http://dx.doi.org/10.4047/jkap.2014.52.3.233

구강 내 치근단 방사선 영상을 이용한 치조골 골밀도 측정의 유용성 평가

박은진[1] · David-Hyungjin Kim[2] · 김은석[3]*

[1]이화여자대학교 의학전문대학원 치과학교실, [2]캘리포니아대학교 샌디에고 캠퍼스 생명과학전공, [3]단국대학교 치과대학 죽전치과병원

Evaluation of alveolar bone density by intraoral periapical radiography

Eun-Jin Park[1], David-Hyungjin Kim[2], Eun-Suk Kim[3]*

[1]*Department of Dentistry, School of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Republic of Korea*

[2]*Division of Biological Science, University of California, San Diego, USA*

[3]*Jukjeon Dental Hospital, College of Dentistry, Dankook University, Yongin, Korea*

Purpose: A method detecting change of jaw or alveolar bone density may be helpful in periodontal care, implant dentistry and evaluation of bone density of whole body. **Materials and methods:** In this study, bone density of intraoral periapical radiography using phantom-integrated XCP is compared with that of quantitative computed tomography (QCT). **Results:** Bone density of intraoral periapical radiography and the one measured by QCT showed high correlation (correlation coefficient = 0.92, $P<.001$) in alveolar bone, and relatively high correlation (0.73, $P<.001$) in cancellous bone. **Conclusion:** This study revealed possibility of scoring of bone density by intraoral periapical radiography. *(J Korean Acad Prosthodont 2014;52:233-8)*

Key words: Bone density; Alveolar bone density; Intraoral periapical radiography; Quantitative computed tomography; Cortical bone; Cancellous bone

서론

치과에서 가장 많이 사용하고 있는 구강 내 치근단 방사선 영상은 다른 촬영 술식에서 얻을 수 없는 가치 있는 많은 정보를 얻어낼 수 있고, 간편하며 가격이 적게 드는 좋은 촬영법이다. 특히 구강 내 치근단 방사선 사진은 치주질환과 치과 임플란트 영역에서도 효용 가치가 높은 술식 중의 하나라고 사료된다. 지금까지 나온 어떤 첨단 장비도 구강 내 치근단 방사선 사진만큼 미세하고 정확한 상을 제공해 주는 것은 없다. 예를 들어 전산화 단층영상이나 파노라마 방사선 영상이 전체적인 상이나 단층의 상을 보여준다고는 하지만 전산화 단층영상도 용소(pixel)라는 일정한 부피를 투과한 방사선량을 수치로 변화시켜 여러 치밀한 격자에 모자이크 상같이 표시해 놓은 그림에 불과하기 때문에, 상악골이나 하악골의 골소주나 피질골의 미세한 변화를 관찰할 수 없고, 파노라마 촬영법도 상층(focal trough)이라는 일정한 층만을 촬영하는 일종의 단층촬영이기 때문에 상의 흐림(blurring)이 일어나고 필름과 물체간의 거리(film-object distance)도 구강 내 치근단 촬영보다 훨씬 크므로 상의 확대나 왜곡이 심하다. 따라서 구강 내 방사선 사진으로 치주질환에 의한 골밀도의 변화, 전신 골다공증과 동반된 악골 및 치조골 골밀도의 변화, 그리고 인공치아 매식부위의 골밀도에 대한 지표를 나타낼 수 있는 방법의 개발은 임상에서 중요하고 유용한 기술이 될 것이다. Denissen 등[1]과 Ellwood 등[2]이 치조골의 골밀도 측정을 위해 dual energy x-ray absorptiometry (DEXA)를 사용하였다. DEXA는 검사시간이 짧고, precision error가 적어 전신 골밀도 측정에 가장 많이 사용되고 있는 방법이지만, 기

*Corresponding Author: Eun-Suk Kim
Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Jukjeon Dental Hospital
126 Jukjeon-dong, Suji-gu, Yongin, 448-701, Korea
+82 31 8005 2547: e-mail, eskimos@dankook.ac.kr
Article history: Received 20 June, 2014 / Last Revision 4 July, 2014 / Accepted 7 July, 2014

ⓒ 2014 The Korean Academy of Prosthodontics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

This study was supproted by a grant of Dankook University (113526).

