

多機能 파노라마放射線撮影裝置를 利用한 下顎海綿骨質의 評價

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
高在昊·金在德

Assessment of Cancellous Bone of Mandible by Multifunctional Panoramic X-Ray Machine

Jae-Kyung Ko, Jae-Duk Kim

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Chosun University

ABSTRACT

Purpose : To evaluate the bone densities measured on copper-equivalent image of cross sectional view of mandibular edentulous premolar area obtained by multifunctional panoramic x-ray machine, PM 2002 CC with transversal slicing system.

Materials and Methods : Panoramic cross sectional views with 8 mm focal layer of aluminum step and blocks, of hydroxyapatite (HA) step, 6 HA blocks and copper step wedge having 0.03 mm thickness of each step, and of 3 bone blocks cutted by 8 mm thickness mesiodistally and a dry mandible with copper step wedge were taken by using transversal slicing system in PM 2002 CC. All reference-equivalent images were made and analyzed by NIH image program.

Results : The average copper-equivalent value of cancellous bone of bone blocks on the panoramic cross sectional view was 0.026 ± 0.020 mm Cu. The calculated average bone density was 0.38 g/cm^2 . There was no significant difference ($P > 0.1$) between the bone densities on intraoral digital view and on the panoramic digital cross sectional view.

Conclusion : The copper-equivalent image of panoramic digital cross sectional view obtained by PM 2002 CC with very thin copper step wedge was supposed to be useful to measure the bone density of cancellous bone of mandible at the premolar edentulous area. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2000 ; 30 : 16-22)

KEY WORDS : panoramic cross sectional view, bone density, copper equivalent image

서론

최근 치과계에 새로운 치료법으로 인공치아매식술이 각광을 받고 있다. 인공치아매식술의 치료계획을 수립하고 그 성공여부를 판단하기 위하여는 시술을 시행하기에 앞서 악골의 주요 해부학적구조물에 대한 위치파악, 치조골의 수직고경, 협설경사도, 협설폭경 등에 대한 평가가 이루어져야 하며¹⁻⁷ 더욱이 매식부 해면골의 골질에 대한 평가는 필수적이다.^{3,7} 매식체를 매식하려는 부위의 해면골 골밀도는 매식된 매식체의 지지에 중요한 역할을 한다고 알려져 있어 시술의 성공여부와 관련하여도 시술 전에 필수

적으로 그 평가가 시행되어야 한다. 악골의 해면골의 골질을 평가하기 위하여는 방사선학적으로 여러 가지 방법이 있겠으나 기본적으로 악골의 협설단면상에서 그 평가가 가능하다.⁸

측정하고자 하는 부위의 단면상을 얻지 않고 골밀도를 측정하는 방법으로는 이중에너지 X-선흡수법⁹이 있다. 이는 두 가지 서로 다른 에너지의 X-선을 이용하여 연조직의 밀도를 배제할 수 있으며 오차가 비교적 적고 정밀성과 재현성이 우수하며 검사가 간편하여 완골 또는 척추 등의 골밀도측정^{10,11}에 사용되고 있는 등 그 임상적 유용성이 인정되고 있으나 악골은 구조상 복잡한 형태를 갖고 있고 다른 골격부와 중첩되는 위치에 있어 이를 악골에 적용시켜 측정하기에는 제약이 따른다.

현재 인공치아매식 시술을 위하여 일반적으로 사용되고 있는 촬영장치로 파노라마방사선촬영장치가 있다. 파노라마방사선사진은 금속공을 포함하도록 제작된 stent와 함께

접수일 : 1999년 12월 6일 채택일 : 1999년 12월 27일
Correspondence to : Dr. Jae-Duk Kim
Dept. of OMF Radiology, School of Dentistry, Chosun University, 588 Susuk-dong, Dong-gu, Kwangju, KOREA
Tel) 062-220-3633 Fax) 062-227-0270
E-mail) jdakim@mail.chosun.ac.kr

촬영되며 악골에 대하여 근원심으로 이차원적인 정보만을 제공할 뿐이다.²

Silverstein 등⁷도 이차원적인 파노라마방사선사진으로는 악골에 대한 협설단면의 평가를 할 수 없으므로 치조골의 모양과 밀도등을 정확히 파악하기 위하여는 전산화단층사진이 필요함을 서술하고 있다.

