

## 現像法 現像液에 따른 필름特性에 관한 研究

全南大學校 齒科大學 放射線學教室

金鎬哲 · 朴在冠

### - ABSTRACT -

#### A DENSITOMETRIC STUDY OF THE DENTAL FILMS IN COMBINATION WITH VARIABLE PROCESSING SOLUTIONS

Ho Cheol Kim, D.D.S., Jae Kwan Park, D.D.S., Ph. D.

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

This study was undertaken to investigate the relationships between film and processing solution at different processing temperatures.

Three kinds of periapical film were used for this study. They included EP-21 film, DF-58, and A film. Each film was processed by automatic film processor with RD-III, X-dol 90, and A processing solutions at 68°, 74°, 80°, 86°, and 92°F.

Film density was measured with the densitometer, and base plus fog density, film relative speed, film contrast, and subject contrast were evaluated.

The following results were obtained;

1. As the processing temperature was increased, base plus density was increased. Inadequate base plus fog densities were obtained with three films in combination with three processing solutions at 92°F.
2. Lowest base plus fog densities were obtained with A film, followed in ascending order by EP-21, and DF-58 film in combination with A or RD-III processing solutions. The sequence of base plus fog densities was in ascending order by EP-21, A, and DF-58 film in combination with X-dol 90 processing solution.
3. The sequence of film relative speed values was in ascending order of EP-21, A, and DF-58 film in combination with A and RD-III processing solutions, respectively.

4. As the processing temperature was increased, film contrast values was increased. The sequence of film contrast values was in descending order solution. The sequence of film contrast values was in descending order of EP-21, DF-58, and A film in combination with RD-III, X-dol 90 processing solution at 80°F.
5. As the processing temperature was increased, subject contrast was increased. The sequence of subject contrast was in descending order of A, X-dol 90, and RD-III processing solution in combination with three films at 80°F. The sequence of subject contrast was in descending order of EP-21, A, and DF-58 film in combination with A processing solution at different processing temperatures.

## - 目 次 -

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 方法
- III. 實驗成績
- IV. 總括 및 考察
- V. 結 論
- 參考文獻
- 英文抄錄

### I. 緒 論

치과에서 방사선촬영이 현저히 증가되면서 환자와 치과의사에 대한 방사선노출이 매우 심각한 문제로 제기 되었다.<sup>3)</sup> 방사선에 의하여 백혈병, 악성종양 및 염색체의 돌연변이 등의 많은 위해효과들이 발생할 수 있으므로<sup>20)</sup>, 환자에 대한 방사선 피폭을 가능한 한 적게 하면서 양질의 방사선像을 얻기 위하여 많은 학자들이 연구보고하였다.

Manson-Hign(1959)<sup>13)</sup>, Barr 등(1966)<sup>1)</sup>, Goren 등(1969)<sup>5)</sup>, Kaffe 등(1984)<sup>10)</sup>, Havukainen 등(1986)<sup>6)</sup>, Kleier 등(1987)<sup>11)</sup>은 感光度가 높은 필름을 사용하여 像의 심한 변화없이 환자에 대한 방사선의 노출시간을 줄일 수 있다고 하였고, Manson-Hing(1967)<sup>12)</sup>, Thunthy 등(1978)<sup>22)</sup>, Horton 등(1984)<sup>17)</sup>은 管内電壓의 변화를 통해 필름像의 변화와 환자에 대한 방사선의 照射量감소에 대하여 연구하였으며, 증가된 관내전압의 사용을 권유하였다. Medwedeff 등(1962)<sup>15)</sup>은 방사선의 視準을, Wainwright(1973)<sup>25)</sup>와 Price(1982)<sup>18)</sup>는 방사선의 爐過를 이용하여 환자

에 대한 노출시간을 줄이고 보다 좋은 필름像을 얻었다고 보고하였다. 그리고 현상조건에 대한 연구로는 Ingle 등(1967)<sup>8)</sup>이 필름의 현상온도를 증가심킴으로서 필름像의 변화없이 현상시간을 단축하려고 하였고, Stewart 등(1966)<sup>21)</sup>, Manson-Hing 등(1973)<sup>14)</sup>과 Patel(1985)<sup>16)</sup>은 급속현상용액의 사용으로 필름像의 심한 변화없이 현상시간을 줄임으로써 환자에 대한 과노출을 막고자 하였다. 또 Thunthy 등(1984)<sup>23)</sup>은 현상액 종류에 따른 필름像을 비교하였고, Keffe 등(1984)<sup>9)</sup>은 필름과 현상용액의 적당조합으로 양질의 필름像을 얻었다고 보고하였다.

