

# 정상 해부학적 구조물에 대한 X선 영상의 비교 연구

최향희 · 최의환 · 김재덕

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실

## A Comparative Study of Radiographic Images on Normal Anatomical Structures

Heang-Hee Choi, Eui-Hwan Choi, Jae-Duk Kim

*Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chosun University*

**Purpose:** To compare radiographic images of Digora® system and Ektaspeed Plus film obtained from normal adults.

**Materials and methods:** Storage phosphor plate(SPP) was placed in a film holder behind Ektaspeed Plus film package without lead foil. The effect of film on SPP was studied in a separate in vitro experiment. Forty-seven sets of images were prepared for the evaluation. The regions of interest(ROI) for evaluation were designated at seven sites including normal anatomical structures. The image quality for each ROI was evaluated on enhanced and unenhanced storage phosphor(SP) images and Ektaspeed Plus film.

**Results:** Two film-SPP configurations showed significantly different gray levels at each step of the aluminum step wedge( $p < 0.05$ ). The contrasts were comparable. Enhanced SP images were significantly superior to unenhanced images and film in all anatomical structures( $p < 0.01$ ). The differences between unenhanced SP images and film were significant( $p < 0.05$ ) except root canal and cortical bone on alveolar crest. For anatomical items, there were statistically significant difference among five observers( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** The image quality of enhanced SP images were superior to Ektaspeed Plus film, and Digora system is potentially applicable to clinical diagnosis. (*J Korean Oral Maxillofac Radiol 1999;29:281-295*)

**Key words :** Radiographic images, normal anatomical structures, aluminum step wedge, diagnosis

### I. 서론

최근들어 방사선 사진 진단의 분야에서 중요하게 다루어지고 있는 디지털 방사선사진 촬영법은 진단학적 영상 처리를 통해 판독에 적절한 영상을 얻을 수 있으며<sup>1)</sup> 환자의 노출량 감소와 함께 영상을 전송하고 저장하는 장점이 있다<sup>2,3)</sup>.

charge-coupled devices(CCDs)를 사용하는 몇가지 구내 직접 디지털 시스템이 소개되었으며<sup>4)</sup>, 이러한 CCD 영상 시스템에 대한 몇가지 평가

와 비교가 보고되어 왔으나<sup>5-11)</sup>, CCD의 사용에서 주로 제기되는 문제점은 방사선 촬영을 위한 최적의 위치를 결정하기 어렵다는 것이며, 이는 센서 두께, 구강내의 센서에서 컴퓨터까지 전선의 존재, 좁은 범위의 초점에 기인한다<sup>6)</sup>.

최근에 디지털 구내 방사선사진의 새로운 시스템인 Digora® (Soredex, Orion Corporation Ltd, Helsinki, Finland)가 개발되었다<sup>4)</sup>. 이는 storage phosphor(SP) image plate(IP)를 사용하는 디지털 시스템으로 광자극 형광(photo-

stimulable luminescence)이라 불리는 현상이 사용되며, 발생된 X선 에너지 일부가 storage phosphor screen인 IP에 잠복상으로 저장된다. 스캐너에서 좁은 레이저 광선이 저장된 에너지를 가시광선으로 방출시키며 이는 photomultiplier에서 아날로그 전기적 신호로 변환시키고 그후 디지털화되어 8-bit 디지털 영상으로 저장된다. Digora<sup>®</sup> 시스템은 기본적으로 IP와 컴퓨터에 연결되는 영상기록장치(read-out device)로 구성된다. IP는 치근단 필름의 No. 0 필름과 No. 2 필름에 해당하는 두가지 크기(소아용 21 30mm, 성인용 30 40mm)가 있다. 표준 방사선 기기를 사용할 수 있으며 IP에 노출시키는 모든 과정은 표준 방사선 필름과 동일하다. 스캔은 약 25초 정도 걸리며 얻어진 상이 컴퓨터 모니터상에 나타난다. 이 시스템은 최적의 흑화도와 대조도를 갖는 영상을 얻을 수 있도록 흑화도와 대조도가 어느정도는 자동으로 조절되며, 처음 prescan으로 가장 높은 노출과 가장 낮은 노출을 갖는 부위를 결정하고 그후 final scan에서 가장 높은 강도와 가장 낮은 강도 부위가 전체 256 계조도 범위로 조절된다. 변연강조(edge enhancement), 계조도전환(gray scale conversion), 광도전환(brightness changes), 대조도강조(contrast enhancement) 같은 영상 처리 프로그램이 Digora<sup>®</sup> 시스템에 포함되어 있다.

Digora<sup>®</sup> 시스템의 물리적 특성에 대한 연구에서, Borg 등<sup>12)</sup>은 필름이나 CCD 시스템과 비교했을 때 SP 시스템이 노출 감소에 따른 상 질 저하가 더 적었다고 보고하였고, Schaetzing 등<sup>13)</sup>에 따르면 SP 시스템은 받아들일 수 있는 노출 범위가 매우 넓어서 필름에서의 노출 실수로 인한 재촬영을 줄일 수 있다고 하였다<sup>14,15)</sup>. 또한 Hildebolt 등<sup>16)</sup>은 Ektaspeed Plus 필름과 비교해서 SP plate의 방사선 노출의 작은 변화량에 대한 반응을 측정하였으며, Velders 등<sup>17)</sup>은 근관용 파일의 길이를 측정할 때 Digora<sup>®</sup> 시스템을 사용함으로써 노출량을 95% 이상 감소시킬 수 있다고 하였고, Gröndahl과 Borg<sup>14,15)</sup>는 근관용

