

# Densitometer를 이용한 齒科用 필름 특성에 관한 연구

전남대학교 치과대학 치과방사선학교실

최 승 규

## Abstract

### A DENSITOMETRIC STUDY OF THE DENTAL FILMS

S.K. Choi D.D.S.

*Department of Oral Radiology, College of Dentistry,  
Chonnam National University.*

The purpose of the present study was to evaluate the contrast of various periapical films which can be produced by using step-wedge while using the variable kVp, exposure time, and processing solution.

Four kinds of periapical film were used for this study. They included EP-21, DF-58 film made by Kodak Co., Dentus M2 film by Agfa Co., and KOCC09 film by Haedong Co. Each film was processed by automatic film processor with Fuji RD-III and Poohung Dentol developer solution.

Film density was measured with the densitometer, and film contrast and subject contrast were evaluated.

The results were as follows:

1. The sequence of film contrast was in order of EP-21, Dentus M2, DF-58, and KOCC09 film, respectively.
2. The use of Fuji's RD-III processing solution made a significant increase in film contrast in comparison to Poohung's Dentol developer solution.
3. By comparing to the subject contrast of each of the films, the slope of EP-21 film was the steepest, Dentus M2 and DF-58 film had same slope, and the slope of KOCC09 film was the most gradual.
4. As the kVp was increased, the scale of the subject contrast became longer and film density was increased

---

본 연구는 1986년도 문교부 학술연구조성비의 일부에 의해 연구되었음.

## I. 緒 論

독일의 W. C. Röntgen이 1895년 X線을 發見한 이후<sup>20</sup> X線發生裝置와 그 附隨裝備가 顯著히 發展하였으며 放射線필름도 많은 改善과 新製品이 개발되어 왔다.

現在 使用되는 필름을 screen필름과 non screen 필름으로 구별하고 있으며 齒科에서 보통 사용되는 口內필름은 non-screen필름으로서 口內標準필름, 咬合필름, 咬翼필름이 이에 해당된다.

放射線攝影이 患者의 疾病을 診斷하는데 必須的으로 시행되고 있으며 齒科領域에서도 그 使用頻度가 상당히 증대되어지고 있다.<sup>3</sup> 그러나 放射線照射는 人体組織에 많은 손상을 주어 脫毛, 潰瘍, 惡性腫瘍의 誘發 및 遺傳的인 障害인 突然變異등을 일으키고 있다.<sup>6, 20</sup> 그러므로 이러한 爲害作用을 最少化하고 同時에 良質의 放射線像을 얻기위해 많은 學者들의 研究報告가 있었다.

Manson-Hing(1959)<sup>11</sup>, Barr(1966)<sup>2</sup>, Goren등(1969)<sup>7</sup>, Kaffe등(1984)<sup>10</sup> 및 Havukainen등(1986)<sup>8</sup>은 感光度가 높은 필름을 使用하여 像의 性質에 심한 變化없이 患者에 대한 放射線의 露出時間을 줄일 수 있다고 하였으며 Manson-Hing(1967)<sup>12</sup>, Thunthy등(1978)<sup>20</sup>과 Horton등(1984)<sup>9</sup>은 管内電壓의 變경에 따른 필름像의 性質變化와 患者에 대한 放射線의 照射量의 增減을 研究하면서 增加된 管内電壓을 使用할 것을 권유하였다. 그리고 Meduwedeff등(1962)<sup>15</sup>은 視準을, Wainwright(1973)<sup>20</sup>은 濾過를, Manson-Hing등(1973)<sup>13</sup>, (1977)<sup>14</sup>은 現像過程을 變경시키면서 보다 좋은 放射線像을 얻기위해 研究하였다.

放射線像을 形成하는데 關聯된 要素들은 beam factors, object factors, imaging-recording factors로서 beam factors에는 露出時間, 管内電壓, 管内電流, 管球와 필름간의 거리, target의 크기, 視準, 濾過, 撮影裝置의 效能等이며 object factors로는 被寫體의 두께와 密度가 이에 해당되고 imaging-recording factors로는 二次放射線의 減少, 필름과 필름保管, 增感紙使用與否, 필름現像過程이 屬한다.<sup>20</sup>

X線에 露出後 現像된 필름像의 양상은 黑化度,

對照度, 鮮明度, 寬容度등의 여러가지 特性에 의해 評價되어진다.

