

Digora[®]에서 정량영상의 특성에 대한 평가

김 재 덕

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실 및 구강생물학연구소

The Assessment on the Characteristics of Quantitative Image in Digora[®]

Jae-Duk Kim

Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chosun University and Oral Biology Research Center

Purpose: To clarify the usefulness and the limitation of Digora system[®] by evaluating the physical characteristics as the quantitative image on Image Plate(IP).

Materials and Methods: Radiograms were taken by Heliodont MD(Siemens Co., Germany) with the image plate for adult, Cu-step wedge as reference material, and three pieces of dry mandibular bone. Image analysis was performed by single color enhancement, density measurement with histogram. The relationship between the exposure conditions and the distribution of the pixel values of the image, the variation of pixel values of each step of Cu-step wedge at two different area and Cu-equivalent value of three pieces of dry mandibular bone measure by the conversion equation.

Results: There was no linear relationship between the exposure condition and the average pixel value of the image, of which the distribution was not even. The pixel value differences between the center portion and the periphery were ranged from 60 to 70 in vertical plane and from 15 to 26 in horizontal plane. Two plot profile formed at two different areas of the Cu-step wedge were different. The measured Cu-equivalent values showed the discrepancy among the times of measurement.

Conclusion: As above results, Image Plate(IP) of Digora system[®] showed the limitation as the quantitative image. The physical property of IP was expected to need to be compensated for the quantitative evaluation of the bone or others(*J Korean Oral Maxillofac Radiol 1999;29:397-406*)

Key words : quantitative image, physical characteristics

I. 서론

최근 구내 X 선촬영장치의 하나로 필름대신 image plate(IP)가 X 선 검출기로 이용되는 Digora[®] (Soredex, Helsinki, Finland)¹⁾가 디지털시스템으로 개발되었다. 이 시스템은 기본적으로 storage phosphor screen인 IP와 영상기록장

치로서 스캐너가 연결된 컴퓨터로 구성되어 있다. 조사된 X 선중 물체를 통과한 X 선 에너지 일부는 광자극 형광(photostimulable luminescence)현상에 의해 IP에 잠복상으로 저장된다. 이렇게 저장된 에너지는 스캐너의 좁은 레이저 광선에 의해 가시광선으로 방출되며 이는 photomultiplier에 의해 디지털영상화 되어 컴퓨터

터 모니터상에 나타나며 또한 컴퓨터에 저장된다. 이 시스템은 최적의 흑화도와 대조도를 갖는 영상을 얻을 수 있도록 흑화도와 대조도가 어느 정도는 자동으로 조절되며 흑화도는 전체 256 계조도로 표시된다. Digora[®] 시스템에 포함되어 있는 영상처리 프로그램에는 계조도측정, 선길이 및 각도측정, 색상강조(color enhancement), 변연강조(edge enhancement), 계조도전환(grey scale conversion), 대조도강조(contrast enhancement)등 다양한 기능이 포함되어 있다.

Digora[®] 시스템의 물리적 특성에 대한 연구로 Borg 등²⁾이 상질에 대하여 필름과 CCD 시스템을 비교하였고, Schaezting 등³⁾은 storage phosphor IP시스템의 노출 범위가 매우 넓어 필름 사용시 있을 수 있는 노출 실수로 인한 재촬영을 피할 수 있다고 하였다^{4,5)}. 또한 Hildebolt 등⁶⁾은 Ektaspeed Plus 필름과 비교하여 SP plate의 방사선 노출의 작은 변화량에 대한 반응을 측정하였다.

노출에 따른 SP 영상에서 계측선 측정치와 표본에서 얻어진 임상적 측정치에 대한 관계가 Conover 등⁷⁾에 의해 연구되었으며 Digora[®] 시스템을 이용하여 근관용 파일의 길이를 측정할 때 노출이 미치는 영향에 관한 연구로 Velders 등⁸⁾, Gröndahl과 Borg^{4,5)}의 연구가 있었으며 Sanderink 등⁹⁾은 여러파일을 사용하여 근관장을 측정하는 데 있어서 Digora[®] 시스템과 RVG, Sens-A-Ray, EktaIPeed 필름을 비교하였으며 국내에서는 고 등¹⁰⁾의 연구가 보고되었다. 또한 우식증에 대한 연구로 Svanaes 등¹¹⁾, Wenzel 등¹²⁾ M ystad 등¹³⁾ 오 등¹⁴⁾의 보고가 있었다.