일반 전산화단층촬영법에 말단골이나 임의 척추골의 골밀도를 측정할 수 있도록 소프트웨어기능이 추가된 정량적전산화단층촬영법(Quantitative Computed Tomogram)¹²은 악골의 협설단면상을 얻을 수 있으므로 악골의 해면골 골질에 대한 평가가 가능하다.¹³ 다만 전산화단층사진의 경우에도 관상면주사시 금속수복물이 포함되어 있으면 전산화단층영상에 artifact가 나타나 골밀도측정에 장애가 될 수 있으며 비록 횡단면주사시에는 이러한 현상을 피할 수 있다 하여도 전산화단층촬영에는 환자의 X-선 피폭량이 크다는 단점이 있고 또한 고가의 장비가 필요하다.

이러한 관점들을 고려할 때 치과계에서는 악골의 협설단면상 촬영이 가능한 다기능파노라마촬영장치가 사용되고 있는 만큼 하나의 촬영장치에서 악골의 협설관계에 대한 많은 정보를 포함하여 해면골질에 대한 평가도 가능하도록 연구 보완될 필요가 있다.

한편 치과방사선학 분야에 컴퓨터를 이용한 디지털방사선촬영술이 새로이 도입되어 골변화를 정량적으로 평가하기 위해 디지털영상이 이용되는 연구가 Ruttimann 등¹⁴에 의해 시도되었고, 그 외 몇 학자들¹⁵⁻²⁰에 의해 악골의 골변화에 대한 정량측정법이 다양하게 연구되어 왔다. 그 이후 정량측정법은 피사체의 방사선사진 촬영시 알루미늄^{14,16,20-30} 또는 구리^{15,31,32} 등의 스텝웨지를 참조체로서 필름에 부착하고 촬영하여 얻어진 사진상을 컴퓨터에 입력한 디지털영상에서 각 관심영역의 계조도를 참조체등가치로 변환함에 의해 규격화시킴으로써 정량 골변화 측정이 가능하도록 보편화되었다. 이에 아울러 참조체당량영상을 이용한 골밀도 측정에 관한 연구³³도 상당한 진전을 보이고 있다.

이에 본 연구에서는 치과임상에서 이미 사용되고 있는 다기능파노라마촬영장치의 한 기능인 transversal slicing system을 이용하여 참조체와 함께 하악골의 협설단면 방사선사진을 촬영하고 디지털화 한 다음 디지털영상 분석 시스템에서 참조체당량영상을 제작하여 그 하악골 협설단면 참조체당량영상으로부터 해면골만의 골밀도 평가를 시도하여 그 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

다기능파노라마방사선 촬영장치로 협설횡단 초점층내에

서 촬영된 알루미늄블록의 알루미늄당량영상으로부터 측정된 알루미늄블록의 무게와 실제무게를 비교하기 위해 1단계 2 mm 두께로 구성된 10단계 알루미늄스텝웨지와 2, 4, 6, 8, 10 mm 두께를 갖는 5개의 장방형알루미늄 블록을 제작 사용하였다(Fig. 1-A).

협설횡단 초점층내에서 촬영된 다기능파노라마방사선 사진으로부터 구리당량영상을 만들고 구리두께와 수산화인회석 밀도간의 관계를 밝히기 위해 1단계 0.03 mm로 구성된 10단계 구리스텝웨지와 동일 직경을 갖고 높이만 달리하여 0.0485 g에서 0.1312 g사이의 질량을 갖는 6단계의 원통형 수산화인회석스텝을 제작 사용하였다(Fig. 1-B). 이

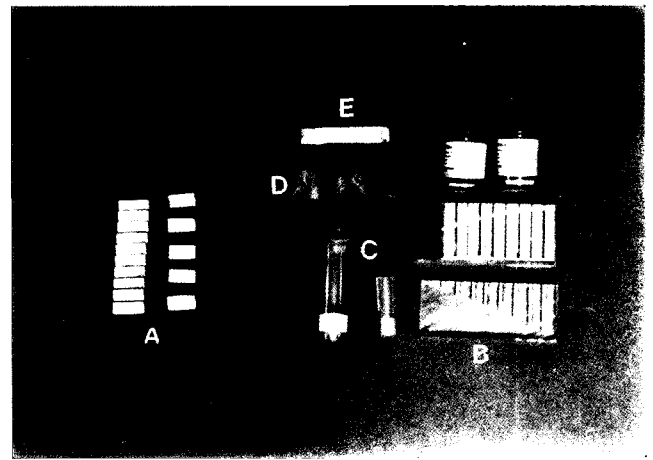


Fig. 1. Materials

- A ; aluminum step and blocks
- B ; hydroxyapatite step
- C ; hydroxyapatite blocks
- D ; bone blocks
- E ; copper step wedge having 0.03 mm thickness of each step