黑化度란 露出된 필름에서 全般的인 어둠의 程度를 말하며 入射光線의 量을 透射光線의 量으로 나누어 常用對數로 환산한 것으로 黑化도가 증가할수록 더 검은 필름像이 된다.

對照도는 필름의 各部位에 存在하는 黑化度の 差異를 意味하며 鮮明도란 被寫體의 像을 뚜렷하게 보이게 하는 필름의 能力을 뜻하는 것이다. 또 寬容度란 필름의 黑化도가 관독에 적절한 범주에 있을때의 露出量의 범위를 말한다.

本 研究은 X線像을 形成하는데 關聯된 要素中 露出時間, 管内電壓 및 現像液을 變更시키면서 各種 口內標準필름을 使用하여 step wedge를 撮影하고 그 黑化도를 測定하여 各 필름에 따른 필름對照度, subject contrast를 비교연구 하였다.

## II. 研究材料 및 方法

### 1) 研究材料

사용된 被寫體로는 1mm두께와 2mm두께로된 18계단의 aluminum step wedge로 各階段間の 間격을 4mm로 하였으며 口內標準필름의 크기에 맞추기 위해 둘로 切斷하였다(Fig. 1 참조).

필름은 美國 Eastman Kodak社의 Ultraspeed DF-58, Ektaspeed EP-21, Belgium Agfa-Gevaert社의 Dentus M2와 韓國 海東商社의 Kocc09의 口內標準필름을 使用하였으며 필름의 크기는 3×4cm이었다. 국산필름은 lead foil과 raised dot이 없었다.

X線撮影裝置는 S. S. White社의 Space maker II (10mA, 60~75kvp), Marksman II (15mA, 90kvp)

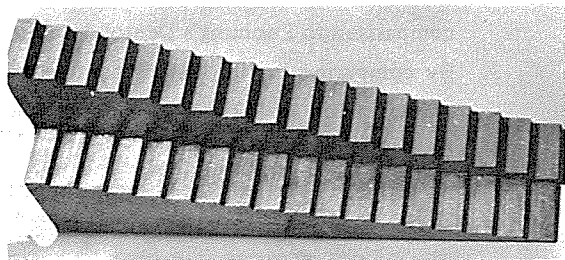


Fig. 1. Aluminum step-wedge penetrometer

와 Xonics社의 Tomex II (600mA, 45~100kvp) 를 사용하였다.

사용된 現像機는 S. S. White社의 Auyeloper-B自動現像機로서 현상온도 68°F, 현상시간은 5분이었으며 Fuji社의 RD-II 현상액과 부흥社의 Dentol 현상액을 사용하였다.

현상된 필름의 흑화도 측정은 Victoreen社의 model 07-424인 digital densitometer II로 시행하였다 (Fig. 2 참조).

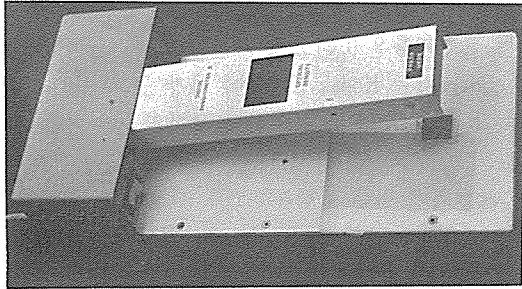


Fig. 2. Densitometer made by Victoreen Co.

## 2) 研究方法

### 1. 필름대조도에 관한 실험

S. S. White社의 Marksman II X線撮影裝置를 利用하여 impulse를 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 38, 48, 60, 75의 18段階로 變化시키면서 Kodak E, D, Agfa 및 국산필름을 사용하여 撮影하였다. 이때 필름과 관구와의 距離는 18cm이었으며 Fuji社의 현상액과 부흥社의 현상액을 사용하여 자동현상한 후 densitometer를 이용하여 필름들의 흑화도를 측정하였다. 이때 base+fog는 제외되었다.

