

파노라마 방사선사진과 구내 방사선사진에서 골조직 정량평가의 비교연구

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실 및 구강생물학연구소
김재덕

A comparative study of the quantitative assessment on the panoramic and intraoral radiographs

Jae-Duk Kim

Dept. of Dentomaxillofacial Radiology, College of Dentistry, Oral Biology Research center, Chosun University

ABSTRACT

Purpose : To compare the copper equivalent values measured at premolar and molar areas in the copper equivalent images of panoramic and intraoral radiographs and to evaluate the possibility of the copper equivalent images of panorama for the assessment the bone density.

Materials and Methods : Intraoral radiograms at mandibular premolar and molar area and panoramas of 6 human dry skulls were taken with copper-step wedge by Heliodent MD (Siemens Co., Germany) and by Planmeca (PM 2002 CC, Planmeca, Helsinki, Finland) were used for experiment. The copper equivalent values measured at premolar and molar areas in the copper equivalent images of panorama and intraoral film were compared.

Results : The copper equivalent values were ranged 0.20 mmCu-0.44 mmCu at the molar areas, 0.05 mmCu-0.31 mmCu at the premolar areas on panoramic images. There were no significant differences ($p > 0.5$) between the copper equivalent values on intraoral images and those on panoramic images measured at premolar areas and molar areas respectively. The correlation coefficient between the copper equivalent values on intraoral images and those on panoramic images was respectively 0.8495 at molar areas and 0.6184 at premolar areas.

Conclusions : The copper equivalent images of panorama for the assessment the bone density appeared to be significant at molar area compared with the one of intraoral radiograph. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2001; 31 : 129-33)

KEY WORDS : densitometry, x-ray; radiography, panoramic; radiography, dental

서 론

최근 컴퓨터기술의 진보로 치과방사선사진 상에서 고감도, 고정도의 병변 검출 및 관찰이 가능하게 되었다. 방사선사진에 의한 골병변의 검출능에 관하여는 Ruttimann 등^{1,2}에 의해 방사선사진의 디지털화를 응용하여 골조직을 정량적으로 평가하는 시도가 있는 이래 많은 연구³⁻¹⁷가 진행되어 왔다. 이들은 피사체의 방사선사진 촬영시에 참조체

를 부착하여 촬영하므로써 피사체 각 부위의 흑화도를 참조체와 등가의 두께로 변환하는 방법으로 각종 웨지롤 이용한 마이크로덴시토메타¹⁸⁻²⁰와 같은 양상의 원리에 기초하고 있다. 최근에는 고기능의 스캐너가 개발되어 보다 간편하고 정밀도가 높은 평가가 가능하게 되었다.

한편 1996년 Horner²¹는 하악골의 골밀도가 골격 골다공증의 예측자로서 역할을 할 수 있는가를 밝히기 위해 하악골의 골밀도(bone mineral density; BMD)를 dual energy X-ray absorptiometry (DEXA)로 측정하여 척추골, 수완부골 등에서 DEXA법에 의해 측정된 골밀도와 관계를 검토하여 하악골 골밀도는 인체 타 주요골격의 골밀도와 의미있는 관계를 보였다고 보고하였다.

최근 박 등²²은 치과용 구내필름을 골조직의 정량평가에

*이 논문은 1998년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.
접수일: 2001년 5월 28일 채택일: 2001년 6월 25일
Correspondence to: Prof. Jae-Duk Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Chosun University, 421 Susuk-dong, Dong-gu, Kwangju, KOREA
Tel) 82-62-220-3885, Fax) 82-62-227-0270
E-mail) jdakim@mail.chosun.ac.kr

이용하고자 참조체로 구리를 채택한 구리당량영상처리법을 구축하여 구내 치근단방사선사진 상에서 하악 소구치부 일정영역에 대해 골밀도를 구리당량치로 측정하고 이를 하이드록시아파타이트 판틈을 이용해 골밀도로 연산한 다음 DEXA법으로 수완골부에서 측정된 골밀도와 상관관계를 구함으로써 디지털 영상시스템을 이용하여 구내 치근단방사선사진상에서 하악골의 골밀도를 측정하는 것이 임상적으로 유용할 수 있음을 밝혔다.