X선 필름의 판독시 양질의 방사선像의 요구되어 지므로 필름이나 현상액의 선택이 임상적으로 중요하다고 사료되어 국내에서 사용되는 수종의 현상액과 필름을 사용하여 현상온도와 방사선 노출시간에 따른 필름흑화도를 측정하여 각 필름에 대한 적절한 현상용액 및 그 현상온도를 파악하기 위하여 아래와 같은 실험을 시행하였다.

### II. 實驗材料 및 方法

#### 1. 實驗材料

X선출영장치는 Marksman II (S.S.White Co., U.S.A.)로 90kVp, 15mA로 고정되었으며 노출시간의 조절이 가능하였다.

사용된 필름은 Ultraspeed DF-58 필름 (Eastman Kodak Co., U.S.A.)과 Ektaspeed EP-21 필름 (Eastman Kodak Co, U.S.A.) 및 Dentus M2 필름 (Agfa-Gevaert Co., Belgium)이며 크기는 가로

41mm, 세로 31mm인 口內표준필름으로 유효기간이 지나지 않은 것이었다.

필름 현상은 현상기간이 4분30초인 Auveloper-II (S.S.White Co., U.S.A.) 자동현상기로 시행하였고 이때 사용된 현상액은 X-dol 90 (Poohung Co., Korea) 과 Fuji RD-III (Fuji Co., Japan) 및 Agfa 현상액\* (Agfa-Gevaert Co., Belgium) 으로서 유효기간이 지나지 않았으며 제조회사의 지시대로 혼합하여 사용하였다.

피사체는 10계단으로 된 알루미늄 step wedge로서 단계간의 높이는 2mm이었으며 폭은 4mm로 성인용 구내표준 필름보다 약간 작았다.

필름 흑화도는 흑화도 측정기 (Victoreen Co, Model 07-424 digital densitometer, U.S.A.) 를 사용하여 측정하였다.

\* Agfa 현상액 : 이후 A 현상액으로 지칭.

## 2. 實驗方法

### 1) base+fog 黑化도에 관한 실험

방사선에 노출안된 세 종류의 필름을 세 종류의 현상액을 사용하여 68°F, 74°F, 80°F, 92°F에서 현상한 후 흑화도 측정기를 사용하여 각 필름당 임의의 여섯부위에서 base+fog 黑化도를 측정하였다.

### 2) 필름相對感光度와 필름對照도에 관한 실험

관구와 필름과의 거리를 35.6cm로 고정하였으며 노출시간을 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 impulse (60impulse=1sec)로 변경시키면서 세 종류의 현상액을 사용하여 68°F, 74°F, 80°F, 86°F, 92°F에서 현상한 후 흑화도를 측정하였다.

필름상대감광도는 Thunthy 등 (1984)<sup>27)</sup>이 사용한 방법과 같이 필름특성곡선에서 base+fog 흑화도를 제외한 흑화도 1일때의 log. relative exposure의 역수에서 필름상대감광도를 계산하여었다 (Fig.1. 참조). 이때 log. relative exposure란 노출시간을 상용대수로 계산한 값을 의미한다.

필름대조도는 15impulse의 흑화도에서 2impulse의 흑화도를 뺀차로 계산하였다.

### 3) 被寫體對照도에 관한 실험

알루미늄 step wedge를 15 impulse\*\*로 촬영한 후 현상된 필름상에서 알루미늄 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20mm 일때의 필름흑화도를 측정하였

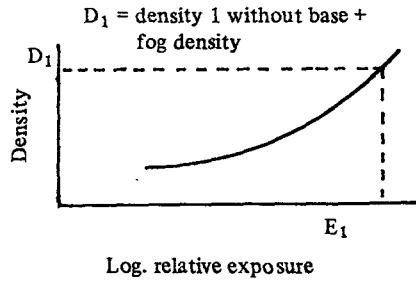


Fig. 1. Characteristic curve of periapical film.