### 2. Subject contrast에 관한 실험

S. S. White社 Marksman II X線撮影裝置를 利用하여 2mm두께 9 단계로 된 step-wedge를 6 impulse (0.1초)로 촬영하였다. 이 시간은 노출양을 다양하게 變경하여 촬영한 예비실험의 방사선상중 관독에 가장 적절한 黑化度를 보인 필름의 노출시간이다. 사용된 필름은 Kodak E, D, Agfa 및 국산필름이고 관구와 필름간의 距離는 역시 18cm이었으며 Fuji社의 현상액으로 자동현상하였다.

또 S. S. White社의 Space maker II X線撮影裝

置를 사용하여 管内電壓을 60, 65, 70, 75로 變경하면서 同一한 step wedge를 Kodak D 필름으로 impulse 12 (0.2초)로 촬영하였다. Fuji社의 現像液으로 자동현상한 후 흑화도를 densitometer로 측정하였다.

Tomex II X線撮影裝置를 利用하여 管内電壓을 50, 60, 70, 80, 90으로 變경하면서 1mm두께의 step-wedge를 Agfa 필름으로 촬영하였다. 이때 step wedge 8mm 두께에서 유사한 흑화도를 보이도록 노출시간을 50 kVp일때 1.5초, 60kVp일때 0.6초, 70kVp일때 0.3초, 80kVp일때 0.2초, 90kVp일때 0.15초로 變경시켰다. 관구와 피사체와의 距離는 16 인치로 고정하였으며 75mA로 촬영하였다.

## III. 研究成績

### 1. 필름對照도에 關한 實驗

露出時間에 對한 필름의 黑化度를 各 필름에서 測定하여 필름特性曲線을 그렸으며 이때 露出時間은 相對對數로 하였다 (그림 3 참조). 相對對數 0.5 (impulse 3) 일때 Kodak E 필름의 흑화도는 2.19이고 Agfa 필름은 1.61, Kodak D 필름은 1.21, 국산 필름은 0.34이었다. 즉 필름의 감광도가 Kodak E 필름이 가장 빠르고 국산 필름이 가장 늦었다.

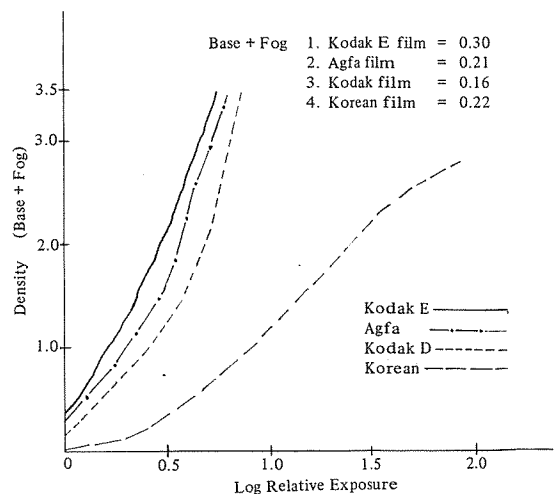


Fig. 3. Characteristic curves of periapical films

필름대조도는 판독에 적절한 흑화도의 범주내에서 特性曲線의 기울기로 표시된다. Kodak E 필름의 기울기는 3.64, Agfa 필름은 3.11, Kodak D 필름은 2.79, 국산필름은 1.79로 Kodak E 필름의 필름대조도가 가장 높았으며 국산필름이 가장 낮았다.

현상액에 따른 필름대조도는 Fuji社의 RD-III가 부흥社의 Dentol보다 더 급한 경사를 보이므로 RD-III의 필름대조도가 더 높음을 알수있다(그림 4 참조).