한편 방사선사진으로부터 골의 정량적인 평가를 하기 위해 참조체를 피사체와 함께 촬영한 다음 TV 카메라나 스캐너, 컴퓨터시스템을 이용하여 구내 방사선사진을 간접적으로 디지털화하였으나 여전히 환자에 대한 피폭량이 크다. 최근 개발된 간접방식의 디지털 시스템의 하나인 Digora를 이용하면 환자에 대한 피폭량이 1/10 정도 감소되고 필름의 소모가 없으며²⁾ 영상으로

저장도 가능하다¹⁵⁾. 이를 이용하여 참조체의 2차원적인 영역에 대한 계조도정보를 이용하여 당량 변환식을 작성하고 이에 의해 골의 정량분석이 가능하여 개인컴퓨터와 영상분석 시스템을 간편히 연결함으로써 골변화 또는 골에 대한 정량적인 평가가 임상적으로 간편히 이루어 질 수 있다.

정량분석이 가능하려면 영상은 노출시간에 따른 또한 한 영상의 각 부위에서의 흑화도 또는 계조도의 항상성에 대한 검증이 필요하다. 이에 본 연구에서는 디지털 구내촬영 장치로서 Digora를 이용하여 그 영상의 특성을 조사하여 정량적인 영상분석시 그 유용성과 한계를 밝히는 것을 목적으로 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

구내 방사선촬영장치는 Heliodent MD (Siemens Co., Germany)로 하고 X 선 검출기인 IP는 성인용(35 45 1.6mm; 416 569 pixels)을 일회용 플라스틱 백을 씌워서 사용하였다. 참조체로는 IP의 하단부에 10단계의 구리스텝웨지를 부착하여 촬영하였다. 디지털 영상 시스템으로는 Digora[®] (Soredex, Orion Corporation Ltd, Helsinki, Finland)를 이용하였으며 촬영된 IP상은 시스템자체의 레이저스캐너에 의해 스캔되어 256단계의 계조도가 지원되도록 디지털화되었다.

2. 연구방법

방사선촬영은 60kVp 0.12초 0.16초 0.20초 70kVp 0.12초 0.16초 0.20초의 6가지 노출조건에서 단순히 IP에 노출하여 6개의 영상을 얻은 다음 구리스텝웨지를 부착하고 같은 조건에서 6개의 영상을 얻고 마지막으로 세 개의 건조하악 골 골편을 70kVp 0.12초의 조건에서 구리스텝웨지를 부착하고 촬영하여 영상을 얻었다.

분석은 측정된 당량치의 정밀도에 영향을 미치는 인자로서 6가지 서로 다른 노출조건에 따른

배경영상과 구리스텝웨이 각각에서의 계조도의 변화도와 각 골조직부위의 당량치의 변화를 검증하고 규격성을 검증하였다.

이를 위해 기본 IP에 대해 각 촬영조건에서 얻어진 영상의 계조도 분포를 분석하기 위해 single color enhancement, density measurement 그리고 histogram 기능으로 분석하였다.

이어 구리스텝웨이 영상 중간부와 하부에서 10 단계에 대한 plot profile을 작성하여 비교분석하였다.

골편의 구리당량치를 측정하기 위하여는 얇은측으로부터 6단계의 구리스텝에 대해 비교적 균등한 계조도분포를 보인 구리스텝의 상반부에 직사각형의 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하여 계조도를 5회씩 측정한 후 평균치를 구한 다음 알고있는 구리두께와의 변환식을 엑셀 프로그램을 이용하여 작성한 다음 각골편의 일정영역에 대해 각각 5회씩 구리당량치를 측정하여 분석하였다.