하학적인 한계 때문에 악골에는 무치악의 경우에만 가능하고, 치아가 있는 일반적인 치조골에서는 치간 사이가 좁은 해부학적인 제한 때문에 사용하기가 곤란하다. 정량적 전산화 단층촬영(quantitative computed tomography, QCT)은 피질골과 해면골을 구분하여 골밀도를 측정할 수 있다는 장점이 있으나 촬영비가 비싸고, 방사선 노출량이 많기 때문에 일반적으로 사용하기에는 어려움이 있다.[3] 본 연구에서는 구강 내 치근단 방사선 영상을 이용한 치조골 골밀도 측정을 위한 지표개발을 위하여, 현재까지 골밀도를 가장 정확하게 알 수 있는 QCT 영상의 Hounsfield unit 값과 비교를 통해 그 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

모든 연구는 단국대학교 치과대학 죽전치과병원 임상시험 윤리위원회의 허가 하에 진행하였다. 26 - 34세의 9명(남성 5인, 여성 4인)의 자원자를 대상으로 하였다. 모든 피험자는 다음과 같은 조건을 만족시켰다. 1) 비흡연자, 정상적인 신장, 간 및 갑상선 기능, 2) 정상적인 혈중 내 칼슘과 alkaline phosphatase의 농도, 3) 심한 식이요법이나 칼슘이나 vitamin D의 결핍 혹은 과다 섭취 등의 병력을 가지고 있지 않을 것, 4) 골량에 영향을 줄 수 있는 호르몬 치료 같은 약물 섭취의 병력이 없을 것, 5) 과도한 노동이나 음주의 습관이 없을 것.

2. 구강 내 치근단 방사선 촬영, 영상보정 및 골밀도 측정

피험자에서 상악 중절치부, 상악 2소구치부, 하악 중절치부, 하악 2소구치부에서 구강 내 치근단방사선 촬영을 시행하였다. 모든 피험자는 동일한 센서 및 촬영기(Kodak 2200 intraoral x-ray system, Trophy, Marne la Vallée, France)를 이용하였다. 촬영 조건은 다음과 같다. 촬영기는 40 cm 원통형의 방사선원-물체간 거리 유지장치를 사용하였고, 방사선 영상 밀도의 변화를 최소화하기 위해 저자에 의해 고안된 변형된 XCP 장치를 이용하였다. 이것은 일반적인 평행 촬영법에 이용되는 센서 유지기구에 자체 제작된 4단계의 알루미늄 팬텀을 부착하여 사용하였다(Fig. 1). 본 연구에서 사용하는 알루미늄 팬텀은 밑면의 가로가 5 mm, 세로가 20 mm (5 mm × 4)이고, 각 단계의 높이는 가장 작은 것으로부터 각각 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 mm로 제작하였다. 이 팬텀을 센서의 전면에 배치한 후 구강 내 방사선 영상을 촬영하였다. 방사선 발생 조건은 70 KVp와 10 mA로 고정하고 임펄스는 부위에 따라 25-48 impulses의 범위를 사용하였다. 촬영된 디지털 영상은 150 PPI (pixel per inch) 해상도에서 8비트 그레이레벨로 조절하였다. 구강 내 방사선 영상은 QCT의 영상과 비교하여, 주변 구조물에 의한 영향이 적고, 측정이 간편한 하악 전치부위를 최종적으로 선택하였다. 영상의 보정은 다음과 같이 시행하였다. 팬텀의 두께와 평균 그레이레벨 사이의 관계가 거의 선형적이므로(Fig. 2) 보정함수 c(t)를 설정하였다. 여기서 t는 팬텀의 두께이고, c(t)는 그레이레벨이다. 먼저 구강 내 방사선 영상의 각 픽셀에서 그레이레벨 g를 얻는다. 얻은 그레이레벨을 상기의 보정함수의 역함수를 이용하여 팬텀 두께 t = c - 1 (g)로 환산한다. 팬텀의 두께는 그레이레벨이 아니므로 팬텀의 두께를 다시 그레이레벨(g*)로 환산하여 환산값이 0 이하면 g*는 0 팬텀 두께 환산값이 6 이상이면 g*는 255, 그 사이에서는 g* = (정수부분) (255 * t / 6.0)으로 하였다. 구강 내 방사선 영상에서의 골밀도는 다음과 같이 측정하였다. 보정된 구강 내 방사선 사진 영상으로부터 하악 전치부 치근단 부위의 골밀도를 측정하였다. 골밀도를 측정하는 위치는 하악 중절치와 측절치의 치근이 끝나는 부위의 치근단 사이로 이결절로부터 충분히 떨어진 부위를 선택하였다. 이 위치에서 시작하여 반경 12 픽셀인 원(ROI)의 내부를 설정하고, 원 안의 각 픽셀에서 팬텀 두께 환산치를 평균함으로써 얻었다(Fig. 3).