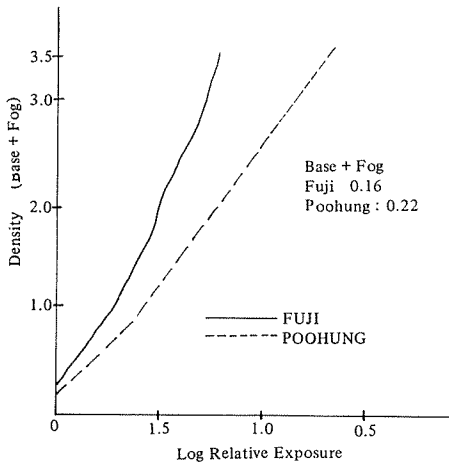


Fig. 4. Density variations with changes in processing solution

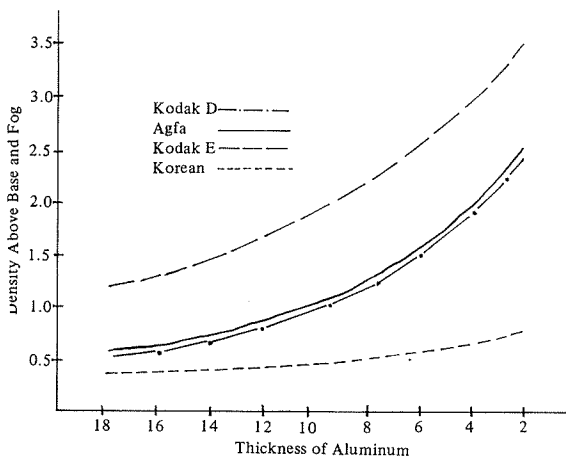


Fig. 5. Density variations of step wedge with variable films

## 2. Subject contrast에 관한 實驗

Aluminum step wedge를 Kodak E, D, Agfa 필름 및 국산필름으로 撮影한 後 各 필름의 黑化度를 測定하였다(그림 5 참조).

Kodak E 필름의 step wedge 2mm 두께에서 흑화도가 3.65로 가장 높은 成績을 보였으며 국산필름의 step wedge 18mm 두께에서 흑화도가 0.37로 가장 낮은 成績을 보였다.

各 필름에서 最小黑化도와 最大黑化도의 差異는 Kodak E가 2.44, Kodak D와 Agfa는 2.05로 同一하며 국산필름은 0.44으로 가장 작았다. 즉 Subject contrast는 Kodak E 필름이 가장 높고 Agfa 필름과 Kodak D 필름은 동일하며 국산필름이 가장 낮았다.

kVp 변화에 따른 필름 흑화도를 測定한 결과 두께 10mm의 Aluminium step wedge에서 60kVp 일때 흑화도가 0.82, 65kVp 일때 0.98, 70kVp 일때 1.25, 75kVp 일때 1.46로 kVp가 증가됨에 따라 흑화도도 증가됨을 알수있다(표 1 참조).

Table 1. Density variations with changes in kVp, but constant mAs

kVp	60	65	70	75
Thickness				
2	2.00	2.48	2.84	3.32
4	1.49	1.89	2.28	2.68
6	1.20	1.51	1.81	2.14
8	0.98	1.20	1.48	1.74
10	0.82	0.98	1.25	1.46
12	0.68	0.82	1.08	1.25
14	0.60	0.71	0.92	1.08
16	0.53	0.63	0.82	0.94
18	0.49	0.55	0.72	0.83

50~90으로 管内電壓을 변경한 實驗에서 最大 흑화도는 50kVp 1mm 두께에서 2.70이였으며 最小 흑화도는 18mm 두께에서 0.68이였다. kVp에 따른 最大 흑화도와 最小 흑화도의 차이는 50kVp 일때 2.02, 60kVp 일때 1.78, 70kVp 일때 1.51, 80kVp 일때 1.41,

**Table 2.** Density variations of step wedge made at 50 to 90 kVp. With increasing kVp, mAs was reduced to maintain uniform 8mm step density.

