Bone Changes in the Osteoplasty Sites and Bone Graft Sites

	Control	Bone graft	Osteoplasty	Flap curettage
No. of sites	30	13	10	12
Grey level	3.0±1.5*	34.4±9.1	-25.9±9.6	3.1±1.8
Aluminum equivalent thickness	0.48±0.41	1.87±0.75	-1.49±0.77	0.48±0.42

* Values are mean±SD

3. 치주질환에서 치주판막술 후 골변화의 정량적 분석

대조군의 공제된 상에서 각 영상당 3군데의 관심부위 설정 후 회색도 측정치 평균과 환자군에서의 각 치료부위마다 회색도 측정치 평균은 Table 2와 같다. 대조군의 회색도의 변화량은 3.0이고 골이식술군이 34.4, 골성형술군에서 -25.9, 치주판막술군은 3.1이었다. 골이식을 시행한 부위는 다른 부위에 비해 회색도가 크게 증가하였고 골성형술을 시행한 부위도 대조군보다는 크게 감소되었다. 치주판막술후의 회색도 변화는 정상대조군의 그것과 유사하였다. 각각의 회색도의 변화량은 골이식술군에서 1.87mm AET의 골증가, 골성형술군에서 1.49mm AET의 감소, 그리고 치주판막술은 0.48mm AET의 골 변화에 해당되었다.

IV. 총괄 및 고찰

계수공제영상 방사선 측정법은 1983년 Gröndahl등⁹⁾이 도입한 이래 치주질환의 진행과 치료의 변화를 감지하기 위해 다양하게 사용되고 있다. 또한 골생성과 소실에 대한 정보를 회색도의 증감으로 인지하는 계수공제영상 방사선 측정법을 더 효과적으로 이용하기 위해 대조도 강화(contrast enhanced)³⁰⁾ 및 색상처리 강화법(color enhanced)³¹⁾이 개발되었으며³¹⁾ 회색도를 정량적으로 측정하여 골밀도의 변화량을 측정하기 위한 방법들도 연구되었다¹⁰⁾. 본 연구는 생체의 치조골 모형에서 피질골과 알루미늄 stepwedge 사이의 회색도 관계를 측정한 후 환자에서 골변화량과 회색도의 관계를 알아보기 위해 시행하였다.

정량적 측정법을 시행하였던 연구로서 Rütti-

mann등은 bone wedge를 첨가하여 회색도가 높아진 것을 확인하는 방법을 사용하였다^{22,23)}. 또한 Kim과 Chung은 bur로 하악골을 일정량 삭제하여 채득한 방사선사진에서 회색도가 낮아진 부위를 확인하는 방법으로 골변화량을 측정하였다²⁷⁾. 본 연구에서는 미리 두께를 알고있는 7mm×7mm 크기의 피질골편을 돼지 하악골 협측에 첨가시키는 방법을 사용하였다.

공제할 방사선 사진의 필름 흑화도를 표준화하기 위해 여러 연구들은 회색도의 기준치로 알루미늄이나 copper band를 사용하였다¹⁰⁾. 방사선상의 밀도는 물체의 방사선 흡수정도와 비례하므로 파장이 길고, 방사선 흡수와 산란의 특성이 상아질이나 골성분과 비슷한 알루미늄을 이용하는 경우³⁰⁾ 화소당의 알루미늄 상당 두께(AET)로 표현되기도 한다. 계수공제영상 방사선 측정법에서는 두장의 방사선사진을 공제하므로 3차원적인 변화로 초래되는 화소당의 회색도 차이를 알루미늄 상당 체적(AEV)으로 산출할 수도 있다. 본 연구에서는 사용된 피질골과의 관계를 구하기 위해 알루미늄 wedge를 사용하였고 환자에서의 처치후 골변화량은 회색도의 변화를 근거로 하여 알루미늄 상당 두께로 산출하였다.