구내 방사선사진이 사진상에 치아 몇 개 부위만을 나타내는 데에 비하여 치과에서 보편적으로 사용되고 있는 파노라마 방사선사진은 광범위하게 악골전역을 한 장의 사진에 나타낼 수 있다. 따라서 최근 임플란트시술시 자주 이용되는 파노라마 방사선사진을 이용하여 골조직 변화에 대한 정량적 평가방법이 개발되면 악골의 각 부위에서 골밀도의 측정이 가능하고 골다공증의 평가에도 도움이 될 수 있다고 생각되었다. 그러나 파노라마 방사선사진 촬영시는 기계특성상 그 규격화가 이루어져 있음에도 연조직의 개재정도가 구내 방사선사진보다 크며 방사선의 조사방향 등 촬영원리가 특수하다.

이에 본 연구에서는 파노라마 방사선사진 촬영시 골정량 측정을 위해 구리참조체의 적절한 적용방법을 개발하고 파노라마 방사선사진 상에 이를 적용하여 악골의 특정 부위에서 구리당량치를 측정한 다음 구내 방사선사진의 동일 지역에서 구리당량치를 측정하여 그 두 측정치간의 상관관계를 검토함으로써 파노라마 방사선사진의 골정량 측정의 가능성을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

건조하악골 6개의 좌우 양측 소구치부 12부위 및 대구치부 12부위 총 24부위를 연구대상으로 하였으며 구리당량영상 작성을 위해 0.05 mm 두께의 구리판을 중첩시켜 0.5 mm까지 10단계의 구리스텝웨지를 제작하여 참조체로 사용하였다.

2. 연구 방법

1) 구내 방사선사진 촬영 및 영상처리

구내 방사선사진은 감광도 E군의 치근단용 방사선필름(Kodak Co., U.S.A.)을 구내 방사선촬영장치는 Heliodont MD (Siemens Co., Germany)로 60 kVp, 7 mA, 0.16초 조건에서 촬영되었다. 모든 대상에 대해 필름에 구리스텝웨지를 부착하고 하악 소구치부를 촬영하여 구리당량영상 작성에 이용하였다. 이들의 현상은 자동현상기(DÜRR-Dental Co, Germany)로 처리함으로써 동일 조건화하였다.

영상처리는 파워 매킨토시 7200/120 컴퓨터(Apple com-

puter Inc., U.S.A.)와 15인치 컬러 모니터(Apple computer Inc., U.S.A.)를 이용하였다. 컴퓨터에 연결된 최대 2800 dpi를 지원하는 Quick Scanner (Minolta, Japan)를 이용하여 촬영된 방사선사진 상을 입력하였고, 입력된 영상은 640×480 픽셀의 공간 해상도와 256 계조도를 지원하도록 디지털화 되었다.

2) 파노라마 방사선사진 촬영 및 영상처리

파노라마 방사선사진 촬영장치는 PM 2002 CC (Planmeca, Helsinki, Finland)를 사용하였으며 관전압 60 kVp, 관전류 4 mA, 20 mm 알루미늄 필터부착, 노출시간 4.3초의 조건으로 촬영하였다. 필름은 Culix RPI+ 파노라마필름(Agfa Co., Belgium)을 사용하였고 X-Omat 자동현상기(Kodak, U.S.A.)를 이용하여 현상하였다. 모든 대상에 대해 필름에 구리스텝웨지를 부착하고 촬영하되 파노라마 방사선사진 촬영시 타조직과 겹치지 않고 그 변형상이 가장 적은 부위로 추정되는 상기도부에 부착하여 촬영한 다음 촬영된 방사선사진은 Epson GT-9000 스캐너 (Seiko Epson Co., JAPAN)와 Adobe Photoshop 소프트웨어를 이용하여 스캔하고 컴퓨터에 입력함으로써 256 계조도를 갖는 영상으로 디지털화되어 구리당량영상 작성에 이용되었다.

3) 영상분석

영상분석에는 NIH image (ver. 1.56, National Institutes of Health, U.S.A.) 프로그램이 이용되었다. 각각의 구리당량영상을 작성하되 그 변환식의 결정계수(r^2)가 0.90 이상임을 확인한 다음 이공(mental foramen)을 배제시킨 하악 제2 소구치 근단부와 제1 대구치 근단부의 일정영역의 골조직에 대한 구리 당량치를 측정하였다.

파노라마 방사선사진과 구내 방사선사진 상에서 각각 측정된 하악 소구치부와 대구치부의 구리당량치간에 상관관계를 검토하였다.

연구 성적

구내 방사선사진과 파노라마 방사선사진상에서 건조 하악골 소구치 근단부와 대구치 근단부의 일정영역에서 측정된 구리당량치는 Table 1과 같다.