kVp Thickness	50	60	70	80	90
1	2.70	2.56	2.36	2.28	2.09
2	2.54	2.39	2.26	2.17	2.09
3	2.33	2.23	2.12	2.05	1.98
4	2.15	2.10	1.98	1.87	1.88
5	1.95	1.92	1.87	1.78	1.78
6	1.83	1.81	1.76	1.71	1.70
7	1.72	1.67	1.64	1.61	1.62
8	1.61	1.55	1.53	1.53	1.54
9	1.48	1.54	1.43	1.44	1.46
10	1.28	1.36	1.34	1.35	1.35
11	1.19	1.30	1.22	1.29	1.30
12	1.13	1.20	1.17	1.23	1.26
13	1.03	1.12	1.12	1.18	1.22
14	0.95	1.08	1.04	1.13	1.16
15	0.88	0.98	0.99	1.07	1.11
16	0.81	0.91	0.94	1.02	1.06
17	0.74	0.85	0.90	0.95	1.00
18	0.68	0.78	0.85	0.87	0.92

90kVp일때 1.17이었다. 관내전압의 증가로 黑化度の 차이가 적어지고 있다. 즉 subject contrast 가 낮아지고 있다(표II 참조).

#### IV. 總括 및 考按

現像된 필름은 放射線에 露出된 部位가 검게 나타나는데 이 黑化度の 量과 양상은 여러가지 要素에 의해 달라진다.

즉 放射線의 強度와 量, 被寫체의 性質, 필름 유화제의 성질에 따라 필름에 인기된 방사선상의 正確性이 좌우되며 이에 따라 얻을수 있는 情報의 量도 달라진다.

방사선상의 對照度는 필름대조도와 subject con-

trast에 의해 결정된다. 필름대조도는 필름의 種類, 증감지의 사용여부, 필름현상<sup>14, 16, 19</sup>, Fog에 의해 변화되는데 가장 주요 요소로는 필름유화제로서 감광도에 따라 그 크기와 배열을 달리하고 있다. 이런 유화제의 특성에 따라 노출시간에 대한 필름黑化度가 각 필름에 따라 다양한데 이를 특성곡선이라 하며 이 곡선의 기울기가 필름對照度를 나타내는 것으로 기울기가 커질수록 대조도가 커진다.

Thunthy와 Weinberg(1982)<sup>20</sup>, Havukainen와 Ser-vomaa(1986)<sup>9</sup>는 Kodak E필름이 Kodak D 필름보다 낮은 대조도를 가진다고 하였으며 Frykholm(1983)<sup>9</sup>은 Kodak D와 E 필름에서 대조도의 차이를 인정할 수 없었다고 주장하였다. 본 연구에서는 Kodak E필름의 대조도가 Kodak D필름보다 높았다. 또 Kaffe등(1984)<sup>10</sup>은 높은 대조도를 요구할 때는 Kodak D필름이 유용하고 적은 노출시간을 필요로 할 경우에는 Kodak E필름의 사용을 추천하였다. Horton등(1984)<sup>9</sup>은 Kodak D필름대신에 Kodak E 필름을 사용한 경우 상의 특성변화없이 환자에 대한 방사선 노출시간을 감소시킬수 있다고 하였다.

필름현상액에 따른 필름대조도와 흑화도의 변화에 관하여 1977년 Manson-Hing이 보통 사용하는 현상액 대신 급속현상액을 사용한 경우 흑화도와 對照度가 약간 감소한다고 하였으며 Kaffe등(1984)<sup>10</sup>은 여러종류의 필름들과 현상액들을 사용한 실험에서 Agfa필름에 Adefo현상액을 사용한 경우 가장 높은 흑화도를 보였으며 fr Kerr (fR) 현상액에서 가장 낮은 흑화도를 나타내었다. Rinn필름도 Adefo 현상액에서 최대의 흑화도를 얻었고 Kodak, Agfa, Rinn필름 모두가 Adefo 현상액으로 현상한 경우 가장 높은 대조도를 보였다고 보고하였다.

Subject contrast는 필름에 도달하는 放射線의 量에 따라 달라지는 것으로 被寫체의 두께<sup>17</sup>, 密度<sup>18</sup>, 構成된 化學的 成分, 放射線의 energy<sup>20, 21, 22, 23</sup>, 필름에 미치는 산란방사선의 量<sup>20</sup>에 의해 變化된다.