파일 침부와 근침부 사이의 거리 측정시 매우 낮은 노출에서도 시행될 수 있다고 하였다. 또한 우식증에 대한 연구로 Svanaes 등<sup>18)</sup>은 SP 영상의 인접면 우식증 식별능이 Ektaspeed 필름과 유사하였다고 보고하였고, Wenzel 등<sup>19)</sup>의 교합면과 인접면 우식 병소의 식별능을 평가한 연구에서 4가지 디지털 영상 시스템(Digora, RVG, Sens-A-Ray, Visualix)이 거의 동일하게 나타났으며, M ystad 등<sup>20)</sup>의 연구에서 SP 강조 영상이 비강조 영상과 Ektaspeed 필름보다 인접면 우식의 진단능을 유의성 있게 향상시킨다는 것을 보여주었다. 계측선 측정에 대한 Conover 등<sup>21)</sup>의 연구에서는 적절하게 노출시킨 필름과 노출을 감소시켜 얻은 SP 영상에서 얻어진 측정치가 표본에서 얻어진 임상적 측정치와 동일하게 나타났으며, Borg 등<sup>22)</sup>은 CCD 시스템(Sens-A-Ray)과 IP 시스템(Digora)간에 이개 부위의 골 소실 정도를 판독하는 능력에 있어서 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나 IP 시스템은 CCD 시스템에서 사용되는 노출의 40%에서도 동일하게 잘 판독할 수 있다고 하였다. 한편, Sanderink 등<sup>23)</sup>은 15번 파일을 사용하여 근관장을 측정하는 데 있어서는 Digora<sup>®</sup> 시스템이 RVG, Sens-A-Ray, Ektaspeed 필름과 유사하였으나 10번 파일에 대해서는 더 낮은 결과를 보였다고 하였다.

국내에서는 고 등<sup>24)</sup>의 Digora<sup>®</sup> 시스템에서 시간의 변화가 근관치료용 파일 침부 식별에 미친 영향을 평가하기 위한 연구에서 Digora<sup>®</sup> 시스템에서 활용 범위가 Ektaspeed Plus 필름에 비하여 넓었으며, 15번과 20번 파일을 사용할 경우 Ektaspeed plus 필름의 4%까지 노출시간을 줄일 수 있다고 하였고, 오 등<sup>25)</sup>은 Digora<sup>®</sup> 시스템의 인접면 치아우식증 진단능에 관한 연구에서 구내 표준 방사선 사진상과 동등한 진단능과 관찰자간 다양성을 보였으며, 표준 방사선 사진상을 대신할 수 있는 잠재력을 지닌 영상 시스템이라고 하였다.

그러나 이러한 연구들 중 대부분이 발거치나 건조하악골을 이용하였으며, 실제 환자의 치아

및 치주조직을 촬영한 구내 디지털 영상의 임상 평가에 대한 보고는 거의 볼 수 없었다.

이에 저자는 Digora<sup>®</sup> 시스템의 임상 적용시 진단학적 가치를 밝히기 위해, 정상 성인에 있어서 기하학적 위치 관계를 동일 상태로 설정하여 동시에 촬영한 Ektaspeed Plus 필름과 Digora<sup>®</sup> 시스템의 정상 해부학적 구조물에 대한 X선 영상을 비교 평가하고자 한다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

구내 방사선 필름은 감광도 E군의 Ektaspeed Plus (Eastman, Kodak Co., Rochester, NY, USA) 필름을 암실에서 필름 납박을 제거하고 비닐 테이프로 밀봉하여 사용하였으며, 정상 성인 16명의 전악 방사선사진과 알루미늄 스텝웨지의 영상을 얻었다. 구내 방사선 촬영기인 Oralix 65 S (Gendex Dental Systems, Milano, Italy)를 사용하여 65kVp, 7.5mA의 조건하에서 촬영하였고, 촬영된 방사선 필름은 Periomat 자동현상기(Dürr-dental Co., Germany)로 현상하였다. 디지털 영상 시스템으로는 Digora<sup>®</sup> (Soredex, Orion Corporation Ltd, Helsinki, Finland)를 이용하였으며, 제조 회사에 따르면 해상능이 6 line pairs/mm이고<sup>20)</sup>, 화소 크기는 70×70 μm이다. 영상 감지기인 IP는 성인용(35X45X1.6mm; 416X569 pixels)을 일회용 플라스틱 백을 씌워서 사용하였다. 촬영된 IP상은 레이저 스캐너로 스캔하였다. 컴퓨터는 16Mb RAM을 부착한 586 Pentium (GD53P 752, LG)과 1024X768 해상능, 256단계의 색조를 갖는 15인치 모니터(1467, LG)를 사용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 필름의 존재 유무에 따른 디지털 영상의 평가

동일한 조건으로 촬영하기 위해 납박을 제거한 필름을 IP 앞에 위치시켜 동시에 노출시켰을

때, IP 앞의 필름이 IP에 미치는 영향을 평가하였다(Fig. 1). 첫 번째 배열은 IP 앞에 납박을 제거한 필름을 위치시키고, 두 번째 배열은 필름 없이 IP만을 위치시켜서 촬영하여 각각의 배열에 대한 알루미늄 스텝웨지의 영상을 얻었다. 연조직 당량 물질로 20mm 두께의 아크릴릭 레진을 사용하였으며, 초점에서 IP까지의 거리는 30cm로 유지하였다. 구내 방사선 촬영기인 Oralix 65 S (Gendex Dental Systems, Milano, Italy)를 사용하여 65kVp, 7.5mA의 조건에서 촬영하였으며, 노출시간은 예비 실험을 통해 얻어진 가장 적절한 Ektaspeed Plus 필름의 노출시간을 사용하였다(0.32sec). 각 배열에서 얻어진 알루미늄 스텝웨이 영상의 6 단계(3, 4, 5, 6, 7, 8mm)에서 직사각형의 관심영역(region of interest, ROI)을 설정하여 계조도를 5회씩 측정한 후 평균치를 구하였다.