모든 영상에서 구리당량영상작성을 위한 변환식의 결정계수는 0.9 이상을 나타내었으며 구내 방사선사진에서 대구치근단부의 구리당량치는 0.12 mmCu에서 0.58 mmCu의 분포를 나타내었고 소구치근단부에서 측정된 구리당량치는 0.04 mmCu에서 0.36 mmCu의 분포를 나타내었다. 파노라마 방사선사진에서 대구치근단부의 구리당량치는 0.20 mmCu에서 0.44 mmCu, 소구치근단부에서는 0.05 mmCu에서 0.31 mmCu의 측정치 분포를 나타내었다.

소구치근단부와 대구치근단부 각각에서 측정된 구내 방사선사진에서의 구리당량치와 파노라마 방사선사진에서의

Table 1. Determination coefficients and copper equivalent values (mmCu) of molar area and premolar area on each film

Case	Intraoral film			Panorama film		
	r ²	Molar	Premolar	Molar	Premolar	r ²
AL	0.9947	0.20	0.19	0.24	0.21	0.9995
AR	0.9965	0.30	0.23	0.39	0.31	
BL	0.9964	0.23	0.21	0.23	0.21	0.9932
BR	0.9492	0.21	0.17	0.22	0.18	
CL	0.9545	0.28	0.18	0.28	0.20	0.9971
CR	0.9308	0.25	0.20	0.25	0.19	
DL	0.9683	0.30	0.19	0.30	0.21	0.9873
DR	0.9683	0.23	0.18	0.25	0.18	
EL	0.9613	0.48	0.30	0.32	0.23	0.9991
ER	0.9617	0.58	0.36	0.44	0.19	
FL	0.9599	0.12	0.04	0.20	0.05	0.9949
FR	0.9983	0.28	0.18	0.26	0.18	

*AL, BL, CL, DL, EL, FL; the left side of cases; AR, BR, CR, DR, ER, FR; the right side of cases

*r²; determination coefficient of conversion equation (y = ax⁴ + bx³ + cx² + dx + e) to copper-equivalent image

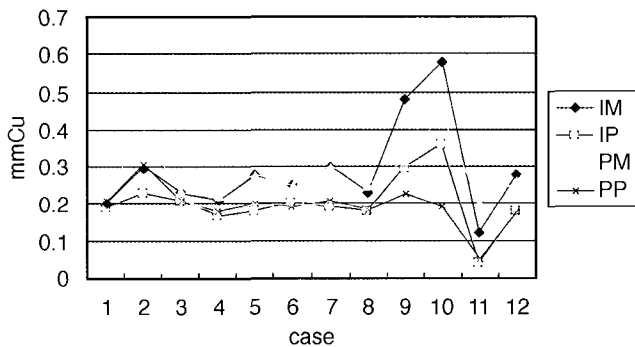


Fig. 1. Copper equivalent values of molar area (M) and premolar area (P) on each film (I; intraoral film, P; panorama film).

Table 2. Correlation coefficients (r) between Cu-Eq values on intraoral film and panorama film

Molar area	Premolar area
r=0.8495	r=0.6184

구리당량치간에는 유의한 차이를 나타내지 않았으나 (p > 0.5) 구내 방사선사진과 파노라마 방사선사진 각각에서 측정된 소구치근단부와 대구치근단부간의 구리당량치는 모두 대구치부가 통계적으로 유의하게 (p < 0.001) 높은 구리당량치를 나타내었다.

구내 방사선사진에서 소구치근단부와 대구치근단부의 구리당량치간에는 높은 상관관계 (r = 0.9208)을 보였으나 파노라마 방사선사진에서 소구치근단부와 대구치근단부의 구리당량치간에는 상관관계 (r = 0.5633)가 높지 않았다.

Table 2에서와 같이 구내 방사선사진과 파노라마 방사선사진에서 측정된 대구치근단부의 구리당량치간에는 의미

있는 상관관계 (r = 0.8495)를 보였으며 소구치근단부의 구리당량치간에는 상관계수 0.6184를 나타내었다.

총괄 및 고안

치과에서 보편적으로 사용되고 있는 파노라마 방사선사진은 구내 방사선사진이 치아 몇 개 부위만을 사진상에 나타내는 데에 비하여 광범위한 악골 전역을 사진 한장에 모두 나타낼 수 있다. Benson 등²⁴이 Panorama mandibular index (PMI)을 이용하여 파노라마 방사선사진에서 골형태 계측평가법을 시행하였고, Bras²⁵는 골다공증 진단에 하악 우각부 피질골의 골형태계측을 시행, Klemetti 등,^{26, 27} Taguchi 등²⁸⁻³⁰ 파노라마 방사선사진상의 하악 하연의 형태와 골다공증 또는 대퇴골의 골밀도와 관련성에 대해서, Horner 등,³¹ Mohajery,³² Kribbs 등,³³ Taguchi 등^{34, 35}이 하악 하연 두께와 골다공증에 대해서 보고하여 파노라마 방사선사진을 이용한 골다공증의 진단가능성을 제시하였다.