被寫체의 두께나 密度가 큰 境遇 現像된 필름의 黑化度는 감소하는데 이는 X線이 물체를 투과할때 많은 energy를 상실하여 潛像을 형성하지 못하기 때문이다. 본 연구에서도 step wedge의 두꺼운 부분의 흑화도는 낮았으며 얇은 부분의 흑화도는 높았으며 각 필름간의 subject contrast는 Kodak E 필름이 가장 높았으며 Kodak D필름과 Agfa 필름은

유사한 성적을 보였고 국산필름이 가장 낮았다. 이는 각 필름의 필름대조도의 차이로 인한 것으로 사료된다.

臨床적으로 심한 腫瘍을 보이거나 成人의 境遇 아동이나 無齒類의 환자보다 증가된 露出時間을 사용한다. 이로 인해 판독에 적절한 像을 얻을 수 있으나 환자에 대한 방사선의 露出이 增加되므로 인체조직의 손상이 우려되고 있다. 이를 방지하기 위해 높은 管内電壓을 사용하면 방사선의 투과력과량이 증대되므로 필름의 흑화도도 증가되어 노출시간을 감소시킬 수 있다. 본 연구에서도 노출시간을 일정하게 하고 관내전압을 증가시킨 경우 필름의 흑화도가 증가되었다.

그러나 Horton등(1984)<sup>9</sup>은 일정한 감광도의 필름을 사용할 때 90kVp와 70kVp의 어느 것이 환자에 대한 放射線吸收가 더 많은지에 대해서는 學者間에 異見이 있다고 報告하였다.

방사선의 energy에 따른 subject contrast의 변화는 피사체와의 상호작용에 의해 발생되는데 낮은 kVp를 사용하면 光電效果에 의해 X線은 소멸되므로 피사체의 두께나 密度에 적은 차이가 있어도 subject contrast에는 많은 변화를 일으켜 높은 대조도를 나타내고 반대로 높은 kVp를 사용하면 Compton산란에 의해 X線의 強度가 떨어지므로 피사체의 두께나 밀도에 적은 差異가 있으면 subject contrast에도 적은 변화를 일으켜 낮은 대조도를 이룬다.<sup>20</sup> 본 연구에서도 관내전압의 증가로 대조도는 낮아지고 있다.

## V. 結 論

Kodak社의 Ultraspeed D, Ektaspeed E, Agfa社의 Dentus M 2, 海東商社의 Kocco 9 구내표준필름을 露出時間, 管電壓을 변경하면서 step wedge를 촬영하고 각 현상액에 따라 현상된 필름을 densitometer로 黑化도를 測定하여 각 필름간의 필름對照도와 subject contrast를 比較研究하여 아래와 같은 結論을 얻었다.

1. 필름대조도는 Kodak E, Agfa, Kodak D, 국산 필름 順으로 높았다.
2. Fuji社 RD-III 현상액이 부흥社의 Dentol보다 필름對照도를 增加시켰다.

3. step wedge를 사용한 subject contrast는 Kodak E필름이 가장 높고 Agfa필름과 Kodak D필름은 거의 유사한 성적을 보이고 국산필름이 가장 낮았다.

4. mAs를 동일하게 한후 관내전압을 增加시키면 필름 黑化도는 증가하였다.

5. 관내전압을 증가시키면서 노출시간을 감소시켜 균일한 필름흑화도를 나타내게 하면 subject contrast는 감소하였다.

## REFERENCES

1. American Academy of Dental Radiology Quality Assurance Committee: Recommendations for quality assurance in dental radiography, O.S., O.M. & O.P. 55: 421, 1983.
2. Barr, J.H., and Garcia, D.A.: X-ray spectra from x-ray generators, O.S., O.M. & O.P. 22: 478-488, 1966.
3. Cho, T., Yoshimura, A., and Yoshinaga, H.: Dental x-ray spectrometry with an Si(Li) semiconductor, Oral Surg. 45: 956-977, 1978.
4. Duinkerke, A.S.H., et al.: Densitometric analysis of experimentally produced periapical radiolucencies, O.S., O.M. & O.P. 43: 782-797, 1977.
5. Frykholm, A.: Kodak Ektaspeed - a new dental x-ray film, Dentomaxillofac. Radiol. 12: 47-49, 1983.
6. Goaz, P.W., and White, S.C.: Oral radiology: Principles and interpretation, ed. 1, St. Louis, 1982, The C.V. Mosby Co.
7. Goren, A.D., Pentel, L., Liuzzi, A., Shapiro, C., and Goldfarb, K.: Radiation quality and x-ray emulsion responses, O.S., O.M. & O.P. 27: 467-474, 1969.
8. Havukainen, R., and Servomaa, A.: Characteristic curves of dental x-ray film, O.S.,