정량적 측정오차의 크기 및 원인에 대한 연구에서 Rudolph등²⁴⁾은 상의 왜곡이 있을 때 71.1%가 술자의 잘못이고 28.8%가 교합면 인상재의 변형 때문이라고 보고하였다. 또한 조사각도의 변위가 없었을 때 0.12mm 두께의 피질골 변화량도 인지가가능하였으며 3도의 변화가 있을 경우에는 0.35mm는 50%만이, 0.42mm는 100% 인지된다고 하였다. Janssen등³²⁾도 2.1도의 각도 변화에 의해 25% 정도의 AEV 편차가 생긴다고 보고하였다. 한편 상의 입력시

배열오차에 대한 연구로 Vos등²¹⁾은 모니터에서 두 상을 연속 투영시키면서 입력하여 그의 변이정도를 측정하였는데 방사선사진을 계수화시키는 과정에서 0.2mm 정도의 변이가 일어났다고 보고하였다. 그리고 Benn²²⁾은 0.1mm~0.42mm의 변이가 존재할 때 ± 12.4 에서 ± 52.1 의 회색도 변화를 초래한다고 보고하였다. 결국 두 장의 방사선 상의 입력시 큰 배열오차를 야기할 수 있다. 본 연구는 교합상을 이용한 구내필름고정장치로 기하학적 표준화를 이루었고, 방사선사진을 입력할 경우에는 두 상을 모니터에 번갈아 출력시켜 두 상이 정확히 중첩될 때까지 좌우, 상하, 각도를 조절하였다.

본 연구에서 돼지에서의 피질골편의 인지 정도는 계수공제영상 방사선 측정법에서 0.2mm 피질골두께(0.33AET)였고 정상인과 판막 수술군에서는 공히 0.36mm 피질골두께(0.48AET)로 나타나 실제 환자에서의 인지가 어려움을 알 수 있었다. 이것은 Rudolph등²³⁾의 보고에서 0.42mm를 100% 인지되었다는 보고와 비교할 때 3도 이하의 각도 변화일 때 나타날 수 있는 오차임을 의미한다. 그러나 정상대조군의 경우 시차없이 두 장의 사진을 연속 촬영하였고 환자에서는 1주 또는 3개월 후의 촬영 간격을 두었다는 사실에 근거하여 비교할 때 구내필름고정장치에 의한 위치표준화가 양호했음을 알 수 있었다. 따라서 실제 돼지 하악골 보다는 사람에서 각도 및 필름 위치 표준화가 더 힘들고 조절되기 힘들었던 것으로 생각되었다. 그외에 자동현상시 현상후 필름 흑화도의 차이 및 방사선상의 입력시 배열의 오차 등 여러가지 요소들도 정량측정에서 오차를 일으켰을 것으로 생각되었다. 이는 관심부위(area of interest)에서의 밀도계산이 다른 요소에 의해 영향받을 수 있었음을 의미한다. 따라서 환자에서 모든 오차를 줄이기 위한 노력이 더 필요할 것이다.

치주질환의 치료중 시행한 골이식재로는 수산화인회석과 탈회동결건조골 또는 자가골의 이식재를 이용하였다. 수산화인회석으로 이식한 부위는 판막수술 부위보다 회색도가 높게 측정되었는데 수산화인회석 이식재의 밀도가

크기 때문으로 생각되었다. 탈회동결건조골로 이식술을 시행한 곳은 3개월 후 골밀도의 증가가 나타났다. 골성형술 부위는 술중 대개 1~2mm 정도의 피질골을 삭제하였는데 이에 상당하는 정도의 회색도 변화를 보였다. 그러나 두 군 모두에서 대조군에 비해 1mm 이상의 골변화량을 나타내는 큰 차이를 보였으며 이는 공제상의 평가에 의해서 쉽게 인지될 수 있는 정도의 범위였다. 이보다 더 적은 변화에 대해서도 정량적 측정으로 인지될 수 있을 것으로 생각되는데 실제 임상적으로 어느 정도의 변화량이 인지될 수 있는지 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

계수공제영상 방사선 측정법이 치주질환의 진행 및 치주치료의 결과를 확인하는데 이용되기 위해서는 치조골 변화량의 정량적 측정이 필요하다.

본 연구는 알루미늄 wedge와 피질골을 같은 방사선상에 촬영하여 회색도를 측정한 후 알루미늄과 피질골과의 상관관계를 유도하고, 돼지의 하악골에 0.1mm부터 1.0mm까지의 피질골을 부착하여 10장의 구내표준 방사선 사진을 측정한 후 10명의 관찰자에게 방사선 사진과 계수공제영상 상에서 피질골 절편을 인지하는지 판독케 하였다. 그리고 치주질환의 치료로 골이식술과 골형성술을 시행한 환자의 계수공제영상에서 변화된 회색도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 피질골편의 인지도는 구내표준방사선 사진에서 0.4mm, 계수공제영상 방사선 측정법은 0.2mm로 나타났다.
2. 피질골편의 두께와 이에 의한 방사선 사진의 회색도는 정상관관계를 보였으며 알루미늄(aluminum equivalent thickness, AFT)에 의한 회색도와 정상관관계를 나타내었다.
3. 치주질환자의 치주판막술만 시행한 부위에서 치조골 변화량은 대조군과 유사하였다.
4. 치주판막술 시행중 골이식 부위에서 1.8mm AET의 골량이 증가하였고, 골성형술 부위

는 1.5mm AET의 플량이 소실되었다.