#### 2) 구내 방사선 촬영법에 의한 상의 형성

IP 앞에 납박을 제거한 필름을 필름 유지기(XCP, Rinn Corp., USA)에 위치시켜서 동시에 노출시켰다<sup>20,21)</sup>. Oralix 65 S (Gendex Dental Systems, Milano, Italy)를 사용하여 65kVp, 7.5mA의 조건에서 촬영하였으며, 노출 시간은 각 부위에 따른 Ektaspeed Plus 필름의 임상적 노출 시간을 사용하였다(0.16sec-0.4sec). SP 영상은 Digora<sup>®</sup> 시스템에 포함된 프로그램인 자동 계조도 조정 (automatic greyscale adjustment) 후에 저장하였다.

#### 3) Ektaspeed Plus 필름과 Digora<sup>®</sup> 영상의 판독

16명의 전악 방사선사진을 촬영하여 얻어진 224개 영상에서 치관 수복물 및 치아의 겹침등에 의해 관찰이 곤란한 부위는 제외하였으며, 관찰가능한 47개 촬영 부위를 선택하였다. 영상은 Ektaspeed Plus 필름상, Digora<sup>®</sup> 비강조영상과 강조영상의 3가지 영상으로 평가하였다(Fig. 2).

관찰가능한 1치관 1치근을 하나의 관찰 부위

로 하였으며 관찰 부위는 한 영상내에 1-2부위로 설정하였다. 치주 조직에 대해서는 한 치근의 주위를 관찰하였다. Digora® 영상은 비강조영상과 관찰자들이 주관적으로 가장 좋은 상 질을 얻도록 영상 처리 프로그램을 사용하여 임의로 조절한 강조영상을 각각 관찰하였다. 평가를 위한 관심 영역(ROI)은 법랑상아질 경계부(enamel-dentin junction), 치주인대강(periodontal membrane space), 치조백선(lamina dura), 치수각(pulp horn), 근관(root canal), 치조정의 피질골판(cortical bone on alveolar crest), 치조골의 골소주 양상(trabecular pattern of alveolar bone)의 7부위의 정상 해부학적 구조물로 설정하였다(Fig. 3). 각 영상에서 명료하게 식별할 수 있다(5), 식별할 수 있다(4), 희미하지만 식별할 수 있다(3), 희미하지만 식별할 수 없다(2), 전혀 식별할 수 없다(1)로 평가하였다. 각 영상을 2명의 구강악안면방사선과 전공의와 3명의 보존과 전공의가 평가하였으며, 이들은 모두 Digora® 시스템을 사용한 경험이 없었으므로 Digora® 시스템의 사용법을 교육시켰다. 또한 관찰을 시작하기 전에 구내 표준 필름 중 적절한 촬영이 이루어진 참조 필름을 이용하여 평가 방법의 진단 기준에 대한 견해를 일치시킬 수 있도록 하였으며, 이를 Digora® 상의 진단시에도 기준으로 사용하였다.

모든 필름 영상은 무순위로 마운트하고 일정한 광도의 판독대에서 확대경 없이 판독하였으며, 판독대와 판독자간의 거리는 50cm-100cm로 유지하였다. 디지털 영상과 필름의 판독 환경을 가능한 한 유사하게 하기 위해 동일한 거리를 두고 모니터 상을 판독하도록 하였으며, 모두 어두운 곳에서 관찰하였다.

### 3. 평가방법과 통계처리

#### 1) 필름 존재 유무에 따른 디지털 영상의 비교

각 배열에서 얻어진 알루미늄 스텝웨이 영상의 6 단계(3, 4, 5, 6, 7, 8mm)에서 계조도를 5회씩 측정 후, 알루미늄 스텝웨이 각각의 단계

에서 각 배열의 계조도간에 유의한 차이가 있는지를 분산분석법(ANOVA)으로 평가하였다.

#### 2) 필름과 Digora® 영상의 비교

각 관찰 부위의 ROI에 대한 필름상, 비강조영상, 강조영상의 각 대비마다 점수의 차를 구하여 평균치와 표준편차를 계산하고, t-test로 유의성을 검정하였다<sup>26)</sup>.

#### 3) 관찰자간 신뢰도(interobserver reliability)

##### 평가

각 관찰 부위의 ROI마다 5명의 관찰자간의 판독에 차이가 있는지를 비교하기 위해 분산분석법(ANOVA)을 시행하였다.

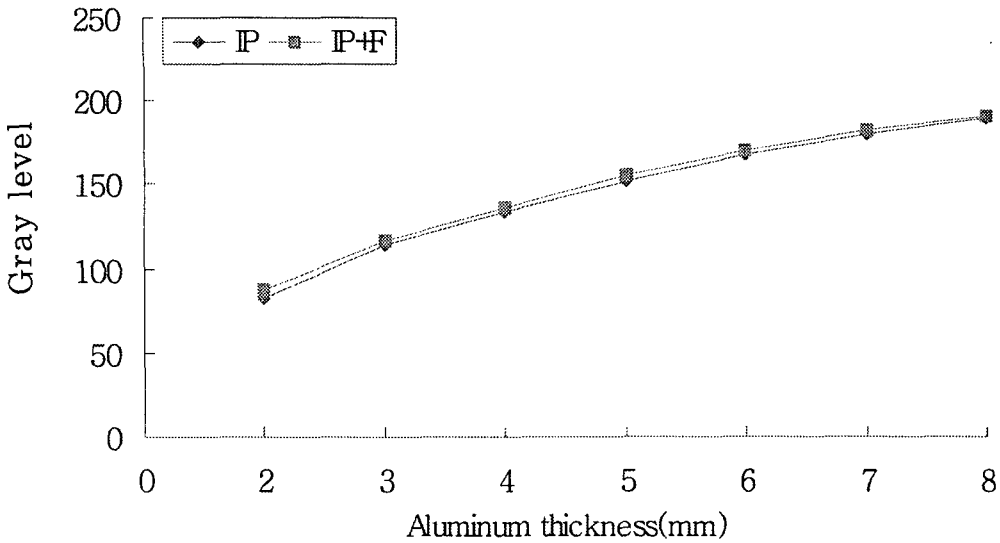
## Ⅲ. 연구성적

#### 1) 필름 존재 유무에 따른 디지털 영상의 비교

IP 앞에 납박을 제거한 필름을 위치시킨 것과 필름 없이 IP만을 위치시킨 각각의 배열에서 얻어진 알루미늄 스텝웨이의 영상은 각 단계에서 유의성 있게 다른 계조도를 보였다( $p < 0.05$ ). 알루미늄 두께와 계조도의 관계에서 IP와 피사체 사이의 필름 유무에 따른 그래프의 기울기 값인 대조도는 유사하였으나, 2-3mm 부위에서는 계조도가 다르게 나타났다(Fig. 4).