다.

피사체대조도는 2mm 알루미늄의 흑화도에서 20mm 알루미늄의 흑화도를 뺀차로 계산하였다.

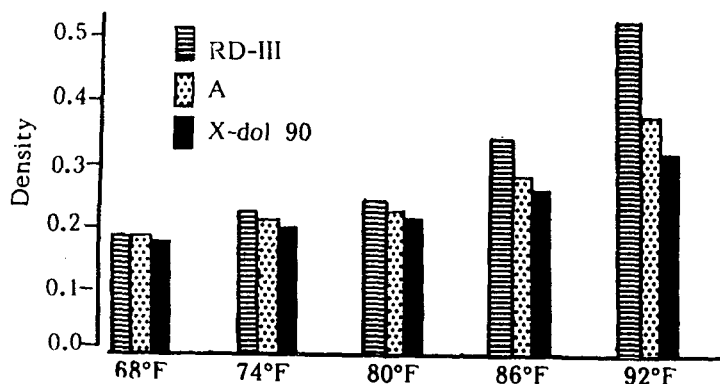
## III. 實驗成績

### 1) base+fog 黑化도에 관한 실험

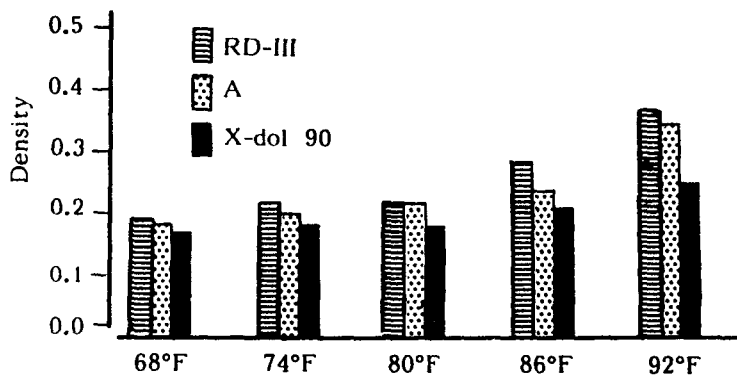
각 필름과 현상액에서 현상온도 증가에 따라 base+fog 흑화도를 측정하였다 (Fig. 2.3. 4참조). 노출안된 Dentus M2 필름을 A 현상액에서 68°F, 74°F, 80°F, 86°F, 92°F로 현상온도를 증가시키에 따라 base+fog 흑화도는 0.17, 0.19, 0.22, 0.24, 0.38로 증가되었으며 Dentus M2 필름이 RD-III, X-dol 90 현상액에서도 현상온도의 증가에 따라 base+fog 흑화도가 증가되었고, DF-58, EP-21 필름도 세 현상액 모두에서 현상온도 증가에 따라 base+fog 흑화도가 증가되었고, DF-58, EP-21 필름도 세 현상액 모두에서 현상온도 증가에 따라 base+fog 흑화도가 증가되었다.

그리고 현상온도 92°F (36.5°C)에서 RD-III, A, X-dol 90 현상액을 사용한 경우 base+fog 흑화도가 DF-58 필름에서 0.52, 0.38, 0.32이었고 EP-21 필름에서는 0.37, 0.35, 0.25, Dentus M2 필름에서는 0.34, 0.38, 0.28이었다. 즉 base+fog 흑화도가 현상온도 92°F에서는 최대 허용 base+fog 흑화도인 0.25를 초과하였다. 현상온도 80°F (29.5°C)에서 A 현상액을 사용한 경우 base+fog 흑화도는 Dentus M2 필름에서 0.21, EP-21 필름에서 0.22, DF-58 필름에서 0.23으로 Dentus M2 필름, EP-21 필름, DF-