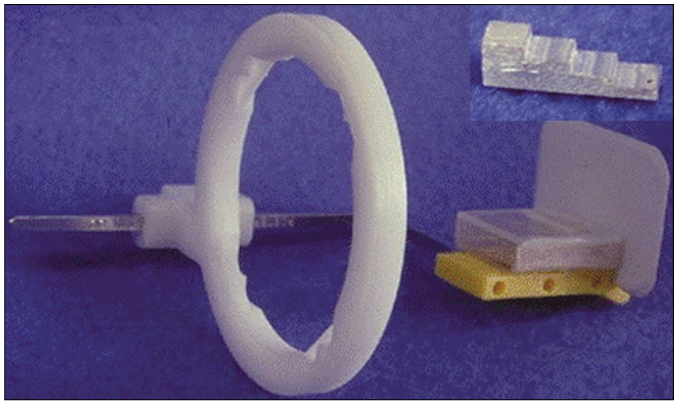

Fig. 1. A modified holding device of x-ray sensor with aluminum phantom.

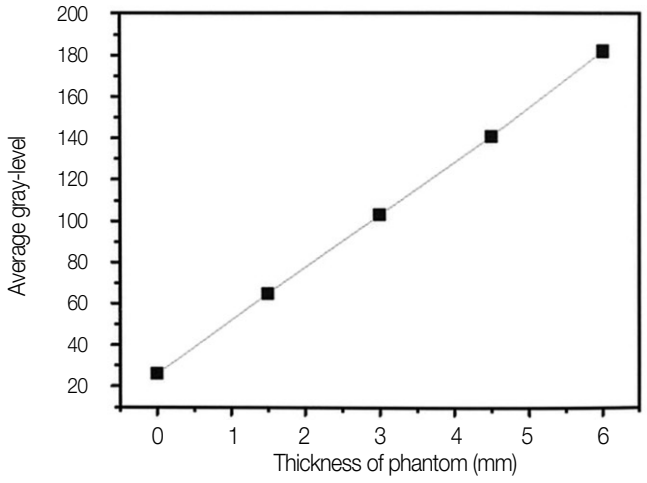

Fig. 2. Relationship between thickness of phantom and average gray level.

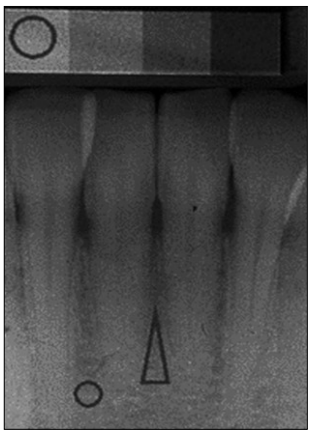

Fig. 3. Intraoral x-ray image and region of interest (ROI).