디지털영상을 이용해 골을 정량적으로 평가하는 연구로 피사체의 방사선촬영시에 피질골을 참조체로 함께 부착하여 촬영한 뒤 컴퓨터를 이용하여 관심영역을 참조체와 등가의 두께로 변환하는 방법을 사용한 보고가 있다. 그외에도 석고웨이,²⁰ 알미늄웨이^{8, 9, 13, 14, 17} 그리고 구리웨이^{15, 18, 22, 23} 등이 참조체로서 이용되었다. 알미늄웨이는 두께가 두터워 구내 방사선사진 촬영법에 적용하기가 힘들으나 구리웨이는 얇고 굴신성이 있고 크기도 작게 할 수 있어 구강내에 적용하기에 참조체로서 유용하다고 생각되어 치과용 구내 방사선사진을 골조직의 정량평가에 이용하고 이제 이 방법을 보다 큰 치과용 방사선사진인 파노라마 방사선사진에 적용하는 시도를 하고자 하였다.

구리당량영상작성을 위한 변환식의 결정계수와 구리스텝웨이의 측정치의 변동계수가 갖는 의미에 있어서 변환식의 결정계수가 모두 0.9 이상을 나타내었을 때 구리스텝웨이의 구리두께 0.03 mm에서 변동계수가 0.33, 0.06 mm에서 0.27 mm까지는 변동계수 각각 0.17에서 0.05의 분포를 나타내어 측정치의 변동은 낮았으나 결정계수가 높은 경우 측정된 두께가 실제 두께와 거의 일치하였으며 결정계수가 낮은 경우 실제 두께와 측정된 두께는 변동계수가 낮음에도 실제 두께와 차이를 나타내어 변동계수보다는 결정계수 의존적임을 나타내었다는 보고³⁶에 따라 본 연구에서는 구내 방사선사진 및 파노라마 방사선사진의 구리당량영상에서 변환식의 결정계수가 0.9 이상임을 확인된 영상 (Table 1의 r²)에서 구리당량치를 측정 사용하였다.

본 실험의 구내 방사선사진에서 대구치근단부의 구리당량치는 0.12 mmCu에서 0.58 mmCu의 분포를 나타내었고 소구치근단부에서 측정된 구리당량치는 0.04 mmCu에서 0.36 mmCu의 분포를 나타내었다. 고 등³⁷의 보고에 의하면 구내 방사선사진에서 구리스텝웨이와 골블록이 근원심방

향(협설단면)으로 촬영된 영상에서 해면골만의 평균구리당량치는 0.027 ± 0.017 mmCu이었으며 그 분포는 0.033 ± 0.021 에서 0.022 ± 0.015 mmCu이었고 피질골을 관통하는 협설방향 촬영상에서 평균구리당량치는 0.096 ± 0.012 mmCu이었다. 피질골을 관통한 촬영상의 구리당량치보다도 본 실험의 구리당량치가 높았는데 이러한 차이는 고등³⁷의 보고에서는 치조골부위의 골편을 사용하였고 본 실험에서는 소구치 및 대구치부의 치근단부를 평가한 때문으로 생각되며 Hildebolt³⁸도 한 개체의 하악에서도 하악의 크기, 모양이 다양하고 그에 따른 해면골 양에 있어서도 다양한 차이가 있다고 보고하고 있다.

파노라마 방사선사진에서 대구치근단부의 구리당량치는 0.20 mmCu에서 0.44 mmCu, 소구치근단부에서는 0.05 mmCu에서 0.31 mmCu의 측정치를 나타내었다.

소구치근단부와 대구치근단부 각각에서 측정된 구내 방사선사진에서의 구리당량치와 파노라마 방사선사진에서의 구리당량치간에는 유의한 차이를 나타내지 않았으며 ($p > 0.5$) 고등³⁷의 보고에서도 다기능파노라마 횡단면상에서 해면골부의 평균구리당량치는 0.026 ± 0.020 mmCu, 그 분포는 0.028 ± 0.014 에서 0.022 ± 0.012 mmCu이었고 구내 치근단방사선사진 상과 다기능파노라마 방사선사진 상에서 각각 얻어진 해면골의 구리당량치간에는 통계학적으로 유의한 차($P > 0.1$)가 없었다고 보고되어 일치하였다.