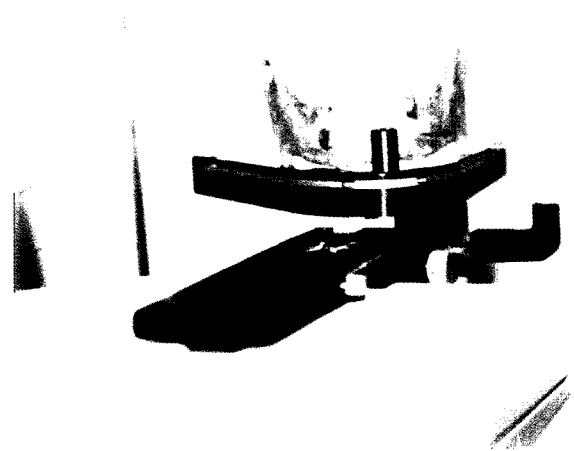


Fig. 2. A dry mandible with copper step wedge restricted and adjusted in the 8 mm focal layer by using transversal slicing system in PM 2002 CC.

관계식에 의한 구리당량영상에서 측정된 수산화인회석밀도로부터 연산된 무게와 실제무게를 비교하기 위해 직경 3.2 mm에서 10 mm사이, 무게 0.0321 g에서 0.3412 g사이의 원통형 수산화인회석블록 6개를 또한 제작 사용하였다 (Fig. 1-C).

구내필름의 구리당량영상과 다기능파노라마 협설횡단면의 구리당량영상에서 골블록의 당량치를 비교하고 초점층 밖에 있는 악골의 중첩을 재현하고 평가하기 위하여 근원심 두께 8 mm의 건조 하악골블록 3개와 구리스텝웨지를 사용하였다 (Fig. 1-D, E).

인체적용을 재현하기 위해 건조하악골을 사용하였다 (Fig. 2).

2. 연구방법

1) 방사선사진촬영

파노라마촬영장치는 PM 2002 CC (Planmeca Oy, Helsinki, Finland)를 사용하였으며 수평, 수직단면 결정장치인 transversal slicing system (Fig. 2)를 사용하여 초점위치를 결정하고 연조직을 재현하기 위해 플라스틱수조에 모든 연구 재료를 담근 뒤 횡단면 초점두께 8 mm, 관전압 60 kVp, 관전류 4 mA, 노출시간 4.3sec.의 조건으로 촬영하였다. 필름은 Culix RPI+ 파노라마필름 (Agfa Co., Belgium)을 사용하였고 X-Omat 자동현상기 (Kodak, USA)를 이용하여 현상하였다.

구내표준필름촬영은 감광도 E군의 필름 (Eastman Kodak Co., USA)을 사용하여 통법에 의해 시행되었고 자동현상되었다.

2) 디지털영상 분석

영상처리를 위한 시스템은 파워맥킨토시 7200/120 컴퓨터 (Apple computer Inc., USA)를 이용하였다. 촬영된 방사선사진은 Epson GT-9000 스캐너 (Seiko Epson Co., Japan)와 Adobe Photoshop 소프트웨어를 이용해 스캔하고 컴퓨터에 입력함으로써 256 계조도를 갖는 영상으로 디지털화되었다. 분석은 NIH image (ver. ppc1.61, National Institutes of Health, USA) 프로그램을 사용하였고 각각 영상으로부터 결정계수가 높은 변환식에 의해 작성된 알루미늄 또는 구리당량영상에서 시행하였다. 통계처리는 Student's t-검정에 의해 유의한 차에 대한 검정을 시행하였다.

3) 알루미늄당량영상에 의한 초점층 평가

알루미늄스텝웨지와 5개의 알루미늄블록을 초점층내에 위치시켜 촬영되고 디지털화 된 영상으로부터 먼저 알루미늄스텝웨지를 이용해 알루미늄 두께와 계조도 사이에 3차다항 관계변환식을 구함으로써 알루미늄당량영상을 제작하였다. 이 당량영상에서 함께 촬영된 알루미늄블록의 알루미늄당량치를 구하고 블록전체에 대한 면적분을 구함으로써 부피를 추정하였다. 이때 다기능파노라마방사선상

의 면적확대율 2.10으로 나누어 준 다음 알루미늄 비중 2.7 g/mm³을 곱하여 알루미늄블록의 추정질량을 구했다. 실제 질량은 각 블록을 전자저울 (Model 100A, Denver Instrument Co., USA)에 의해 5회씩 측정하여 그 평균치로 결정하고 추정질량과 비교함으로써 초점층내에서 참조체를 이용한 당량영상의 유효성을 평가하였다.