#### 2) 필름, Digora® 비강조영상과 강조영상의 비교

모든 해부학적 구조물에 대해서 Digora 강조영상의 점수가 가장 높았으며, 그 다음으로 필름, Digora 비강조영상의 순으로 나타났다(Table 1, 2). 또한 Digora 강조영상의 관찰 점수는 필름보다 평균 0.27-0.46점, 비강조영상보다 평균 0.35-0.54점의 차로 모든 해부학적 지표에 대해서 유의성 있게 높은 점수를 보였으며( $p < 0.01$ ), 필름과 비강조영상은 근관과 치조정의 피질골판을 제외한 나머지 5부위에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).



**Fig. 4.** The relation between aluminum thickness and Digora gray level. IP: Aluminum stepwedge was placed on image plate directly. IP+F: Ektaspeed Plus film packet without lead foil was placed between aluminum stepwedge and image plate.

**Table 1.** Means and standard deviations of scores for Ektaspeed Plus film, unenhanced and enhanced storage phosphor images.

| Anatomical structures           | Film |      | Unenhanced |      | Enhanced |      |
|---------------------------------|------|------|------------|------|----------|------|
|                                 | Mean | SD   | Mean       | SD   | Mean     | SD   |
| enamel-dentin junction          | 4.65 | 0.58 | 4.40       | 0.66 | 4.93     | 0.25 |
| periodontal membrane space      | 4.27 | 0.69 | 4.18       | 0.77 | 4.73     | 0.47 |
| lamina dura                     | 4.21 | 0.72 | 4.10       | 0.78 | 4.62     | 0.58 |
| pulp horn                       | 4.18 | 0.74 | 4.00       | 0.79 | 4.59     | 0.57 |
| root canal                      | 4.09 | 0.85 | 4.02       | 0.87 | 4.54     | 0.61 |
| cortical bone on alveolar crest | 4.62 | 0.54 | 4.54       | 0.61 | 4.89     | 0.32 |
| trabecular pattern              | 4.65 | 0.56 | 4.42       | 0.56 | 4.91     | 0.28 |

### 3) 관찰자간 신뢰도(interobserver reliability) 평가

관찰자간의 관찰 결과를 Table 2에 나타내었다. Digora 비강조영상에서 치조정의 피질골판을 제외하고는 모든 해부학적 지표에 대해서 영상 종류에 관계없이 5명의 관찰자간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

### 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. 고감광도 필름의 발달로 노출량을 유의하게 감소시켰지만<sup>26,28)</sup>, 여전히 필름 고유의 단점이 있

**Table 2.** Comparison among Ektaspeed Plus film(F), unenhanced(U) and enhanced(E) storage phosphor images(n=235). (U)-(F) represents the score of (U) image subtracted by that of (F) image.

| Anatomical structures           | (U)-(F) |      | (E)-(F) |      | (E)-(U) |    |      |      |    |
|---------------------------------|---------|------|---------|------|---------|----|------|------|----|
|                                 | Mean    | SD   | Mean    | SD   | Mean    | SD |      |      |    |
| enamel-dentin junction          | -0.24   | 0.82 | **      | 0.29 | 0.55    | ** | 0.53 | 0.64 | ** |
| periodontal membrane space      | -0.09   | 0.68 | *       | 0.46 | 0.65    | ** | 0.54 | 0.68 | ** |
| lamina dura                     | -0.11   | 0.70 | *       | 0.41 | 0.68    | ** | 0.51 | 0.64 | ** |
| pulp horn                       | -0.19   | 0.86 | **      | 0.41 | 0.81    | ** | 0.60 | 0.85 | ** |
| root canal                      | -0.07   | 0.76 | NS      | 0.45 | 0.71    | ** | 0.52 | 0.76 | ** |
| cortical bone on alveolar crest | -0.08   | 0.70 | NS      | 0.27 | 0.54    | ** | 0.35 | 0.61 | ** |
| trabecular pattern              | -0.23   | 0.67 | **      | 0.27 | 0.53    | ** | 0.49 | 0.57 | ** |

NS:  $p > 0.05$  \*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$

**Table 3.** Difference among 5 observers.

| Anatomical structures           | Difference among 5 observers |            |          |
|---------------------------------|------------------------------|------------|----------|
|                                 | Film                         | Unenhanced | Enhanced |
| enamel-dentin junction          | *                            | *          | *        |
| periodontal membrane space      | *                            | *          | *        |
| lamina dura                     | *                            | *          | *        |
| pulp horn                       | *                            | *          | *        |
| root canal                      | *                            | *          | *        |
| cortical bone on alveolar crest | *                            | NS         | *        |
| trabecular pattern              | *                            | *          | *        |

NS:  $p > 0.05$  \*  $p < 0.05$

으므로 필름이 필요하지 않는 대안이 요구된다.

디지털 구내 방사선 촬영법은 영상 획득의 물리적 과정과 결과적인 상 질에 있어서 표준 필름 방사선 촬영법과는 다르다. 디지털 방사선 촬영법은 필름보다 상당히 낮은 노출에서도 진단학적으로 받아들여질 만한 영상을 얻을 수 있으며, 현상 과정이 필요하지 않다<sup>12)</sup>. 진단학적 결과가 표준 방사선 사진으로 얻어진 것과 유사할지라도 이러한 면이 디지털 방사선 촬영법의 장점이 된다.