그러나 구내 방사선사진과 파노라마 방사선사진 각각에서 측정된 소구치근단부와 대구치근단부의 구리당량치는 모두 대구치부가 통계적으로 유의하게 ($p < 0.001$) 높은 구리당량치를 나타내어 대구치 근단부가 골이 더 치밀함을 알 수 있다.

구내 방사선사진에서 소구치근단부와 대구치근단부의 구리당량치간에는 높은 상관관계 ($r = 0.9208$)를 보였으나 파노라마 방사선사진에서 소구치근단부와 대구치근단부의 구리당량치간에는 상관관계 ($r = 0.5633$)가 높지 않았는데 이는 대구치부에서 파노라마 방사선사진에서 두부위치에 따른 방사선 조사각도의 차이에 의해 하악와의 상이 영상에 관여된 때문으로 생각되었다. 그럼에도 불구하고 구내 방사선사진과 파노라마 방사선사진에서 측정된 대구치근단부의 구리당량치간에는 의미있는 상관관계 ($r = 0.8495$)를 보였으며 소구치근단부의 구리당량치간에는 다소 낮은 상관관계수 0.6184를 나타내었다. Horner 등²¹은 니켈스텝웨지를 이용한 치과 파노라마 단층사진에서의 밀도측정이 DEXA법에 의한 하악골 골밀도와는 상관관계를 보이지 않았다고 보고하였고 박 등²²은 하악 소구치부에서 측정된 골밀도와 수완골 말단 1/3부에서 측정된 골밀도간의 상관관계를 검토한 결과 0.8965의 상관관계수를 보였다고 보고하여 측정방법에 따라 변동이 있는 것으로 생각되나 대체적으로 상관관계가 높지 않은 것으로 생각되었다. 따라서 파노라마 방사선사진에서 구리당량영상을 이용한 골밀도

평가를 한다면 대구치부의 근단부 골부의 구리당량치가 골밀도와와의 관계에 의미가 있다고 생각되었다.

구내 방사선사진촬영시 수직 수평조사각과 파노라마 방사선사진 촬영시의 수직 수평 조사각의 차이에 의해 촬영된 영상에서 소구치부와 대구치부는 골양상이 일치하지 않으므로 이러한 점과 양 사진상에서 구리당량치의 측정부위의 동일화에 대한 보완과 함께 연구가 지속되어야 할 것으로 생각되며 실제 임상에서 가능한 연조직의 중첩없이 촬영시 파노라마 방사선사진상에 부착시킬 구리스텝웨지의 부착 부위에 대한 연구와 함께 임상실험이 진행되어야 한다고 생각되었다.

참 고 문 헌

1. Ruttimann UE, Webber RL, Schmidt E. A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography. *J Periodont Res* 1986; 21: 486-95.
2. Ruttimann UE, Webber RL. Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography. *J Periodont Res* 1987; 22: 215.
3. Brägger U. Digital imaging in periodontal radiography. A review. *J Clin Periodontol* 1988; 15: 551-7.
4. 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.
5. Christagu M, Wenzel A, Hiller K-A, Schmalz G. Quantitative digital subtraction radiography for assessment of bone density changes following periodontal guided tissue regeneration. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25: 25-33.
6. Gröndahl HG, Gröndahl K, Webber RL. A digital subtraction technique for dental radiography. *Oral Surg* 1988; 55: 96-102.
7. Gröndahl K, Gröndahl HG, Webber RL. Influence of variations in projection geometry on the detectability of periodontal bone loss; A comparison between subtraction radiography and conventional radiographic technique. *J Clin Periodontol* 1984; 11: 411-20.
8. Hildebolt CF, Vanier MW, Pilgram TK, ShROUT MK. Quantitative evaluation of digital dental radiograph imaging systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 70: 661-8.
9. Hildebolt CF, Vannier MW, Gravier MJ, ShROUT MK, Knapp RH, Walkup RK. Digital dental image processing of alveolar bone: Macintosh II personal computer software. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21: 162-9.
10. Jeffcoat MK. Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss. *J Periodont Res* 1992; 63: 367-72.
11. Nummikoski PV, Martinez TS, Matteson SR, McDavid WD, Dove SB. Digital subtraction radiography in artificial recurrent caries detection. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21: 59-64.
12. Ohki M, Okano T, Yamada N. A contrast-correction method for digital subtraction radiography. *J Periodont Res* 1988; 23: 277-80.
13. Ortman LF, Dunford R, McHenry K, Hausmann E. Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs. A comparison study with ¹²⁵I absorptiometry. *J Periodont Res* 1985; 20: 644-51.
14. 岩下洋一朗, 森田康彦, 野井倉武憲. 口内法X線寫眞の AI 量畫像. 齒放 1989; 29: 289-94.
15. 米良豊常. デジタルサブトラクション法による齒槽骨 化の評価. 日齒周誌 1989; 31: 129-46.