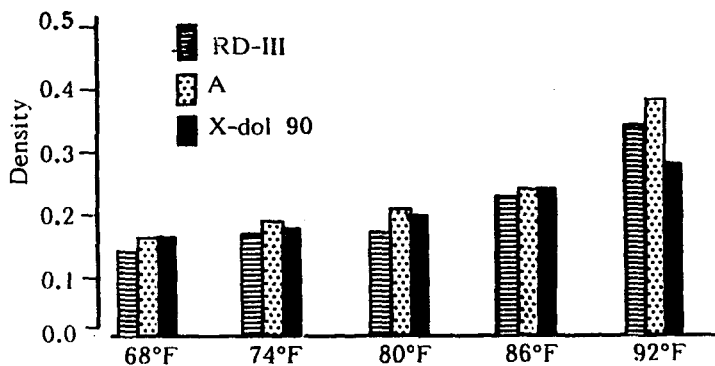
\*\* : 15 impulse는 Dentus M2 필름을 A 현상액을 사용하여 현상온도 80°F로 현상한 경우 10mm 알루미늄의 흑화도가 1일때의 노출 시간이다.



**Fig. 2.** Graph showing base plus fog densities of unexposed DF-58 film processed in the three solutions at different temperatures.



**Fig. 3.** Graph showing base plus fog densities of unexposed EP-21 film processed in the three solutions at different temperatures.



**Fig. 4.** Graph showing base plus fog densities of unexposed Dentus M2 film processed in the three solutions at different temperatures.

**Table 1.** Film relative speed values obtained for each film-processing solution combination at different temperatures

Devel. Temp.(°F)		68	74	80	86	92
Devel. Sol.						
Film						
DF-58	X-dol	1.11	1.23	1.11	1.20	1.75
	RD-III	1.08	1.19	1.29	1.21	1.26
	A	1.00	1.05	1.10	1.20	1.25
EP-21	X-dol	1.50	1.60	1.65	1.69	1.74
	RD-III	1.67	1.73	1.79	1.79	1.94
	A	1.74	1.81	1.82	1.89	2.00
Dentus M2	X-dol	1.06	1.09	1.26	1.28	1.37
	RD-III	1.27	1.30	1.45	1.51	1.72
	A	1.35	1.40	1.47	1.72	1.70

58필름순으로 base+fog흑화도가 낮았으며, RD-III현상액을 사용한 경우에는 Dentus M2필름, EP-21필름, DF-58필름순으로 base+fog흑화도가 낮았으나 X-dol 90현상액을 사용한 경우에는 EP-21, Dentus M2, DF-58필름순으로 base+fog흑화도가 낮았다.

### 2) 필름相對感光度에 관한 실험

현상액과 현상온도에 따른 각 필름의 상대감광도를 측정된 결과 A현상액을 사용한 경우 현상온도 80°F에서 EP-21, Dentus M2, DF-58필름의 상대감광도는 1.82, 1.47, 1.10으로 EP-21, Dentus M2, DF-58필름순으로 높았으며 68°F, 74°F, 86°F, 92°F에서도 EP-21, Dentus M2, DF-58필름순으로 높았다. RD-III현상액을 사용한 경우에서도 모든 현상온도에서 EP-21, Dentus M2, DF-58필름순으로 높았으나 X-dol 90 현상액을 사용한 경우에는 현상온도에 따라 필름간의 상대감광도가 일정하지 않았다. 그러나 EP-21필름은 모든 현상온도에서 가장 높은 필름상대감광도를 나타냈다(Table 1. 참조).

### 3) 필름對照도에 관한 실험

#### a) 현상액 온도에 따른 필름대조도

방사선 노출된 세 종류의 필름을 A현상액을 사용하여 현상온도에 따라 현상한 후 필름 흑화도를 측정하였다(Table 2 참조). 필름 대조도는 log. relative exposure 0.3일때의 흑화도와 log. relative exposure 1.7일때의 흑화도를 뺀 차이로서 68°F일때는 1.89, 92°F에서는 2.73으로 현상액의 온도가 증가할수록 필름대조도는 높아졌으며 세 종류의 필름과 세 종류의 현상액 모두에서 온도증가에 따라 필름대조도가 높아졌다.