CCDs를 사용하는 몇가지 구내 직접 디지털 시스템이 표준 방사선 필름의 대안으로 시중에

소개되어 왔다. 직접 디지털 시스템의 영상은 노출 직후에 얻어지며, 표준 방사선 필름보다 방사선에 더 민감하기 때문에 Ektaspeed 필름과 비교해서 거의 60%까지 노출량을 감소시킬 수 있다<sup>29)</sup>. 그러나 CCD 시스템에서는 표준 필름보다 영상 검출부의 크기가 더 작으며, 거의 No. 0 필름에 해당한다(20×25mm)<sup>4)</sup>. 그러므로 감지기를 정확히 위치시키기가 어렵고<sup>6)</sup>, 교의치의 방사선 사진이 요구되는 경우 CCD 시스템을 사용했을 때는 둘 이상의 촬영이 필요할 수 있다.

Digora<sup>®</sup> 시스템은 1.6mm 두께의 감지기를 사용하며 전선이 없으므로 표준 필름에서 사용하

는 것과 동일한 방법으로 사용할 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 있다<sup>2)</sup>.

이 시스템에서는 흑화도와 대조도가 자동으로 조절되어 최적의 흑화도와 대조도를 갖는 영상을 얻게 되며, 이러한 자동 계조도 조정 (automatic grayscale adjustment)이 상 질에 어떤 영향을 미치는가에 대해 Velders 등<sup>30)</sup>은 노출을 감소시켜 가는 파일의 길이를 측정시 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 조절이 된 영상에서 측정된 길이가 자동 계조도 조절하지 않은 영상에서 측정된 길이보다 짧게 나타났다. 이는 256 계조도(gray level) 중 120 계조도 정도가 영상을 조절하는 데 사용되고 다른 계조도는 자동으로 검은색(value 0)이나 흰색(value 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(계조도 255)으로 되어 대조도가 소실되기 때문이라고 하였다.

Ektaspeed Plus 필름은 Kodak사에서 1994년 개발한 것으로, Ultra-Speed 필름보다 감광도가 2배 정도이나 대조도가 다소 낮은 Ektaspeed 구내 필름을 보완하여 새로운 감광유제 기술(tubular-grain emulsion)로 만든 필름으로, Ektaspeed 필름보다도 고감도이면서 높은 대조도와 낮은 과립상(graininess)을 보이는 것으로 보고되었다<sup>31,32)</sup>.

Svanaes 등<sup>18)</sup>과 M ystad 등<sup>20)</sup>은 필름과 IP를 동시에 노출시켜서 인접면 우식 진단능을 비

교한 바 있으며, 이와 유사하게 본 연구에서도 납박을 제거한 후 밀봉한 Ektaspeed Plus 필름을 IP 앞에 위치시켜서 동시에 방사선에 노출시켰다. Versteeg 등<sup>33)</sup>은 필름 유지기를 사용하여 세가지 필름-IP 배열에 대한 알루미늄 스텝웨지의 영상을 얻어서 납박이 없는 필름에서 산란 방사선(scattered radiation)의 효과를 평가하였다. 표준 필름과 비교해서 납박이 없는 필름에서 높은 흑화도를 보였으나, 세가지 필름의 대조도는 유사하게 나타났다. Price<sup>34)</sup>의 연구에서도 동일한 효과가 관찰되었으며, 흑화도는 증가하지만 대조도는 거의 감소하지 않는다고 하였다. 즉, 납박을 제거한 필름 뒤의 IP는 산란 방사선의 양을 감소시키며, 대조도의 감소는 없기 때문에 필름의 진단학적 상 질은 감소되지 않는다고 하였다. 본 연구에서는 납박을 제거한 필름을 IP 앞에 위치시켜 동시에 노출시켰을 때, 필름이 IP에 미치는 영향을 평가해 본 결과, IP 앞에 납박을 제거한 필름을 위치시킨 것과 필름 없이 IP만을 위치시킨 각각의 배열에서 얻어진 알루미늄 스텝웨지의 영상은 각 단계에서 유의성 있게 다른 계조도를 보였다. 그러나 IP와 피사체 사이의 필름 유무에 따라 알루미늄 두께와 계조도의 관계를 나타내는 그래프의 경사는 유사한 것으로 보아 필름 유무에 따른 대조도의 변화는 없는 것이라고 생각된다. 따라서 동일한 노출 조건을 위해 동시에 촬영한 IP의 영상으로 비교함에 있어 타당함을 나타냈다.

Digora<sup>®</sup> 시스템은 IP를 스캔하여 0.07mm<sup>2</sup>의 화소 크기를 형성하며<sup>35)</sup>, 6 line pairs/mm 정도의 해상력을 갖고 있어 치과용 Ektaspeed 필름의 해상력(20 line pairs/mm)보다는 매우 적다<sup>4)</sup>. 사람 육안의 해상력(12 line pairs/mm)은 Ektaspeed 필름의 해상력보다는 낮고 Digora 시스템의 해상력보다는 높다고 보고되고 있다<sup>29)</sup>. 그러나 Svanaes 등<sup>18)</sup>과 Borg 등<sup>22)</sup>은 SP 시스템의 해상력이 인접면 우식 식별이나 골 소실 정도를 판독하는 데 있어서 충분하다고 보고하였다. Furkart 등<sup>36)</sup>은 모니터 상에서 보여주는 디지털

영상의 확대로 치주적 골 병소 식별을 향상시킬 수 있다고 하였으며, M ystad 등<sup>37)</sup>도 디지털 영상 확대가 인접면 우식 식별의 진단능에 유의성 있는 영향을 준다고 보고하였다.