따라서 본 연구 결과 공제영상 방사선 측정법은 미세한 골변화의 인지도가 구내표준방사선에 비해 우수하였으며 치주질환자의 골내병소진행의 진단과 치료후 치조골의 변화상태를 정량적으로 평가하는데 유효하였다.

참고문헌

1. Rethman M, Ruttiman U, O'Neal R, Webber R, David A, Greenstein G, Woodyard S. Diagnosis of Bone Lesion by Subtraction Radiography. *J Periodontol* 1985 ; 56 : 324-329.
2. Housmann E, Dunford R, Wikesjö U, Christersson L, McHenry K. Progression of untreated periodontitis as assessed by subtraction radiography. *J Periodont Res* 1986 ; 21 : 716-721.
3. Reddy MS, Jeffcoat MK. Digital subtraction radiography. *Dent Clin North Am* 1993 ; 37 : 553-565.
4. Housmann E, Christersson L, Dunford R, Wikesjö U, Phyo J, Genco RJ. Usefulness of subtraction radiography in the evaluation of periodontal therapy. *J Periodontol* 1985 ; 56(suppl.) : 4-7.
5. Lurie AG, Greenberg RJ, Kornman KS. Subtraction radiology demonstrates crestal bone loss in experimentally induced marginal periodontitis. *Oral Surg* 1983 ; 55 : 537-541.
6. 서재진, 신형식. 골결손의 진단시 계수공제영상 방사선 측정법의 정확도에 관한 연구. *대한치주과학회지* 1991 ; 21 : 278-285.
7. 남궁혁, 권오달, 신형식. 골결손의 진단시 계수공제영상 방사선 측정법의 정확도에 관한 연구. *대한치주과학회지* 1992 ; 22 : 621-627.
8. Fourmoussis I, Brägger U, Bürgin W, Tonetti M, Lang NP. Digital image processing. *Clin Oral Impl Res* 1994 ; 5 : 37-47.
9. Gröndahl HG, Gröndahl K, Webber RL. A digital subtraction technique for dental radiography. *Oral surg* 1983 ; 55 : 96-102.
10. Gröndahl HG, Gröndahl K. Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. *Oral Surg* 1983 ; 55 : 208-213.
11. Ortman LF, McHenry AD, Housmann E. Relationship between alveolar bone measured by ¹²⁵I absorptiometry with analysis of standardized radiographs. *J Periodontol* 1982 ; 53-311-314.
12. Ortman L F, Dunford R, Machenry K, Housman E. Subtraction radiography and computer assisted densitometric analysis of standardized radiographs : A comparison study with ¹²⁵I absorptiometry. *J Periodont Research* 1984 ; 20 : 644-651.
13. Rosling B, Hollender L, Nyman S, Olsson G. A radiographic method for assessing changes in alveolar bone height following periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 1975 ; 2 : 211-219.
14. 최봉인, 나경수. 구내 표준 방사선 사진 촬영의 위치 표준화. *대한구강악안면 방사선학회지* 1991 ; 21 : 415-421.
15. 조봉혜, 나경수. 규격화된 구내 표준 방사선사진의 계수 공제 방사선학적 평가. *대한구강악안면방사선학회지* 1993 ; 32 : 125-135.
16. Webber RL, Rüttimann UE, Heaven TJ. Calibration errors in digital subtraction radiography. *J Periodont Res* 1990 ; 25 : 268-275.
17. Zappa U, Simona C, Graf H, Van Akan. In vivo determination of radiographic projection errors produced by a novel filmholder and an X-ray beam manipula-