4) 다기능파노라마 초점층내에서 구리당량영상과 수산화인회석의 관계

알루미늄스텝웨지와 같은 이론하에서 구리스텝웨지를 이용하여 4차 다항변환식 ($r^2 = 0.9998$, Fig. 3)에 의한 구리당량영상을 제작한 다음 부피와 무게를 알고 있는 6개의 원통형 수산화인회석스텝으로부터 구리당량치 (mm)와 수산화인회석의 밀도 (g/cm²)간의 상관관계식을 작성하였다. 이어 무게와 높이 그리고 직경이 서로 다른 6개 수산화인회석블록의 구리당량영상으로부터 구리당량치를 측정하고 앞서 작성된 상관관계식으로부터 수산화인회석의 밀도로 연산하고 면적분하여 연산된 무게와 실제무게를 비교함으로써 다기능파노라마촬영에서 구리스텝웨지를 이용한 수산화인회석 밀도로의 연산이 가능한가를 검증하였다.

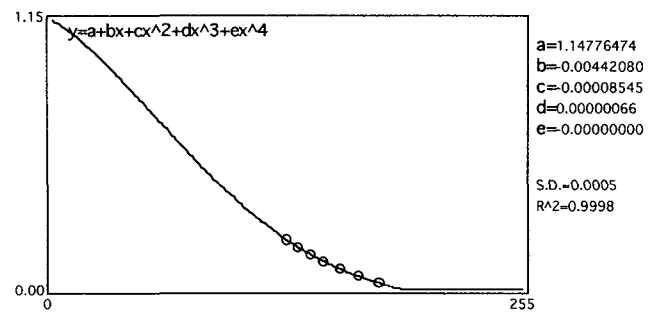


Fig. 3. Conversion equation to copper-equivalent image.

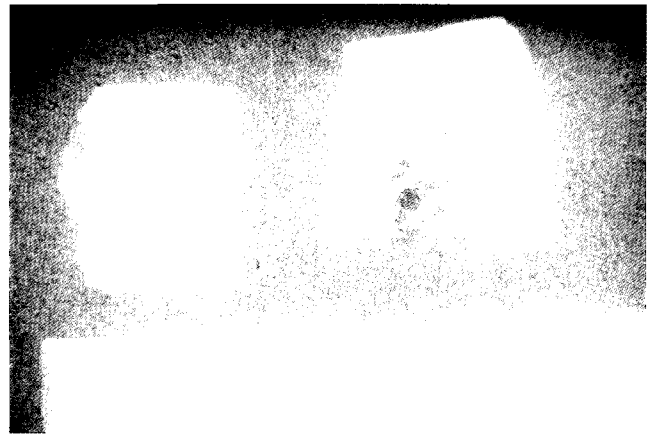


Fig. 4. Image of bone blocks with copper step wedge on intraoral film.

5) 구내필름상과 다기능파노라마상에서 건조 하악골블록해면 골질의 비교

근원심 폭경 8 mm가 되도록 절단된 3개의 골블록에 대해 협설과 근원심의 각 방향에서 구내표준필름촬영장치와 다기능파노라마촬영장치로 구리스텝웨지와 함께 촬영한 방사선사진(Fig. 4) 각각을 디지털화하였다. 각각의 영상에 대해 구리스텝웨지에 의한 각각의 변환식을 적용하여 구리당량영상을 만들고 피질골포함 해면골과 해면골만의 구리당량치를 10회 반복 측정하여 그 평균치와 그에 대한 골밀도를 환산하고 비교분석을 시행하였다.

골블록 한 개를 초점층에 위치시키고 나머지 골블록들을 그 전방 또는 후방에 위치시켜 하악골의 만곡을 재현하여 얻은 영상에서 초점층 밖의 골블록이 초점층내 골밀도측정에 미치는 영향을 정량분석하였다.

6) 건조하악골에의 적용

건조하악골 소구치 무치악부에 구리스텝웨지를 부착시키고 횡단면 촬영상을 얻어 구리당량영상을 제작하였다. 해면골부의 구리당량치를 측정된 다음 골블록의 구리당량치와 비교분석하여 하악골의 다기능파노라마방사선사진에 의한 당량영상 평가시 수정된 평가기준을 마련하였다.

연구 성적

1. 알루미늄당량영상에 의한 초점층 평가

두께 10 mm까지의 알루미늄스텝웨지와 계조도사이에서는 $y = 22.780 - 0.432x + 0.004x^2 - 0.001x^3$, S.D. = 0.0229, $r^2 = 0.9997$ 의 관계식이 얻어졌다. 관계식에 따라 얻어진 알루미늄당량영상에서 알루미늄 블록 5개의 알루미늄당량치(mmAl)를 구하고 환산된 질량과 실제 계측된 평균질량 23.40, 48.71, 76.22, 97.84, 134.62 mg은 Table 1에서 보는 바와 같다. 환산질량과 실제질량사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나($P > 0.1$), 10 mm의 경우 12% 정도 낮은 값을 보였다.