정적인 필름과 비교해서 디지털 영상은 동적이다. Wenzel 등<sup>38,39)</sup>의 디지털화한 구내 방사선 사진에 대한 연구에서 흑화도, 대조도, 변연 강조로 상아질 교합면 우식증의 진단 정확도를 증가시킬 수 있으며, 특히 낮은 흑화도 영상에서 더욱 증가시킬 수 있었다고 보고하였다. 또한 대조도 강조(contrast enhancement), 색상 전환(colour conversion)이 치조골 변화를 평가하는데 유용하다고 하였다<sup>40,41)</sup>. 치과의사들이 치아 구조물, 치근단 골 파괴, 우식증을 확인시 원래의 영상보다 강조 영상을 더 좋아하며<sup>42)</sup>, 파노라마 방사선 사진에서 미세한 부분의 식별능을 향상시키고<sup>43)</sup> 두부규격 방사선사진에서 계측점 확인을 용이하게 한다는 보고가 있었다<sup>44)</sup>. 또한 SP 영상에서 대조도 강조 술식을 사용했을 때 파일 첨부와 치근단의 식별능을 향상시킨다고 하였으며<sup>15)</sup>, SP 강조 영상이 비강조 영상, 필름보다 인접면 우식의 진단능을 유의성 있게 향상시키며, 필름보다 더 낮은 관찰자간 편차를 보인다고 하였다<sup>20)</sup>. 본 연구에서는 관찰자간에 유의한 차이가 있었음에도 불구하고 모든 해부학적 지표에 대해서 SP 강조영상의 관찰 점수가 필름이나 비강조영상보다 유의성 있게 높은 점수를 보였다. 이러한 판독시 영상 조작 가능성은 큰 장점으로 생각될 수 있으며, 필름과 비교했을 때 디지털 시스템의 더 낮은 해상력을 어느 정도 보상할 수 있으리라 생각된다.

Yoneda 등<sup>45)</sup>의 실험적 연구에서 Digora 시스템이 정상 해부학적 구조물을 식별하는 능력이 표준 치근단 필름과 유사하였으며, Digora 시스템이 적절한 공간 해상력을 갖는다는 것을 의미한다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 Digora 비강조영상의 경우 모든 해부학적 구조물에 대해서 필름보다 더 낮은 점수를 보였으며, 근관과 치조정의 피질골판을 제외한 나머지 5부위에서 통계

학적으로 유의한 차이가 있었다. 이와 유사하게 환자로부터 얻은 표준 방사선 필름과 storage phosphor plate(SPP) 영상에서 인접면 우식 깊이를 비교한 Versteeg 등<sup>39)</sup>의 연구에서, SP 영상에서의 우식 깊이가 필름 영상과 비교시 더 낮게 측정되었다. 이러한 연구 결과는 SPP가 Ektaspeed Plus 필름과 유사하다는 다른 실험적 연구 결과<sup>18,20)</sup>와는 다르며, 이것은 실제 환자에서는 실험적 연구에서와는 달리 연조직이 존재하는 등의 상황이 다르다는 것으로 설명될 수 있다고 하였다. 그러므로 임상에서 판독시 적절한 영상 처리 프로그램을 통해 상 질을 향상시키는 작업이 필요하리라 사료된다.

본 연구에서는 정상 성인에서 촬영한 Ektaspeed Plus 필름과 Digora® 시스템의 정상 해부학적 구조물에 대한 X선 영상을 비교 평가하였으며, 이후로는 실제 환자로부터 얻은 방사선 영상을 이용하여 치아 우식증, 치근단 병변, 치조골 변화등의 병적인 방사선학적 소견에 대한 임상적 평가가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결론

정상 성인에서 얻어진 Digora® 영상의 정상 해부학적 구조물에 대한 주관적 상 질을 평가하기 위하여 본 연구를 시행하였다. 먼저 납박을 제거한 필름을 IP 앞에 위치시켜 동시에 노출시켰을 때 필름이 IP에 미치는 영향을 실험적으로 분리하여 평가하였다. 그리고 임상적으로 얻어진 영상에서 관찰가능한 47개 촬영 부위를 선택한 후 정상 해부학적 구조물인 7부위의 관심 영역을 설정하고 Ektaspeed Plus 필름과 Digora® 시스템의 X선 영상을 비교 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 필름 존재 유무에 따라서 알루미늄 스텝웨이의 영상은 각 단계에서 유의성 있게 다른 계조도를 보였으며( $p < 0.05$ ), 대조도는 유사하였다.



2. 모든 해부학적 구조물에 대해서 Digora 강조영상의 점수가 가장 높았으며, 그 다음으로 필름, Digora 비강조영상의 순으로 나타났고, Digora 강조영상의 관찰 점수는 필름이나 비강조영상보다 유의성 있게 높은 점수를 보였으며( $p < 0.01$ ), 필름과 비강조영상은 근관과 치조정의 피질골판을 제외한 나머지 5부위에서 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

3. 모든 해부학적 지표에 대해서 5명의 관찰자간의 판독에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

이상과 같은 연구 결과로 미루어 볼 때, 정상 해부학적 구조물에 대하여 Digora 시스템의 비강조영상은 Ektaspeed Plus 필름보다 더 낮은 상 질을 제공하지만, 영상 처리 프로그램을 통한 강조 영상은 필름보다 우수한 상 질을 제공하였다.

## 참고문헌

1. Wenzel A. Effect of image enhancement for detectability of bone lesions in digitized intraoral radiographs. *Scand J Dent Res* 1998;96:149-160.
2. Wenzel A. New caries diagnostic methods. *J Dent Educ* 1993;57:428-432.
3. Goaz PW, White SC. Oral radiology: principles and interpretation. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 1994.
4. Wenzel A, Gröndahl H-G. Direct digital radiography in the dental office. *Int Dent J* 1995;45:65-73.
5. Mouyen F, Benz C, Sonnabend E, Lodter JP. Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;68:238-242
6. Horner K, Shearer AC, Walder A, Wilson NHF. RadioVisioGraphy: an initial evaluation. *Br Dent J* 1990;168:244-248.
7. Benz C, Mouyen F. Evaluation of the new RadioVisioGraphy system image quality. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:627-631.
8. Nelvig P, Wing K, Welander V. Sens-A-Ray : A new system for direct digital intraoral radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:818-823.
9. Welander U, Nelvig P, Tronje G, et al. Basic technical properties of a system for direct acquisition of digital intraoral radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75:506-516.
10. Sanderink GCH, Hiuskens R, Van der Stelt PF, Welander US, Stheem SE. Image quality of direct digital intraoral x-ray sensors in assessing root canal length: The RadioVisioGraphy, Visualix/ Vixa, Sens-A-Ray and Flash Dent systems compared with Ektaspeed films. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:125-132.
11. Molteni R. Direct digital dental x-ray imaging with Visualix/Vixa. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;76:235-243.