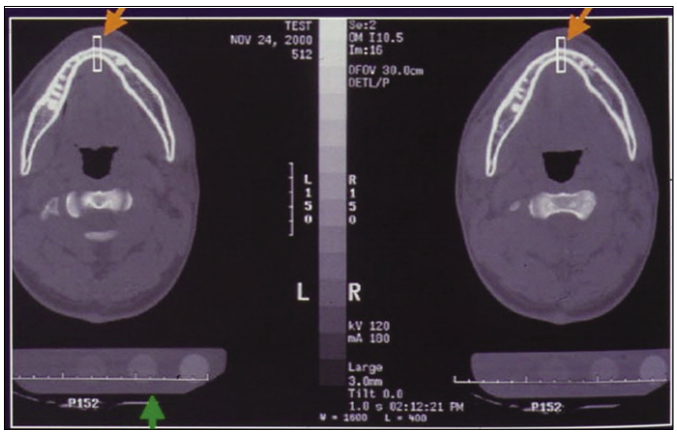

Fig. 4. Quantitative computed tomography (QCT) and ROI of mandibular alveolar bone.

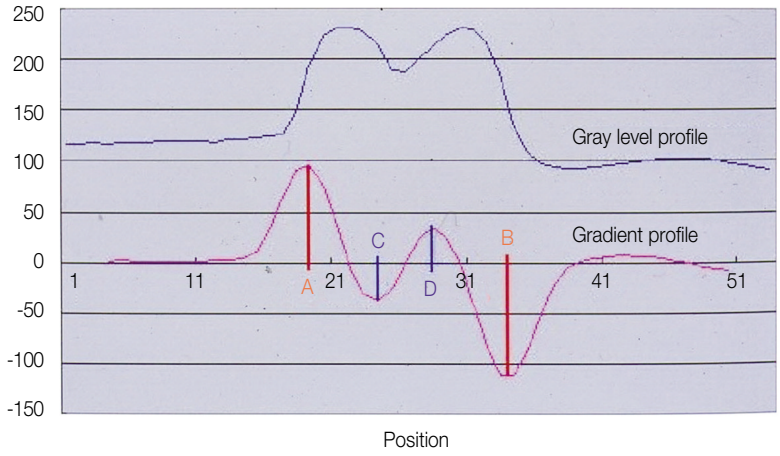

Fig. 5. Gray level and gradient profile of quantitative computed tomography on mandible. (A) Gradient profile of interface between soft tissue and buccal cortex of mandible, (B) Gradient profile of interface between soft tissue and lingual cortex of mandible, (C) Gradient profile of interface between buccal cortical bone and marrow of mandible, (D) Gradient profile of interface between lingual cortical bone and marrow of mandible.

3. 정량적 전산화 단층촬영 및 하악골 골밀도 측정

전산화 단층 촬영은 일반적인 axial 기법으로 실시하였다. 단층촬영을 실시할 때, 정량적 골밀도 측정이 가능하도록 K_2HPO_4, 물, 그리고 fat-equivalent polyethylene을 포함하는 4개의 embedded tube를 가진 반달모양의 팬텀(CT mineral calibration phantom, Quantitative Technologies, South San Francisco, CA, USA)을 경부에 위치시켰다. 120 kV monochromatic radiation의 조건 하에서 General electric 980 Quick CT를 이용하여 촬영하였다. 피검자의 머리 자세는 치열의 교합면이 지면에 수직이 되도록 고정하고, 1 mm 간격의 연속된 영상을 획득하였다. 골밀도의 측정은 구강 내 방사선 영상의 ROI에 해당되는 부위의 영상을 선택하여 4 × 30 mm의 직사각형 ROI를 설정한다(Fig. 4). 연조직에서의 그레이레벨이 급격하게 낮아지는 특성을 이용하여 기울기 프로파일에서 가장 큰 기울기를 갖는 두 개의 위치를 찾아내어 골과 연조직의 경계점으로 분리하고, 그 다음의 기울기 값을 갖는 두 점을 피질골과 해면골의 경계로 설정하여, 그 사이의 그레이레벨을 합산하여 하악골의 골밀도, 하악골 해면골의 골밀도를 측정하였다(Fig. 5). 측정된 골밀도 값은 팬텀을 이용하여 표준 그레이레벨을 정한 후, 이 표준 값에 맞춰 하악골 및 하악골 내 해면골의 골밀도 값을 보정하였다.