2. 다기능파노라마 초점층내에서 구리당량영상과 수산화인회석의 관계

구리당량영상에서 초점층내 수산화인회석스텝의 각 구리당량치는 그 변동이 5%에서 9%의 범위에 들어 재현성이 높았다. 수산화인회석의 밀도(y ; g/cm)와 구리당량두께(x ; mm)간에 $y = 0.60x + 0.36$ 의 직선회귀식이 얻어졌고 $r^2 = 0.9984$ 의 높은 상관관계를 나타내었다. 구리당량영상에서 직경과 무게가 각각 다른 원통블록의 수산화인회석밀도에 의해 연산된 질량과 실제질량간에는 통계학적으로 유의한 차이($P > 0.1$)를 보이지 않았다(Table 2). 따라서 다기능파노라마 촬영시 초점층내에서 인체적용이 용이한 구리스텝

Table 1. Comparison of aluminum mass to converted mass from aluminum-equivalent (Al-Eq) images

aluminum thickness (mm)	Al-Eq value (mmAl)	converted mass (mg)	aluminum mass (mg)
2	2.02±0.14	23.18	23.40
4	4.05±0.22	50.91	48.71
6	6.10±0.19	78.27	76.22
8	7.90±0.18	94.97	97.84
10	8.82±0.14	118.74	134.62

Table 2. Comparison of hydroxyapatite mass to calculated hydroxyapatite mass from copper-equivalent (Cu-Eq) images (g)

Cu-Eq value (mm)	calculated mass	hydroxyapatite mass
0.079	0.351	0.341
0.052	0.112	0.120
0.068	0.096	0.097
0.068	0.072	0.077
0.067	0.051	0.051
0.068	0.033	0.032

웨지를 이용한 골밀도측정이 가능하다. 직경 10 mm (0.341 g)를 포함한 경우 $r^2 = 0.9936$ 으로 원통형이므로 크게 영향을 받지 않았으나 높은 측정질량을 나타내었다.

3. 구내필름상과 다기능파노라마상에서 건조 하악골블록 해면골질의 비교

구내표준필름에서 구리스텝웨지와 골블록이 근원심방향(협설단면)으로 촬영되어 입력된 영상에서 해면골만의 평균구리당량치는 0.027 ± 0.017 mmCu이었으며 그 분포는 0.033 ± 0.021 에서 0.022 ± 0.015 mmCu이었다. 피질골을 관통하는 협설방향 촬영상에서 평균구리당량치는 0.096 ± 0.012 mmCu, 환산골밀도는 0.42 g/cm²이었다.

다기능파노라마 횡단면상에서 해면골부의 평균구리당량치는 0.026 ± 0.020 mmCu, 그 분포는 0.028 ± 0.014 에서 0.022 ± 0.012 mmCu이었으며 환산된 골밀도는 0.38 g/cm²이었다. 구내표준필름상과 다기능파노라마상에서 각각 얻어진 해면골의 구리당량치간에는 통계학적으로 유의한 차이($P > 0.1$)가 없었다(Table 3). 골블록들에서 평균해면골의 밀도는 관통된 피질골을 포함한 전체 골블록밀도의 90% 정도였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 초점층후방부의 골블록은 축소되어 일부만 초점층내 골블록과 중첩되고 초점층전방 골블록은 확대되며 초점층내 골블록과 중첩되는 양상을 보였다. 중첩영상에서의 초점층내 골블록부의 해면골의 평균구리당량치는 0.064 ± 0.032 mmCu로서 0.40 g/cm²의 환산밀도를 보였다.

Table 3. Comparison of average copper-equivalent values of cancellous bone of bone piece on intraoral digital image and multifunctional panorama digital image

	intraoral	multifunctional panorama
copper-equivalent value (mmCu)	0.027 ± 0.017	0.026 ± 0.020



Fig. 5. A slicing image of three bone blocks taken with 8mm focal layer by PM 2002 CC.

4. 건조하악골에의 적용

건조하악골 소구치부 무치악부에 대하여 횡단면 촬영상을 얻고 구리당량영상을 제작하여 해면골부의 구리당량치를 측정할 결과 0.066 ± 0.033 mmCu로서 0.40 g/cm^2 의 환산밀도를 보였다.

총괄 및 고안

컴퓨터를 이용한 영상판독에서 영상의 입력에 관하여 Hildebolt 등^{34,35}은 슬라이드 스캐너를 이용한 시스템이 비디오 카메라를 이용한 시스템보다 우수하다고 보고했다. 본 연구에서는 스캐너로 방사선사진을 입력하여 실험에 이용하였으며 분석 프로그램은 NIH image를 이용하였다.