III. 연구결과

1. 배경영상

조사시간과 픽셀치의 관계를 밝히기 위해 IP에 방사선 조사를 시행한 결과 영상의 중심부는 검고 주변부 특히 사각형의 상부와 하부는 희게

나타나 픽셀 감도가 균일하지 못하였고 조사시간과 평균픽셀치간에는 직선관계가 인정되지 않았다(표 1).

각부위에 따른 계조도의 측정에서 수직상으로 변연부와 중심부간에 60 ~ 70의 계조도차를 보였고 수평상에서는 변연부와 중심부간에 계조도 15 ~ 26 정도의 차를 보였다(표 1). 수평상에서는 노출시간이 적을수록 변연부와 중심부의 계조도의 차가 작아지는 경향을 보였으나 수직상으로는 변화가 인정되지 않았다. 그림 1에서도 single color enhancement를 위해 그 역치를 30으로 하였을 때 상부에 비교적 넓은 녹색지역과 하부에 다소 좁은 녹색지역을 나타내었고 사각우각부에 포함되는 장방형지역을 설정하여 density measurement를 시행한 바 그 계조도의 히스토그램에서도 분포폭이 큰 것이 인정되었다.

2. 구리스텝웨이

X선 발생장치의 변동에 기인한 픽셀치의 변동을 구리스텝웨이의 정보에 의해 보정시키기 위하여 그림 2에서와 같이 구리스텝에서 중간부(M)와 하부(L)각각의 관심영역 위치에 따라 일련의 계조도를 측정한 결과 구리스텝의 중간부는 38.19에서 124.99의 픽셀치 사이에서 하부는 38.19에서 117.98사이의 서로 다른 픽셀치폭내에서 계단곡선을 나타내었으며 그에의해 작성된 구리당량치로의 변환식은 각각 차이를 나타내었다.

Table 1. Average pixel values, maximum(max.) and minimum(min.) pixel values on the vertical(v) and the horizontal(h) plane of the IP according to the exposure conditions (pixel value)

exposure(sec.) \ kVp	60	70
	0.2	105.66 ± 7.54
min.-max.:v, h	94-164, 91-116	91-163, 87-113
0.16	119.79 ± 5.98	112.05 ± 6.18
min.-max.:v, h	110-170, 109-127	102-170, 101-119
0.12	120.44 ± 6.54	114.45 ± 6.71
min.-max.:v, h	108-169, 109-123	103-172, 103-119

Table 2. Cu-equivalent value(mm) measured at three pieces of dry mandibular bone

bone 1	0.165	0.177	0.155	0.168	0.170
bone 2	0.160	0.174	0.164	0.174	0.177
bone 3	0.231	0.240	0.206	0.240	0.259

3. 건조하악골편의 구리당량치

세개의 밀도가 서로 다른 하악골편을 촬영한 영상으로부터 구리스텝웨지의 일련의 계측된 계조도를 이용해 엑셀프로그램에서 작성된 구리당량치로의 변환식을 이용하여 각 하악골편의 구리당량치를 측정 한 바 5회 측정시마다 각기 그 구리당량치가 달라 일치하지 않았다(표 2).

IV. 총괄 및 고안

악안면방사선 분야에서 일반적으로 사용되는 필름은 현상 과정이 필요하고 상대적으로 높은 노출이 필요하며 노출 변화에 민감하고 변화시킬 수 없는 정적인 상을 제공하는 등의 단점이 있다.

Digora[®] 시스템은 1.6mm 두께의 감지기가 사용되며 연결선이 없으므로 표준 필름으로 촬영하는 것과 동일한 방법으로 사용될 수 있고 IP의 크기가 표준 필름의 크기와 유사하므로 이 시스템에서 얻어진 영상은 실제적으로 표준 필름 방사선 사진과 유사하다. 또한 시스템에서 사용되는 IP는 넓은 노출 허용도를 갖기 때문에 최적의 방사선학적 조건을 상대적으로 더 쉽게 얻을 수 있으며, 방사선 노출의 증가나 감소에 의한 오류를 감소시킬 수 있다²⁾.