A현상액에서 현상온도가 80°F일때 각 필름간의 대조도는 DF-58필름에서 2.14, EP-21필름에서는 3.00이었으며 Dentus M2 필름에서는 2.32로 EP-21, Dentus M2, DF-58필름순으로 필름 대조도가 높았고 A현상액에서 80°F뿐 아니라 68°F, 74°F, 86°F, 92°F의 현상온도에서도 EP-21, Dentus M2, DF-58필름순으로 높았다.

#### b) 현상용액에 따른 필름대조도

RD-III, X-dol 90현상액을 사용한 경우는 A현상액을 사용했을때와는 필름대조도의 성적이 상이하였다(Table 3 참조). 현상온도 80°F에서 RD-III현상액을 사용한 경우 필름간의 대조도는, EP-21 필름에서 2.99, DF-58필름에서 2.55, Dentus M2 필름에서 2.47로 EP-21, DF-58, Dentus M2필름순으로 필름대조도가 높았으며 X-dol 90현상액을 사용한 경우에도 EP-21, DF-58, Dentus M2필름순으로 높았다.

### 4) 被寫體對照도에 관한 실험

#### a) 현상액 온도에 따른 피사체대조도

DF-58, EP-21, Dentus M2필름을 이용하여 알루미늄 step wedge를 15 impulse로 촬영하고 A현상용액의 온도를 변화시키면서 현상한 후 각 필름의 흑화도를 측정하였다(Table 4. 참조). 68°F, 74°F, 80°F, 86°F, 92°F로 현상된 Dentus M2필름에서 step wedge 2mm의 흑화도는 각각 2.09, 2.26, 2.39, 2.42, 3.02이었으며 step wedge 20mm에서는 각각 0.43, 0.45, 0.48, 0.53, 0.67이었다. 알루미늄 step wedge 2mm의 흑화도에서 step wedge 20mm의 흑화도를 뺀 차이가 온도증가에 따라 증가되므로 피사체대조도도 온도증가에 따라 높아졌다. A현상액에서 Dentus M2필름뿐만 아니라 EP-21, DF-58필

**Table 2.** Radiographic densities obtained with the three films and A processing solution at different temperature

Log. Exposure		0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7
Devel. Temp.	Film									
DF-58	68°F	0.39	0.55	0.77	0.87	1.00	1.40	1.72	1.95	2.28
	74°F	0.41	0.59	0.78	0.92	1.13	1.45	1.75	2.04	2.38
	80°F	0.46	0.63	0.85	0.98	1.22	1.56	1.87	2.07	2.60
	86°F	0.48	0.75	1.00	1.16	1.34	1.74	2.12	2.25	2.63
	92°F	0.66	0.92	1.24	1.40	1.68	2.17	2.46	2.82	3.39
EP-21	68°F	0.64	0.94	1.26	1.56	1.79	2.15	2.59	2.90	3.25
	74°F	0.69	1.00	1.38	1.74	1.92	2.37	2.75	3.10	3.62
	80°F	0.70	1.02	1.42	1.76	2.05	2.42	2.80	3.21	3.70
	86°F	0.76	1.14	1.50	1.83	2.12	2.52	2.88	3.27	3.73
	92°F	0.97	1.35	1.79	2.29	2.48	2.99	3.25	3.62	4.06
Dentus M2	68°F	0.48	0.68	0.97	1.12	1.38	1.62	2.05	2.38	2.72
	74°F	0.51	0.74	0.99	1.17	1.48	1.73	2.22	2.56	2.81
	80°F	0.54	0.84	1.04	1.27	1.59	1.79	2.25	2.59	2.86
	86°F	0.56	0.99	1.30	1.64	1.82	2.18	2.29	2.96	3.30
	92°F	0.69	1.17	1.41	1.76	1.92	2.28	2.70	3.03	3.41