디지털영상에서 병소의 계조도와 참조체의 계조도를 비교하여 골병소의 부피를 결정하려는 정량적 방법들이 연구되었으며^{23,25} 골조직에서의 변화를 알루미늄당량 두께로 정량화하는 방법도 보고되었다.^{14,20,28-30} 최근에는 이들 방법들이 치주질환의 진행이나 치료후 치조골 밀도 변화의 계측^{16,18,21,22,26,27,29,36} 또는 근단병소의 변화계측³⁷을 위해 임상적으로 적용되었다.

본 연구에서는 다기능파노라마방사선 횡단면상의 디지털영상에서 알루미늄 두께와 계조도간에 $r^2 = 0.9997$ 의 3차 다항 관계식에 의한 알루미늄당량영상을 작성하였다. 과거 선학들²¹⁻²³의 연구에서는 알루미늄두께와 계조도사이에 거의 직선적인 상관관계를 보였다고 보고되었다. 알루미늄 두께 8 mm 이하에서는 두께와 계조도간에 직선회귀식의 관계가 비교적 높은 결정계수로 인정되나 8 mm 이상의 두께를 포함한 스텝웨지를 사용하여 엄밀히 평가하면 본 실험에서와 같이 높은 결정계수를 갖는 3차 내지 4차의 다항식관계에 의해 방사선 감쇄가 일어남을 알 수 있다.

알루미늄당량영상에서 측정된 알루미늄당량치는 면밀도의 차원을 갖는 알루미늄 x mm에 상당하는 값이므로 관심영역을 설정하여 그 면적분을 행하면 알루미늄의 환산체적이 되고 여기에 알루미늄의 밀도를 곱하므로써 관심영역의 당량치가 알루미늄 질량으로 환산된 값이 얻어지게 된다. 즉 골부피도 알루미늄당량 부피로 표현할 수 있다는 것을 의미한다.^{14,30} 본 실험에서는 이때 다기능파노라마방사선상이 약 1.45배의 확대율을 나타내므로 면적확대율 2.10으로 나눈 다음 알루미늄 비중 2.7 g/mm^3 을 곱하여 알루미늄블록의 추정질량을 구하였다. 이와 같이 얻어진 추정질량과 실제질량사이에는 통계학적으로 0.1수준에서 유의한 차이가 없었으므로 초점층내에서 얻어진 참조체당량영상에서도 참조체당량치는 의미가 있다고 평가되었다.

이와 같은 이론으로 인체에 적용이 용이한 구리시스템웨지를 이용해^{15,31-33} 다기능파노라마 횡단면방사선사진상에서 인체 골의 주성분으로 여겨지는 수산화인회석²⁵의 구리당량영상을 제작하여 실험을 행하였다. 직경과 높이와 무게가 각기 다른 수산화인회석의 원통블록에 대한 구리당량치로부터 수산화인회석의 밀도를 구하고 부피를 곱하여 얻은 수산화인회석의 추정질량과 실제질량과의 관계를 검토한 본 실험의 결과는 Ruttimann 등¹⁴이 25개의 실험병소의 실제무게와 알루미늄스텝웨지로 평가된 골양간에 직선회귀의 상관계수 $r^2 = 0.930$, QCT에 의해 얻어진 측정치와 실제 골질량간에는 $r^2 > 90$ 의 상관관계³ 그리고 하악전조골의 골소편에 대한 알루미늄 당량치로부터 환산된 측정치와 QCT에 의해 얻어진 골량측정치간의 상관계수가 0.935였다는 보고²⁵ 등에 비해 높은 결정계수($r^2 = 0.9984$)를 보였다. 따라서 구리당량치를 이용한 다기능파노라마 횡단면 디지털영상에서의 해면골 골밀도의 정량적 평가가 가능하다고 생각되었다.

김 등³¹은 관심영역의 밀도와 크기에 따른 구리당량치 측정의 변동계수가 평균 0.19를 보였다고 보고한 반면, Cobelt 등¹⁷이 컴퓨터를 이용하여 알루미늄당량치를 측정 한 경우에서 그 변동계수는 약 4-6%이었다. 이들의 결과와 본 다기능파노라마당량영상에서 측정치의 변동은 5%-9%의 범위였음을 고려할 때 다기능파노라마촬영영상의 재현성도 충분하다고 생각되었다.