이 시스템에서는 흑화도와 대조도가 자동으로 조절되어 최적의 흑화도와 대조도를 갖는 영상을 얻게 된다고 알려져 있다. Velders 등¹⁶⁾은 자동 계조도 조정 (automatic greyscale adjustment)이 상 질에 어떤 영향을 미치는가에 대해 노출을 감소시켜 가는 파일의 길이를 측정 한 결과 자동 계조도 조정을 하지 않은 경우보다 자동 계조도 조정을 시행한 경우에서 파일 길이 감소가 더 적어서 긍정적인 효과를 보여주었으나

노출 시간을 Ektaspeed 필름 노출 시간의 6% 이하로 감소시켰을 때는 자동 계조도 조절된 영상에서 측정된 길이가 자동 계조도 조절되지 않은 영상에서 측정된 길이보다 짧게 나타났다고 보고하였다. 이는 256 계조도중 120 계조도 정도가 영상을 조절하는 데 사용되고 다른 계조도는 자동으로 검은색(픽셀치 0)이나 흰색(픽셀치 255)으로 변화되는데 매우 낮은 노출 시간에서는 파일과 주위 조직의 흑화도가 흰색에 가까우므로 대조도가 매우 낮아서 자동 계조도 조절 후에 파일과 주위 조직 둘 다 흰색(픽셀치 255)으로 되어 대조도가 소실되기 때문이라고 하였다. 그 설명은 타당성을 지나나 본 실험에서는 그림 1에서 보는 바와 같이 전체영상의 중심부가 검고 주변부 특히 사각형의 상부와 하부는 희게 나타나 픽셀 감도가 균일하지 못하였으며 계조도의 히스토그램에서도 분포폭이 큰 것이 인정되었다. 더욱이 본 실험에서 노출시간과 픽셀치의 관계를 밝히기 위해 IP에 방사선 조사를 시행한 결과 노출시간과 평균 픽셀치간에는 직선관계가 인정되지 않았으며 수평상에서는 노출시간이 적을수록 변연부와 중심부의 픽셀치의 차가 작아지는 경향을 보였으나 수직상으로는 픽셀치의 변화가 인정되지 않고 지속적으로 큰 픽셀치의 차이를 나타내었다. IP 영상에서 대조도 강조 술식을 사용했을 때 파일 첨부와 치근단의 식별능을 향상시킨다⁴⁾고 보고되었으나 파일의 흑화도가 타조직에 비해 크게 차이가 나므로 가능하였다고 생각되었다. 물론 중심부의 흑화도분포에서는 다소 안정성을 보였지만 정량영상으로서 평가되기에는 한계가 있음이 시사되었다.

이를 보완하기 위하여 참조체인 구리스텝웨지를 이용하여 평가가 가능한가에 대해 알아보고 X선 발생장치의 변동에 기인한 픽셀치의 변동을

구리스텝웨지의 정보에 의해 보정시키기 위하여 픽셀치의 차이를 나타내었던 부위에 각각 해당되는 구리스텝의 중간부(M)와 하부(L) 각각에서 관심영역을 설정하여 일련의 픽셀치를 측정하고 구리스텝의 중간부는 38.19에서 124.99의 픽셀치 사이, 하부는 38.19에서 117.98사이의 서로 다른 픽셀치 구간내에서 계단곡선(그림 2)을 나타내었으며 그에 의해 작성된 구리당량치로의 변환식은 각각 차이를 나타내었다.

또한 세개의 밀도가 서로 다른 하악골편을 촬영한 영상으로부터 구리스텝웨지의 일련의 계측된 계조도를 이용해 엑셀프로그램에서 작성된 구리당량치로의 변환식을 이용하여 각 하악골편의 구리 당량치를 측정하고 측정시마다 각기 그 구리당량치가 달라 일치하지 않았다. Wenzel 등^{15,17)}의 디지털화한 구내 방사선사진에 대한 연구에서 흑화도, 대조도, 변연 강조로 상아질 교합면 우식증의 진단 정확도를 증가시킬 수 있으며 특히 낮은 흑화도 영상에서 더욱 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 또한 대조도 강조(contrast enhancement), 색상 전환(color conversion)이 치조골 변화를 평가하는 데 유용하다고 하였다 18,19고 보고되고 있으나 정성적인 평가에 국한되어야 한다고 생각되며 정량적인 평가에서는 보다 X선 검출기의 보완이 따라져야 할 것으로 생각되었다.