12. Borg E, 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.
13. Schaetzing R, Whiting BR, Lubinsky AR, Owen JF. Digital radiography using storage phosphors. In: Newell JD, Kelsey CA, eds. *Digital imaging in diagnostic radiology*, Edinburgh: Churchill Livingstone: 1990. p. 107-138.
14. Gröndahl H-G, Borg E. Endodontic measurements with an intraoral image plate technique - the Digora<sup>®</sup> system. The proceedings of the 10th international congress of dento-maxillo-facial radiology; 1994. p. 150-151.
15. Borg E, Gröndahl H-G. Endodontic measurements in digital radiographs acquired by a photostimulable, storage phosphor system. *Endod Dent Traumatol* 1996;12:20-24.
16. Hildebolt CF, Fletcher G, Yokoyama-Crothers N, Conover GL, Vannier MW. A comparison of the response of storage phosphor and film radiography to small variations in X-ray exposure. *Dento maxillofac Radiol* 1997;26:147-151.
17. Velders XL, Sanderink GCH, 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. p. 245-246.
18. Svanaes DB, Møystad A, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl H-G. 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.
19. Wenzel A, Borg E, Hintze H, Gröndahl H-G. 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.
20. Møystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl H-G. 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.
21. Conover GL, Hildebolt CF, Yokoyama-Crothers N. Comparison of linear measurements made from storage phosphor and dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 1996;25:268-273.
22. Borg E, Gröndahl K, Gröndahl H-G. Marginal bone level buccal to mandibular molars in digital radiographs from charge-coupled device and storage phosphor systems. An in vitro study. *J Clin Periodontol* 1997;24:306-312.
23. Sanderink GCH, Van Der Stelt PF, 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. p. 377-379.
24. 고지영, 박창서. Digora<sup>®</sup>에서 노출시간의 변화가 근관치료용 file의 첨부식별에 미치는 영향. *치과방사선* 1997;27(1):55-67.
25. 오경란, 최의환, 김재덕. Digora<sup>®</sup> 영상시스템을 이용한 인접면 인공치아우식병소의 진단능에 관한 연구. *치과방사선* 1998;28(2): 461-470.
26. Richards AG, Colquitt WN. Reduction in dental X-ray exposure during the past 60 years. *J Am Dent Asso* 1981;103: 713-718.
27. Yoshioka T, Nagao K, Kobayashi C, Suda H, Sasaki T. RadioVisioGraphyによる口内法デジタル X線畫像の臨床評價. *齒科放射線* 1995;35:137-149.
28. Price C. Sensitometric evaluation of a new E-speed dental radiographic film. *Dentomaxillofac Radiol* 1994;24:30-36.
29. Sanderink GCH. Imaging : new versus traditional technological aids. *Int Dent J* 1993;43:335-42.

30. Velders XL, Sanderink GCH, 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.
31. Ludlow JB, Platin E. Densitometric comparisons of Ultra-Speed, Ektaspeed, Ektaspeed Plus intraoral films for two processing conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995;79:105-113.
32. Thunty KH, Weinberg R. Sensitometric comparison of Kodak Ektaspeed Plus, Ektaspeed and Ultra-Speed dental films. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 79:114-116.
33. Versteeg KH, Sanderink GCH, Velders XL, van Ginkel FC, van der Stelt PF. In vivo study of approximal caries depth on storage phosphor plate images compared with dental x-ray film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84:210-3.
34. Price C. An evaluation of lead foil in dental x-ray film packets. Part 1. *Br Dent J* 1972; 133:300-4.
35. Orion Corporation Soredex: Digora operation instructions. Helsinki: Orion Corporation Soredex, 1995.
36. Furkart AJ, Dove SB, McDavid WD, Nummikoski P, Mattesson S. Direct digital radiography for the detection of periodontal bone lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:652-660.
37. Møystad A, Svanaes DB, Larheim TA, Grøndahl H-G. Effect of image magnification of digitized bitewing radiographs on approximal caries detection: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 1995;24: 255-259.
38. Wenzel A, Fejerskov O, Kidd E, Joyston-Bechal S, Groeneveld A. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs. *Caries Res* 1990;24: 327-33.
39. Wenzel A, Fejerskov O. Validity of diagnosis of alveolar bone density changes in occlusal surfaces of extracted third molars. *Caries Res* 1992;26:188-94.
40. Brägger U, Pasquali L. Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images. *J Clin Periodontol* 1989;16:209-14.
41. Reddy MS, Bruch JM, Jeffcoat MK, Williams RC. Contrast enhancement as an aid to interpretation in digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;71:763-9.
42. Wenzel A, Hintze H. Perception of image quality in direct digital radiography after application of various image treatment filters for detectability of dental disease. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22:131-4.
43. Fujita M, Kodera Y, Ogawa M, et al. Digital image processing of dentomaxillofacial radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;64:485-93.
44. Jackson PH, Dickson GC, Birnie DJ. Digital image processing of cephalometric radiographs: a preliminary report. *Br J Orthod* 1985;12:122-32.
45. Yoneda J, Sakurai T, Nishimura K. Image quality of an intraoral storage phosphor imaging system for normal anatomical structures, proximal caries and decalcified bone changes. *Oral Radiol* 1997;13(1):23-34.