- tor. J Periodontol 1991 ; 62 : 674-683.
18. Duckworth J E, Judy P F, Goodson J M, Socransky S S. A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. J Periodontol 1982 ; 54 : 435-440.
 19. Jeffcoat MK. Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss. J Periodontol 1992 ; 63 : 367-372.
 20. Janssen PTM, Van Aken J. Problems around the in vitro and in vivo application of quantitative digital subtraction radiography. J Clin Periodontol 1989 ; 16 : 323-329.
 21. Vos MH, Janssen PTM, Van Aken J, Heethaar RM. Quantitative measurement of periodontal bone changes by digital subtraction. J Periodont Res 1986 ; 21 : 583-591.
 22. Rüttimeann UE, Webber RL, Schmidt E. A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography. J Periodont Res. 1986 ; 21 : 486-495.
 23. Rüttimeann UE, Webber RL. Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography. J Periodont Res 1987 ; 22 : 215-216.
 24. Rudolph DJ, White SC, Mankovich NJ. Influence of geometric distortion and exposure parameters on sensitivity of digital subtraction radiography. Oral Surg. Oral Med Oral Path 1987 ; 64 : 631-637.
 25. Rudolph DJ, White SC. Film - holding instruments for intraoral subtraction radiography. Oral Surg Oral Med Oral Path 1988 ; 65 : 767-775.
 26. Brägger D, Pasquali L, Rylander H, Carnes D, Kornman KS. Computer assisted densitometric image analysis in periodontal radiography. A methodological study. J Clin Periodontol 1988 ; 15 : 27-37.
 27. Kim HU, Chung CP. Experimental study on the quantitative digital subtraction images processing radiography of periodontal bone lesion. 대한치주과학회지 1990 ; 20 : 278-284.
 28. Brägger U, Litch J, Pasquali L, Kornman KS. Computer assisted densitometric image analysis for the quantitation of radiographic alveolar bone changes. J Periodont Res 1987 ; 22 : 227-229.
 29. 진유남, 정현주. 계수공제영상 방사선 측정법을 이용한 치주판막술 후 치조골 변화의 평가. 대한치주과학회지 1993 ; 23 : 595-603.
 30. Reddy MS, Bruch JM, Jeffcoat MK, Williams RC. Contrast enhancement as an aid to interpretation in digital subtraction radiography. Oral Surg Oral Med Oral Path 1991 ; 71 : 763-790.
 31. Brägger U, Pasquali L. Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images. J Clin Periodontol 1988 ; 16 : 209-214.
 32. Benn DK. Limitations of the digital image subtraction technique in assessing alveolar bone crest changes due to misalignment errors during image capture. Dentomaxillofac Radiol 1990 ; 19 : 97-104.
 33. Janssen PTM, van Palenstein Helderman WH, Van Aken J. The effect of in vivo occurring errors in the reproducibility of radiographs on the use of the subtraction technique. J Clin Periodontol 1988 ; 16 : 53-58.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE ALVEOLAR BONE CHANGE BY THE DIGITAL SUBTRACTION RADIOGRAPHY

Myung Girl Ryue, Hyun Ju Chung

Department of Periodontology, College of Dentistry, Chonnam National University

The progress of periodontal disease and the wound healing process after treatment result in alveolar bone bone change. So, detection of it is very important in the diagnosis and the radiograph of periodontal disease. Various effects have been made to assess the subtle alveolar bone change and digital subtraction radiography (DSR) has been reported to be the best method in evaluating it qualitatively and quantitatively.

The present study was performed to estimate the detectable alveolar bone change qualitatively with digital subtraction radiography.

For the in vitro study, 10 intraoral standard radiographs were taken from porcine dry mandible which a rectangular cortical bone chip of 0.1mm to 1.0mm thickness with 0.1mm increment was attached on the buccal surface. The radiographs without and with bone plates were reviewed at the same time by 10 observers and requested to detect the presence of cortical bone plates. Digital Subtraction radiograph was reviewed subsequently by using the DSR system (digital converter — 256 grey — levels, DT 2851, Data Translation Co., U. S. A.; IBM 386 ; CCD camera, FOTOVIX, Tamrom Co., Japan). The detectable thickness of cortical bone plate was 0.4mm on the intraoral radiograph and 0.2mm on the subtraction images.

For the human study, radiographs were taken from patients by using intraoral film holding device and aluminum reference wedge before and 3 month after bone graft and 1 week after osteoplasty.

The grey level change was estimated in the subtraction images and calculated to aluminum equivalent thickness. The grey level of the grafted site was higher than that of healthy controls. Average grey levels of change on healthy controls were 0.48mm aluminum equivalent. However, the amount of changes in grafted sites were 1.87mm aluminum thickness equivalent and in the site of osteoplasty were -1.49mm aluminum thickness equivalent.

In conclusion, digital subtraction radiography was more effective in detecting as subtle change of alveolar bone than intraoral standard radiography. With the aid of quantitative analysis of digital subtraction radiography, alveolar bone resorption or apposition can be estimated during diagnosis and treatment of periodontally diseased patients.