V. 결 론

디지털 구내촬영 장치인 Digora를 이용하여 그 영상의 특성을 조사하고 정량적인 영상분석시 그 유용성과 한계를 밝히기 위해 구내 방사선촬영장치는 Heliodent MD(Siemens Co., Germany)로 하고 X선 검출기인 IP는 성인용을 일회용 플라스틱 백을 씌워서 사용하였다. 참조체로는 IP의 하단부에 10단계의 구리스텝웨지를 부착하였고 촬영된 IP상은 시스템자체의 레이저 스캐너에 의해 스캔되어 256단계의 계조도가 지원되도록 디지털화되었다. 영상분석에는 single

color enhancement와 density measurement를 이용하였다. 분석은 측정된 당량치의 정밀도에 영향을 미치는 인자로서 6가지 서로 다른 노출조건에 따른 배경영상과 구리스텝웨이 각각에서의 계조도의 변화와 세개의 건조하악골편 구리당량치의 변화를 조사하여 규격성을 검증하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조사시간과 평균픽셀치간에는 직선관계가 인정되지 않았다.
2. 영상의 픽셀 감도는 균일하지 못하였다.
3. 각부위에 따른 픽셀치의 측정에서 수직상으로 변연부와 중심부간에 60 ~ 70, 수평상에서는 변연부와 중심부간에 픽셀치 15 ~ 26 정도의 차를 보였다
4. 구리스텝의 중간부와 하부는 서로 다른 픽셀치폭내에서 계단곡선을 나타내었다.
5. 밀도가 서로 다른 하악골편은 측정시마다 각기 구리당량치가 달라 일치하지 않았다.

이상을 종합하여 볼 때 디지털 구내촬영 장치인 Digora는 정량영상으로서 평가되기에는 한계가 있어 정량적인 평가를 위해서는 X선 검출기의 보완이 따라져야 할 것으로 생각되었다.

참고문헌

1. Wenzel A and Gröndahl H-G. Direct digital radiography in the dental office, *Int. Dent. J.*, 1995;45:65-73.
2. Borg E and Gröndahl H-G. On the dynamic range of different X-ray photon detectors in intra-oral radiography. A comparison of image quality in film, charge-coupled device and storage phosphor systems, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 1996; 25(2):82-88.
3. Schaetzing R et al. Digital radiography using storage phosphors, In: Newell JD, Kelsey CA, eds. *Digital imaging in diagnostic radiology*, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1990:pp.107-138.
4. Borg E and Gröndahl H-G. Endodontic measurements in digital radiographs