**Table 3.** Radiographic densities obtained three films and three processing solutions at 80°F

Log. Exposure		0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7
Devel. sol.	Film									
DF-58	RD-III	0.51	0.75	0.93	1.17	1.39	1.82	2.36	2.59	3.06
	A	0.46	0.63	0.85	0.98	1.22	1.56	1.87	2.07	2.60
	X-dol	0.48	0.69	0.88	1.10	1.23	1.62	1.93	2.26	2.65
EP-21	RD-III	0.72	1.09	1.37	1.71	1.98	2.46	2.95	3.18	2.71
	A	0.70	1.02	1.42	1.76	2.05	2.42	2.80	3.21	3.70
	X-dol	0.56	0.86	1.16	1.52	1.62	2.00	2.24	2.61	2.95
Dentus M2	RD-III	0.50	0.69	0.97	1.19	1.39	1.76	2.19	2.52	2.97
	A	0.54	0.84	1.04	1.27	1.59	1.79	2.25	2.59	2.86
	X-dol	0.50	0.68	0.86	1.11	1.31	1.54	1.88	2.14	2.40

**Table 4.** Radiographic densities of the wedge steps obtained with the three films and A processing solution at different temperatures

Al. thick. (mm)		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Devel. Temp.											
Film											
DF-58	68°F	1.82	1.40	1.13	0.93	0.77	0.67	0.57	0.51	0.46	0.42
	74°F	1.92	1.46	1.16	0.95	0.79	0.68	0.59	0.52	0.48	0.43
	80°F	2.07	1.63	1.30	1.10	0.92	0.76	0.68	0.60	0.50	0.43
	86°F	2.21	1.66	1.33	1.11	0.93	0.78	0.69	0.61	0.54	0.49
	92°F	2.93	2.22	1.78	1.48	1.23	1.02	0.87	0.75	0.67	0.61
EP-21	68°F	2.56	1.92	1.53	1.28	1.05	0.92	0.74	0.68	0.61	0.54
	74°F	2.58	2.02	1.61	1.32	1.13	0.96	0.83	0.72	0.63	0.55
	80°F	2.83	2.29	1.80	1.50	1.25	1.06	0.89	0.76	0.67	0.60
	86°F	2.87	2.31	1.83	1.51	1.26	1.08	0.94	0.82	0.72	0.64
	92°F	3.15	2.57	2.06	1.71	1.44	1.23	1.05	0.91	0.80	0.72
Dentus M2	68°F	2.09	1.61	1.27	1.03	0.85	0.73	0.63	0.55	0.47	0.43
	74°F	2.26	1.72	1.34	1.08	0.89	0.76	0.66	0.57	0.50	0.45
	80°F	2.39	1.83	1.44	1.20	1.00	0.86	0.71	0.62	0.52	0.48
	86°F	2.42	1.85	1.48	1.22	1.03	0.88	0.74	0.66	0.57	0.53
	92°F	3.02	2.36	1.90	1.54	1.29	1.10	0.94	0.84	0.74	0.67

름에서도 온도의 증가에 따라 피사체대조도가 높아졌다.

b) 현상용액에 따른 피사체대조도

RD-III, A, X-dol 90현상액을 사용해서 80°F로 현상한 다음 Dentus M2, DF-58, EP-21필름에서 흑화도를 측정하였다(Table 5. 참조).

A, X-dol 90, RD-III현상액으로 현상된 Dentus M2필름에서 step wedge 2mm의 흑화도는 각각 2.39, 2.17, 1.89이었으며 step wedge 20mm에서는 각각 0.48, 0.50, 0.35이었다. 알루미늄 step wedge 2mm의 흑화도에서 20mm의 흑화도를 뺀 차이가 A현상액, X-dol 90, RD-III현상액순으로 크므로 Dentus M2필름이 A, X-dol 90, RD-III현상액순으로 피사체대조도가 높았다. 그리고 DF-58, EP-21필름에서도 A, X-dol 90, RD-III현상액순

으로 피사체대조도가 높았다.