본 실험에서 해면골부의 평균구리당량치는 0.026 ± 0.020 mmCu이었으며 환산된 골밀도는 0.38 g/cm^2 이었고 피질골을 관통하는 협설방향 촬영상에서 평균구리당량치는 0.096 ± 0.012 mmCu으로 환산골밀도는 0.42 g/cm^2 이었다. 환산골밀도 0.04 g/cm^2 의 좁은 변화폭에서 구리당량치는 0.07 mmCu의 더 큰 변화폭을 보이고 구리당량치가 의미있는 수치이므로 골밀도 차를 비교하기에는 구리당량치를 사용하는 것이 보다 효율적이라고 생각되었다. 또한 구내표준 필름상과 다기능파노라마상에서 각각 얻어진 해면골의 구리당량치간에는 통계학적으로 유의한 차가 없었으므로 다기능파노라마상에서의 골밀도평가는 임상적인 의의가 있다고 생각되었다. 김 등의 보고³³에서는 하악 소구치부에서 측정된 골염도가 0.35 g/cm^2 - 0.79 g/cm^2 의 범위를 보였던 바 본 실험의 피질골을 관통하는 협설방향 촬영상에서의 환산골밀도 0.42 g/cm^2 이 그 측정 방법에서 동일하므로 비교될 수 있으며 범위내에서 일치하는 소견을 보이고 있다. Sinoda 등³⁸에 의하면 TV 이미지에 의해 선상에서 정량 계산된 하악골블록의 칼슘량은 구치부에서 17.67 mg, 18.80 mg으로 원자흡광분석법으로 측정된 칼슘양 18.6 mg, 19.0 mg에 비해 각각 1.1%, 5.0%의 감소치를 나타내었다고 보고하였다.

다기능파노라마촬영장치는 매식체의 직경을 고려 할 때 초점층이 8 mm로 조정하는 것이 바람직하다고 생각되며 그 후방의 구조물은 축소되고, 전방의 구조물은 확대 및 흐려짐을 나타내므로 (Fig. 5) 인체에 적용시에는 중첩이 적은 협측의 해면골부를 측정할 필요가 있다고 생각되었다.

골블록 하나를 초점층에 위치시키고 나머지 골블록들을 그 전방 또는 후방으로 하악골의 만곡을 재현하여 얻은 영상에서 초점층밖의 골블록이 골밀도측정에 미치는 영향을 분석하였던 바 중첩영상에서의 초점층내 골블록부의 해면골의 평균구리당량치는 0.064-0.066 mmCu로서 0.40 g/cm^2 의 환산밀도를 보였고 인체 건조하악골에서도 유사한 결과를 얻었다. 이는 해면골부의 평균구리당량치 0.026 ± 0.020 mmCu 환산된 골밀도 0.38 g/cm^2 와 피질골을 관통하는 협설방향 촬영상에서 평균구리당량치 0.096 ± 0.012 mmCu 환산골밀도 0.42 g/cm^2 의 중간값에 해당한다. 따라서 이러한 점을 고려하여 향후 평가가 보정되어야 할 것으로 생각된다.

악골의 골밀도의 정량을 위해서는 악골의 구조적 문제가 있어 다기능파노라마촬영시 목적하는 부위에 대해 수

직 수평으로 엄격히 조사방향을 일치시키도록 transversal slicing system을 조절할 필요가 있다고 생각되었다.

이상을 종합하여 볼 때 다기능파노라마의 협설횡단면 방사선상을 이용한 디지털 영상시스템에 의한 골밀도의 측정은 그 가능성을 인정할 수 있었으나 향후 이를 인체에 적용하는 보다 정확한 보조장치와 연령 그리고 무치악 부위에 따른 골밀도의 표준치가 지속적인 연구를 통하여 마련될 필요가 있다고 생각되었다.