- acquired by a photostimulable, storage phosphor system, *Endod. Dent. Traumatol.*, 1996;12:20-24.
5. Gröndahl H-G and Borg E. Endodontic measurements with an intraoral image plate technique - the Digora® system, *The proceedings of the 10th international congress of dento-maxillo-facial radiology*, 1994;pp.150-151.
 6. Hildebolt CF et al. A comparison of the response of storage phosphor and film radiography to small variations in X-ray exposure, *Dentomaxillofac. Radiol.*,1997; 26:147-151.
 7. Conover GL, Hildebolt CF and Yokoyama-Crothers N. Comparison of linear measurements made from storage phosphor and dental radiographs, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 1996;25:268-273.
 8. Velders XL, Sanderink GCH and van der Stelt PF. The effect of different exposure times on the detectability of endodontic files in the new digora indirect digital intraoral x-ray system, *The proceedings of the 10th international congress of dento-maxillo-facial radiology*,1994;pp.245-246.
 9. Sanderink GCH, Van Der Stelt PF and Velders XL. Image quality of a new indirect digital intraoral x-ray sensor system. The digora system compared to direct digital systems and film in assessing root canal length, *The proceedings of the 10th international congress of dento-maxillo-facial radiology*,1994; pp. 377-379, .
 10. 고지영 · 박창서. Digora®에서 노출시간의 변화가 근관치료용 file의 침부식별에 미치는 영향, *치과 방사선*,1997;27(1):55-67.
 11. Svanaes DB et al. Intraoral storage phosphor radiography for approximal caries detection and effect of image magnification. Comparison with conventional radiography, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*,1996; 82:94-100.
 12. Wenzel A et al. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-coupled device and storage phosphor systems: an in vitro study, *Dentomaxillofac. Radiol.*,1995; 24(4):250-254.
 13. M ystad A et al. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film, *Dentomaxillofac. Radiol.*, 1996;25:202-206.
 14. 오경란 · 최의환 · 김재덕. Digora®영상시스템을 이용한 인접면 인공치아우식병소의 진단능에 관한 연구, *치과방사선*,1998;28(2):461-470.
 15. Wenzel A and Fejerskov O. Validity of diagnosis of alveolar bone density changes in occlusal surfaces of extracted third molars, *Caries Res.*,1992; 26:188-94.
 16. Velders XL, Sanderink GCH and van der Stelt PF. Dose reduction of two digital sensor systems measuring file lengths, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*,1996;81:607-12.
 17. Wenzel A et al. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs, *Caries Res.*, 1990;24:327-33.
 18. Brägger U and Pasquali L. Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images, *J. Clin. Periodontol.*, 1989;16:209-14.
 19. Reddy MS et al. Contrast enhancement as an aid to interpretation in digital subtraction radiography, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*,1991;71:763-9.

Address : Prof. Jae-Duk Kim, Dept. of D.M.F-radiology, School of Dentistry, Chosun University, Kwangju, KOREA
 Tel : (062) 220-3608 Fax : (062) 227-0270
 E-mail : JDAKIM@mail.chosun.ac.kr

사진부도 설명

Fig.1 Density measurement, single color enhancement, and histogram of the IP image

Fig.2 The plot profile at the middle part(M) and the lower part(L) of Cu-step wedge

사진부도

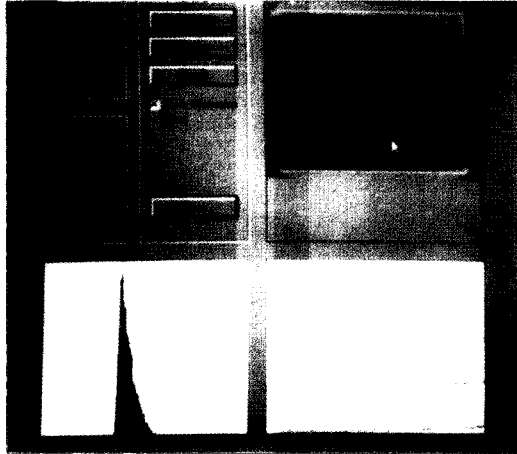


Fig 1

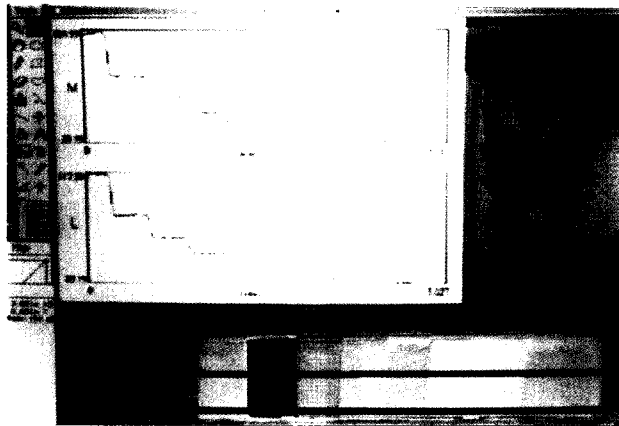


Fig 2