결과

팬텀 환산치로 보정한 구강 내 방사선 영상에서 측정한 하악골 골밀도(Table 1), QCT에서 측정한 하악골(Table 2) 및 하악골 내 해면골의 골밀도(Table 3)의 상관 관계 분석에서 구강 내 방사선 영상에서 측정한 골밀도와 QCT에서 측정한 하악골 골밀도 사이의 선형 상관도는 0.92를 보였다(Fig. 6). 구강 내 방사선 영상에서 측정한 골밀도와 QCT의 하악골 내 해면골 골밀도의 선형 상관계수는 0.73으로 나타났다(Fig. 7).

고찰

이 연구의 가장 두드러진 특징은 하악 전치부 치조골의 구강 내 방사선 영상은 이 부위의 QCT에 의한 골밀도(피질골 포함)와 높은 상관관계(r=0.92, P<.001)를 보이고, 해면골만의 골 밀도와도 비교적 높은 연관성(r=0.73, P<.001)을 보였다는 점이다. Grampp 등[4]이 보고한 골밀도의 변화에 대한 QCT의 높은 민감도를 고려할 때 매우 흥미로운 부분이 아닐 수 없다. 이러한 결과는 구강 내 방사선 영상이 골밀도의 정량화에 적절하지 못하

Table 1. Bone density of mandibles measured in intraoral radiography (adjusted phantom)

Subject	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Adjusted mean	6.0	4.1	4.9	4.2	5.9	4.2	5.1	3.7	4.7

Table 2. Bone density of mandible measured in quantitative CT

Subject	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bone density index of mandible	5780	3431	4614	3226	4909	3157	5298	2896	3895

Table 3. Bone density of mandibular cancellous bone measured in quantitative CT

Subject	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bone density index of mandibular cancellous bone	2396	1137	2424	1104	1581	1026	2433	821	1787

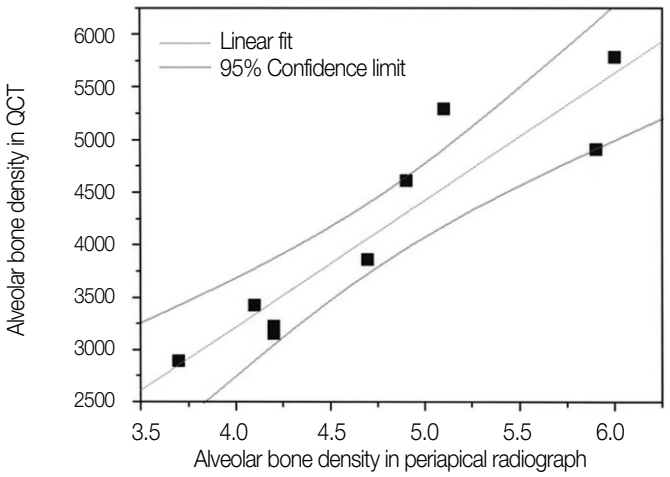

Fig. 6. A graph of correlation between alveolar bone densities of periapical radiograph and QCT.

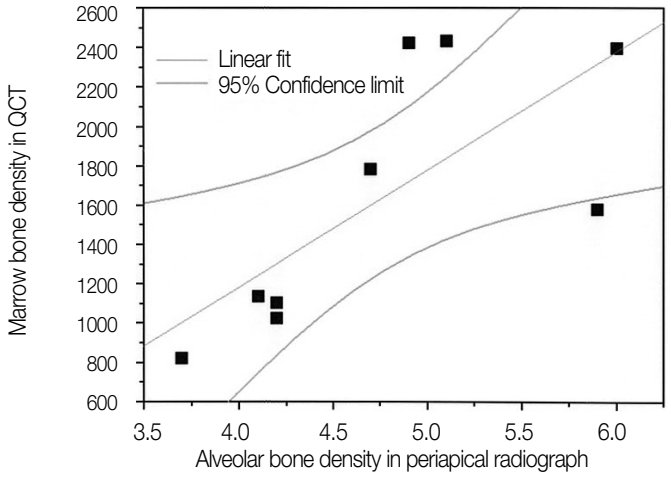

Fig. 7. A graph of correlation between alveolar bone density of periapical radiograph and marrow density of QCT.