참 고 문 헌

- Eckerdal O, Kvint S. Presurgical planning for osseointegrated implants in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15: 722-6.
- Garg AK, Vicari A. Radiographic modalities for diagnosis and treatment planning in implant dentistry. *Implant Soc* 1995; 5(5): 7-11.
- Jeffcoat MK. Digital radiology for implant treatment planning and evaluation. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21: 203-7.
- Miles DA, van Dis ML. *Implant Radiology*. *Dent Clin North Am* 1993; 37: 645-68.
- Petrikowski CG, Pharoah MJ, Schmitt, A. Implants: Presurgical radiographic assessment. *Oral Health* 1990; 80: 51-5.
- Pharoah MJ. Imaging techniques and their clinical significance. *Int J Prosthodont* 1993; 6: 176-9.
- Silverstein LH, Melkonian RW, Kurtzman D, et al. Linear tomography in conjunction with pantomography in the assessment of dental implant recipient sites. *J Oral Implantol* 1994; 20: 111-7.
- Strid K-G, Ch18. Radiographic procedures. In Branmark P-I, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue integrated prostheses*. Chicago: Quintessence; 1985. p. 317-27.
- Ishigaki T, Sakuma S, Horikawa Y, Ikeda M, Yamaguchi H. One-shot dual-energy subtraction imaging. *Radiology* 1986; 161: 271-3.
- Hirose K, Kuramochi Y, Iba S. Investigation on bone mineral density and exposure factors. abstract *日本放射線技術學會雜誌* 1995; 51: 294.
- Katoh T, Shimada K, Chiba M, Kobayashi T. The basic study on bone mineral assessment with dual energy radiographic densitometry method. *齒放* 1978; 18: 278-95.
- Robertson DD, Huang HK. Quantitative bone measurements using x-ray computed tomography with second-order correction. *Med Phys* 1986; 13: 474-9.
- Taguchi A, Tanimoto K, Ogawa M, Sunayashiki T, Wada T. Effect of size of region of interest on precision of bone mineral measurements of the mandible by quantitative computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1991; 20: 25-9.
- Ruttimann UE, Webber RL. Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography. *J Periodont Res* 1987; 22: 215.
- 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: 129-146.
- Brägger D, Pasquali L, Rylander H, Carnes D, Komman KS. Computer assisted densitometric image analysis in periodontal radiography. A methodological study. *J Clin Periodontol* 1988; 15: 27-37.
- Cobel C, Mazess RB, Schmidt PB. Bone mineral determination in vitro by radiographic photon absorptiometry. *Invest Radiol* 1970; 5: 336-40.
- Hausmann E, Bale WF, Warren SL, van Huysen G. Techniques for assessing alveolar bone mass changes in periodontal disease with emphasis on ¹²⁵I absorptiometry. *J Clin Periodontol* 1983; 10: 455-

- 64.
19. Janssen PTM, van Palenstein Helderma WH, 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* 1989; 16: 335-41.
 20. Krokowski E, Steiner D. Roentgenologische bestimmung des kalziumgehalts im menschlichen slelett. *Med Klin* 1961; 56: 2073-6.
 21. 김형욱, 정종평. 치주병소 골흡수 측정시 정량분석형 계수공제영상 방사선 측정법에 대한 실험적 연구. *대한치주과학회지* 1990; 20: 278-85.
 22. 류명길, 정현주. Digital subtraction radiography를 이용한 치조골 변화의 정량적 분석. *대한치주과학회지* 1995; 25: 67-74.
 23. 조형희, 김은경. 방사선사진용 디지털 영상시스템의 정량적 평가에 관한 실험적 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1994; 24: 137-48.
 24. 岩下洋一朗, 森田康彦, 野井倉武憲. 口内法X線寫眞의 AI量畫像. *齒放* 1989; 29: 289-94.
 25. 野井倉武憲, 森田康彦, 岩下洋一朗. アルニウム 量畫像に關する骨 量の測定による相違. *齒放* 1994; 34: 171-7.
 26. Brägger U. Digital imaging in periodontal radiography. A review. *J Clin Periodontol* 1988; 15: 551-7.
 27. 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.
 28. Strid K-G, Kälebo P. Bone mass determination from microradiographs by computer-assisted videodensitometry. I. Methodology. *Acta Radiol* 1988; 29: 465-72.
 29. 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.
 30. Webber RL, Ruttimann UE, Heaven TJ. Calibration errors in digital subtraction radiography. *J Periodont Res* 1990; 25: 268-75.
 31. 김재덕, 김영진. 시간경과에 따른 골변화의 영상분석에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1997; 27: 73-86.
 32. 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.
 33. 김재덕, 박원길, 최의환. 하악골 골염도의 정량적 평가에 관한 비교 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1999; 29: 161-73.
 34. 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.
 35. Hildebolt CF, Vannier MW, Gravier MJ, ShROUT MK, Knapp RH, Walkup RK. Technical Report Digital dental image processing of alveolar bone: Macintosh II personal computer software. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21: 162-9.
 36. 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.
 37. Nagamine N, Tani K, Hara Y, Akamine A, Maeda K, Kauda H, Furukawa T, Hashiguchi I, Cheng YJ, Toyofuku F, Aono M. Radiographic Quantitative Analysis of Bone Repair on Chronic Apical Periodontitis. *日本齒科保存學雜誌* 1986; 28: 232-42.
 38. Sinoda K, Hashimoto K, Ohki T, Arai Y, Togawa K, Kawashima S, Ohgame Y, Honjaya T. Quantitative analysis of bone destruction by an intraoral fluoroscopic TV system. *齒放* 1987; 27: 346-54.