16. Sun H, Ohki M, Yamada N. Quantitative evaluation of bone repair of periapical lesions using digital subtraction radiography. Part 2: Clinical Application. *Oral Radiol* 1991; 7: 35-46.
17. Vos MH, Janssen PTM, van Aken J, Heethaar RM. Quantitative measurement of periodontal bone changes by digital subtraction. *J Periodont Res* 1986; 21: 583-91.
18. Nagamine N, Tani K, Hara Y, et al. Radiographic quantitative analysis of bone repair on chronic apical periodontitis. *日本齒科保存學雜誌* 1986; 28: 232-42.
19. Duinkerke ASH, Van De Poel ACM, Doesburg WH, Lemmens WAJG. Densitometric analysis of experimentally produced periapical radiolucencies. *Oral Surg* 1977; 43: 782-97.
20. Noda K. A study on the quantitative observation of the roentgenogram of the periapical lesions. *口病誌* 1977; 44: 96-112.
21. Horner K, Devlin H, Alsop CW, Hodgkinson IM, Adams JE. Mandibular bone mineral density as a predictor of skeletal osteoporosis. *Br J Radiol* 1996; 69: 1019-25.
22. 박원길, 최의환, 김재덕. 하악골 골밀도의 정량적평가에 관한 비교 연구. *대한구강악안면방사선학회지*. 1999; 29: 161-74.
23. 김재덕, 김영진. 시간경과에 따른 골변화의 영상분석에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1997; 27: 521-34.
24. Benson BW, Prihoda TJ, Glass BJ. Variations in adult cortical bone mass as measured by a panoramic mandibular index. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 71: 349-56.
25. Bras J, van Ooij CP, Abraham-Inpijin L, Kusen GJ, Wilmink JM. Radiographic interpretation of the mandibular angular cortex; a diagnostic tool in metabolic bone loss. Part 1. Normal state. 1982; 53: 541-5.
26. Klemetti E. Edentulous jaws and skeletal mineral status. Kuopio, Finland: Kuoio University Printing Office; 1993. Thesis.
27. Klemetti E, Kolmakov S, Kroger H. Pantomography in assessment of the osteoporosis risk group. *Scand J Dent Res* 1994; 102: 68-72.
28. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, et al. The estimation of the radiomorphometric indices of the mandible using panoramic radiography. *Dent Radiol* 1993; 33: 309-16.
29. Taguchi A. The basic study on measurement of bone mineral density of mandible with dual energy quantitative computed tomography. *J Hiroshima Univ Dent Soc* 1992; 24: 18-38.
30. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Ohtsuka M, Otani K, Wada T. Oral signs as indicators of possible osteoporosis in elderly women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 80: 612-16.
31. Horner K, Devlin H. The relationship between mandibular bone mineral density and panoramic radiographic measurements. *J Dent* 1998; 26: 337-43.
32. Mohajery M, Brooks SL. Oral radiographs in the detection of early signs of osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 73: 112-7.
33. Kribbs PJ. Comparison of mandibular bone in normal osteoporotic women. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 218-22.
34. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Wada T. Tooth loss and mandibular osteopenia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 79: 127-32.
35. Taguchi A, Suei Y, Ohtsuka M, Otani K, Tanimoto K, Ohtaki M. Usefulness of panoramic radiography in the diagnosis of menopausal osteoporosis in women. Width and morphology of inferior cortex of the mandible. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25: 263-67.
36. 김재덕. 구리당량 영상작성에 의한 골염도계측방법의 평가. *대한구강악안면방사선학회지* 2000; 30: 101-8.
37. 고재경, 김재덕. 다기능파노라마 방사선촬영장치를 이용한 하악해면골질의 평가. *대한구강악안면방사선학회지* 2000; 30: 16-22.
38. Hildebolt CF. Osteoporosis and oral bone loss. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26: 3-15.