다는 Kuhl과 Nummikoski[5]의 보고와는 다른 면을 보여주고 있다. 지금까지의 연구들은 어떤 특별한 기준이 없이 골다공증 환자, 혹은 정상인에서 척추의 골밀도와 치조골의 골밀도를 단순 비교하였다. 이에 따라 낮은 연관관계를 보이거나 연구자에 따라서는 악골의 골밀도 측정에서 QCT나 구강 내 방사선 영상의 유용성이 떨어짐을 보고하기도 하였다.[6,7] 따라서 유치악 치조골을 가진 정상인을 기준으로 골밀도에 대한 표준 측정방법을 제시하고 여기에서 다양한 부위와 환경에 따른 골밀도의 변화와 상관관계를 관찰하는 것이 매우 중요할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 몇 가지 이유로 하악 중절치와 측절치의 치근단이 끝나기 직전의 치간 부위를 측정 위치로 선정하였다. 첫째, 하악 전치부의 치조골의 골소주 양상은 사다리 형태로 비교적 일정한 형태를 가지고 있기 때문에 골소주의 유형 분석에 유리하다는 점이다.[8] 둘째, 피질골의 두께가 하악 구치부와 상악 치조골부의 중간에 해당되기 때문에 골밀도에 영향을 줄 수 있는 피질골과 해면골의 영향을 효과적으로 분석할 수 있다는 것이다. 셋째, 치조정 부위에서 충분히 떨어져 있기 때문에 치주질환에 의한 효과를 배제할 수 있고, 영상분석이 용이할 뿐 아니라, 이결절(genial tubercle), 골융기 등과 같은 구조물의 영향이 없는 부분이기 때문이다. 치과용 방사선 영상을 보정하기 위하여 간단한 금속 팬텀을 이용하는 방법이 널리 사용되고 있다. 특히 알루미늄의 방사선 흡수 특성이 골의 그것과 유사하기 때문에 본 연구에서는 단순한 계단형 알루미늄 팬텀을 이용하여 구강 내 방사선 영상을 보정하였다. 기존의 구강 내 방사선 촬영 장비인 XCP의 변형된 단순 장치가 골밀도와 위치 표준화에 유용한 장비임을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서는 기존의 metal housing을 사용하지 않고, 플라스틱으로 만든 housing을 사용함으로써, 금속에 의한 x-ray의 산란이나 배경효과를 없애고자 하였다.[9] 그리고 교합인지 장치를 사용하지 않아도 이로 인한 위치 재현성 저하에 따른 오차율은 통계적으로 유의성이 없었는데, 이는 Southard의 보고에서처럼 기존 XCP의 위치 재현성이 높기 때문으로 사료된다.[10] 본 연구의 제한점으로는 골소주 분석의 표준화를 이루지 못한 것이다. 주위의 해부학적 구조물을 피한 ROI 내에 존재하는 골 소주의 양이 매우 적었기 때문에 일정한 유형을 만들기 어려웠다. 추후 더 세밀한 영상처리에 대한 기술을 개발하여, 이에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 사체의 치조골을 이용하여 구강 내 방사선 영상에서 부위별 골밀도의 표준값을 설정하는 것도 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구의 목적은 치과영역에서 가장 많이 사용하고 있는 구강 내 치근단 방사선 사진을 이용한 치주질환에 의한 골밀도의 감소의 진단이나 치과 임플란트 시술 전 수용부의 골밀도에 대한 평가 기술을 개발하는 것으로서, 본 연구의 결과에 의하면 구강 내 치근단 방사선 영상은 유치악 치조골의 골밀도와 높은 상관 관계를 가지며, 향후 치조골 골밀도 측정장비의 개발의 가능성을 보여주었다.