- O.M. & O.P. 62: 107-109, 1986.
9. Horton, P.S., Sipps, F.H., Kohout, F.J., Nelson, J.F., and Kienzle, G.C.: A clinical comparison of speed group D and F dental x-ray films, O.S., O.M. & O.P. 58: 104-108, 1984.
  10. Kaffe, I., Littner, M.M., and Kuspet, M.E.: Densitometric evaluation of intraoral x-ray films: Ektaspeed versus Ultraspeed, O.S., O.M. & O.P. 57: 338-342, 1984.
  11. Manson-Hing, L.R.: Kilovolt(peak) and the sensitivity of very fast dental films, O.S., O.M. & O.P. 12: 979-982, 1959.
  12. Manson-Hing, L.R.: An Investigation of the Roentgenographic Contrast of Enamel, Dentine and Aluminum, O.S., O.M. & O.P. 14: 1456-1472, 1967.
  13. Manson-Hing, L.R., and Turgut, E.: Evaluation of film processing with concentrated solutions, J. Oral Surg 36: 280-286, 1973.
  14. Manson-Hing, L.R., and Patel, J.R.: Densitometric evaluation of quick x-ray developing solutions, O.S., O.M. & O.P. 43: 467-472, 1977.
  15. Medwedeff, F.M., Knox, W.H., and Latimer, P.: A new device to reduce patient irradiation and improve dental film quality, O.S., O.M. & O.P. 15: 1079-1088, 1962.
  16. Pentel, L., and Hyman, M.: A method of assaying x-ray developer activity, O.S., O.M. & O.P. 24: 777-780, 1967.
  17. Plotnick, I.J., Beresin, V.E., and Simkins, A.B.: Study of In Vivo Radiographic Dentistry, J. Dent. Res, 49: 1034-1041, 1970.
  18. Ponce, A.Z., McDavid, W.D., Underhill, T.E., and Morris, C.R.: Use of E-speed film with added filtration, O.S., O.M. & O.P. 61: 297-299, 1986.
  19. Price, C.: A method of determining the sensitometric properties of emulsions and processing techniques used in dental radiography, O.S. O.M. & O.P. 50: 94-98, 1980.
  20. Price, C.: The effects of kilovoltage and filtration on dental radiographic film sensitivity, O.S., O.M. & O.P. 53: 318-321, 1982.
  21. Price, C.: The effects of beam quality and optical density on image quality in dental radiography, O.S., O.M. & O.P. 62: 580-588, 1986.
  22. Richards, A.G.: Quality of an x-ray beam, O.S., O.M. & O.P. 17: 739-744, 1964.
  23. Saulnier, V.E., and Barr, J.H.: Compact foreign-made x-ray generators: An evaluation of their acceptibility for effective dental radiography, O.S., O.M. & O.P. 38: 810-818, 1974.
  24. Stafne, E.C., and Gibilisco, J.A.: Oral roentgenographic diagnosis, ed. 5, Philadelphia, 1985, W.B. Saunders Co.
  25. Thunthy, K.H., Manson-Hing, L.R.: Effect of mAs and kVp on resolution and on image contrast, O.S., O.M. & O.P. 46: 454-461, 1978.
  26. Thunthy, K.H., Weinberg, R.: Sensitometric comparison of dental films of group D and E, O.S., O.M. & O.P. 54: 250-252, 1982.
  27. Wainwright, W.W.: Filtration for Lowest Patient Dose in Dental Radiography, O.S., O.M. & O.P. 16: 561-571, 1973.
  28. Wuehrmann, A.H., and Manson-Hing, L.R.: Dental radiology, ed. 5, St. Louis, 1981, The C.V. Mosby Co.