Address : Dr. Heang-Hee Choi, 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

## 사진부도설명

- Fig. 1.** Images of an aluminum stepwedge were made, using two film-SPP configurations. A 20mm thick acrylic plate was used to simulate soft tissue. The x-ray source was an Oralix 65 S (Gendex Dental Systems, Milano, Italy) operating at 65 kVp, 7.5 mA with a focus-detector distance of 30cm.
- Fig. 2.** Ektaspeed Plus film(A), unenhanced storage phosphor image(B), and enhanced storage phosphor image(C).
- Fig. 3.** The seven anatomical features assessed: (1)enamel-dentin junction; (2)periodontal membrane space; (3)lamina dura; (4)pulp horn; (5)root canal; (6)cortical bone on alveolar crest; and (7)trabecular pattern of alveolar bone.

사진부도

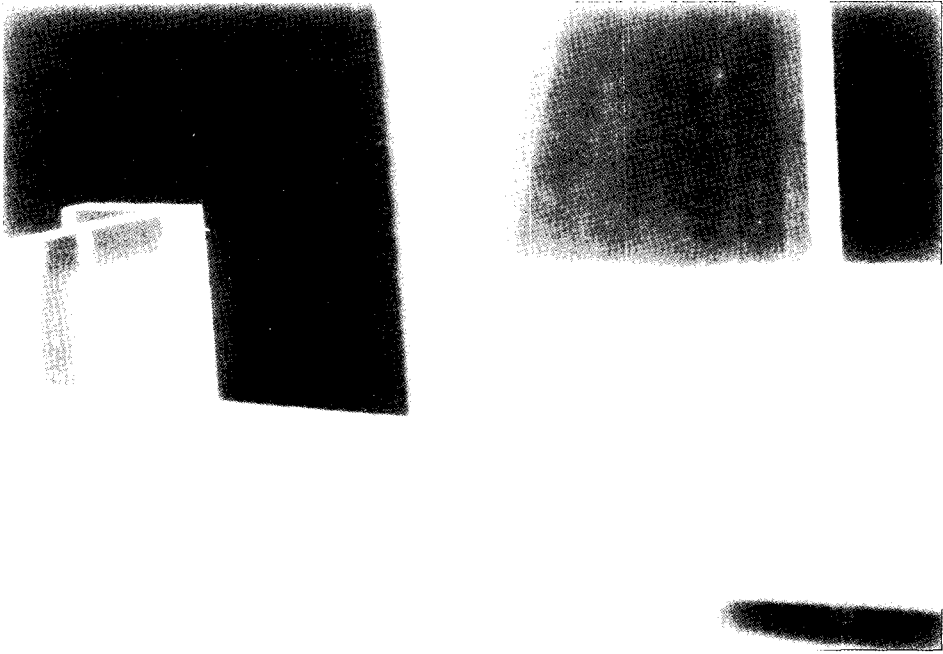


Fig. 1.

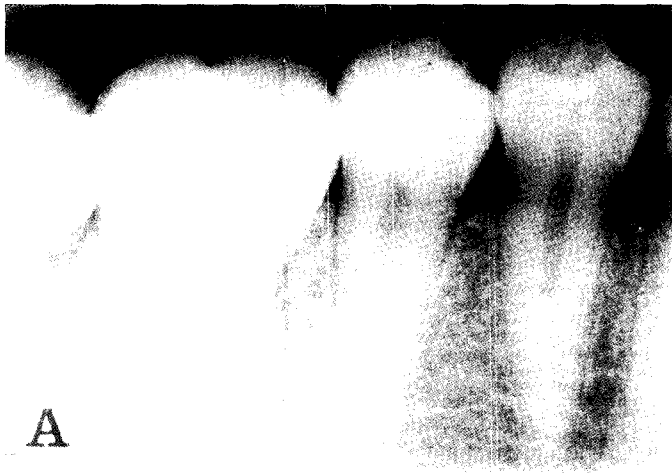


Fig. 2-A.

사진부도



Fig. 2-B.

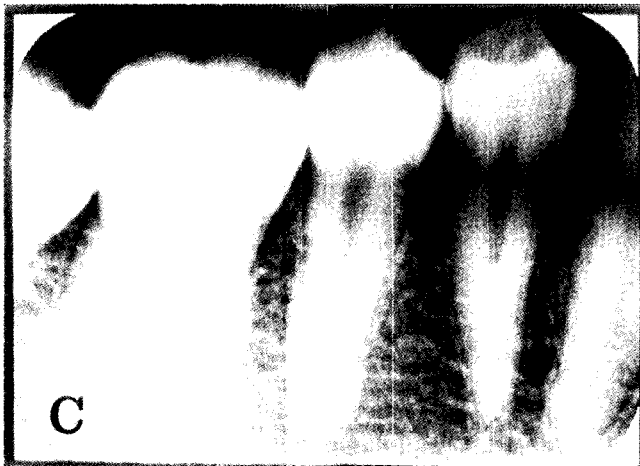


Fig. 2-C.

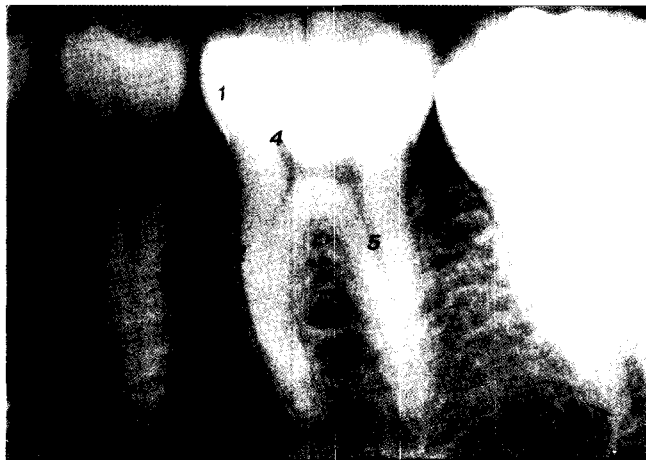


Fig. 3.