References

1. Denissen H, Verhey H, de Blieck J, Corten F, Klein C, van Lingen A. Dual X-ray absorptiometry for alveolar bone: precision of peri-implant mineral measurements ex vivo. J Periodontal Res 1996;31:265-70.
2. Ellwood R, Horner K, Alexander S, Davies R. A digital subtraction radiography investigation of upper first molar proximal bone density changes in adolescents. J Periodontal Res 1998;33:172-7.
3. Bassi F, Procchio M, Fava C, Schierano G, Preti G. Bone density in human dentate and edentulous mandibles using computed tomography. Clin Oral Implants Res 1999;10:356-61.
4. Grampp S, Jergas M, Lang P, Steiner E, Fuerst T, Glüer CC, Mathur A, Genant HK. Quantitative CT assessment of the lumbar spine and radius in patients with osteoporosis. AJR Am J Roentgenol 1996;167:133-40
5. Kuhl ED, Nummikoski PV. Radiographic absorptiometry method in measurement of localized alveolar bone density changes. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000;89:375-81.
6. Allen KM, Hausmann E. Analytical methodology in quantitative digital subtraction radiography: analyses of the aluminum reference wedge. J Periodontol 1996;67:1317-21.
7. Brägger U, Bürgin W, Fourmousis I, Schmid G, Schild U, Lang NP. Computer-assisted densitometric image analysis of digital subtraction images: in vivo error of the method and effect of thresholding. J Periodontol 1998;69:967-74.
8. Ulm C, Kneissel M, Schedle A, Solar P, Matejka M, Schneider B, Donath K. Characteristic features of trabecular bone in edentulous maxillae. Clin Oral Implants Res 1999;10:459-67.
9. Southard TE, Wunderle DM, Southard KA, Jakobsen JR. Geometric and densitometric standardization of intraoral radiography through use of a modified XCP system. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999;87:253-7.
10. Southard KA, Southard TE, Schlechte JA, Meis PA. The relationship between the density of the alveolar processes and that of postcranial bone. J Dent Res 2000;79:964-9.

구강 내 치근단 방사선 영상을 이용한 치조골 골밀도 측정의 유용성 평가

박은진[1] · David-Hyungjin Kim[2] · 김은석[3]*

[1]이화여자대학교 의학전문대학원 치과학교실, [2]캘리포니아대학교 샌디에고 캠퍼스 생명과학전공, [3]단국대학교 치과대학 죽전치과병원

목적: 상, 하악골 혹은 치조골의 골밀도에 대한 지표를 나타낼 수 있는 방법의 개발은 치주질환의 관리, 치과 임플란트 치료 및 전신 골다공증의 진단 등에 유용하게 사용될 수 있다.
대상 및 방법: 팬텀을 포함하는 평행법 촬영기구(XCP)를 이용해 골밀도를 측정하고 이를 정량적 전산화 단층촬영 영상의 값과 비교하여 구강 내 치근단 방사선 영상을 이용한 골밀도 측정의 유용성을 평가하였다.
결과: 실험 결과 치조골의 골밀도에서 두 방법은 0.92 (P<.001)로 높은 상관관계를 보였고, 해면골에 국한된 골밀도는 0.73 (P<.001)으로 비교적 높은 유의한 상관관계를 보였다.
결론: 구강 내 치근단 방사선 영상을 통한 치조골 골밀도 측정의 가능성을 제시하였다. *(대한치과보철학회지 2014;52:233-8)*

주요단어: 골밀도; 치조골 밀도; 구내 치근단 방사선 촬영; 정량적 전산화 단층촬영; 피질골; 해면골

*교신저자: 김은석
448-701 용인시 수지구 죽전동 126 단국대학교 치과대학 죽전치과병원
031-8005-2547: e-mail, eskimos@dankook.ac.kr
원고접수일: 2014년 6월 20일 / 원고최종수정일: 2014년 7월 4일 / 원고채택일: 2014년 7월 7일

ⓒ 2014 대한치과보철학회
이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용하실 수 있습니다.

이 논문은 단국대학교 대학연구비의 지원을 받아 연구되었음 (113526).