#### IV. 總括 및 考察

촬영된 방사선상은 黑化度, 對照度, 鮮明度등의 여러가지 특성에 의해 평가되어진다.<sup>26)</sup> 黑化度は X선에 토출된 필름의 전반적인 어둠의 정도를 말하며<sup>4)</sup>, 對照度は 필름의 여러부위에 존재하는 흑화도의 차이를 의미하며<sup>4)</sup>, 鮮明度は 피사체의 像을 뚜렷하게 보이게 하는 필름의 능력을 말한다.<sup>4,10,26)</sup> 이러한 필름의 흑화도, 대조도, base+fog흑화도, 선명도 등을 연구한 논문들은 눈으로 비교 관찰하였거나<sup>8,21)</sup> 흑화도 측정기(densitometer)를 이용하여 필름상을 비교 연구하였다.<sup>16,23)</sup>

**Table 5.** Radiographic densities of the wedge steps obtained with the three films and three processing solutions at 80°F

Al. Thick. (mm)		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Devel. Sol.											
Film											
DF-58	RD-III	1.58	1.21	0.96	0.79	0.66	0.57	0.49	0.43	0.36	0.33
	A	2.07	1.63	1.30	1.10	0.92	0.76	0.68	0.60	0.50	0.43
	X-dol	1.78	1.37	1.11	0.92	0.79	0.68	0.62	0.52	0.47	0.43
EP-21	RD-III	2.42	1.98	1.62	1.36	1.15	1.02	0.88	0.80	0.74	0.66
	A	2.83	2.29	1.80	1.50	1.25	1.06	0.89	0.76	0.67	0.60
	X-dol	2.51	1.93	1.56	1.33	1.11	0.94	0.84	0.70	0.62	0.53
Dentus M2	RD-III	1.89	1.38	1.10	0.89	0.74	0.63	0.53	0.45	0.39	0.35
	A	2.39	1.83	1.44	1.20	1.00	0.86	0.71	0.62	0.52	0.48
	X-dol	2.17	1.66	1.32	1.12	0.94	0.82	0.69	0.61	0.55	0.50

1. base + fog 黑化度

방사선에 노출되지 않은 필름의 흑화도는 base 흑화도와 fog 흑화도의 두 요소에 의해 구성된다. 노출 안된 필름이 현상되지 않고 定着되는 경우, 측정가능한 흑화도를 base 흑화도라 하며 노출안된 필름이 현상되고 定着되는 경우 base 흑화도보다 증가된 흑화도를 fog 흑화도라 한다.<sup>19)</sup> base 흑화도는 필름표면에서 빛의 반사와 感光乳劑의 gelatine, plastic base에 의한 소량의 빛 흡수에 의하며, fog 흑화도는 노출안된 유화제의 필름 현상과정때문이라고 한다.<sup>19)</sup>

필름 fog 흑화도의 원인은 부적당한 安全燈, 고온에서의 필름보관, 고온에서의 필름현상이나 과현상 등이다. 이러한 원인에 의하여 필름흑화도는 증가되지만 대조도는 감소된다. 그리고 필름 fog 흑화도는 적당한 필름 현상과 보관에 의해 감소될 수 있다.<sup>4)</sup> Manson-Hing 등(1973)<sup>14)</sup>은 각 필름당 임의의 여섯 부위에서 흑화도를 측정하여 이의 평균을 base + fog 흑화도를 정하였으며, 본 실험에서도 같은 방법으로 측정하였다. Kaffe 등(1984)<sup>9)</sup>은 최대허용 base + fog 흑화도를 0.25라 하였으며 높은 fog 흑화도는 base 흑

화도 또는 현상용액의 화학반응 때문이라고 하였다. 그리고 Patel(1985)<sup>16)</sup>은 현상온도 변화에 따른 fog 흑화도의 양이 경미하다고 하였으나, 본 실험에서는 현상온도의 증가에 따라 base + fog 흑화도가 증가되었으며 DF-58 필름, EP-21 필름 그리고 Dentus M2 필름 모두가 현상온도 92°F에서 최대허용 base + fog 흑화도인 0.25보다 높은 성적을 보였다. 86°F로 현상한 경우 DF-58 필름은 세 현상액에서 base + fog 흑화도가 0.25 이상이었으나 Dentus M2 필름은 세 현상액에서 양호한 base + fog 흑화도를 나타냈다. Manson-Hing 등(1973)<sup>14)</sup>은 현상과 定着과정이 방사선像의 fog 흑화도에 영향을 준다고 하였고, Price(1980)<sup>17)</sup>도 동일 필름을 다른 현상액에서 현상하면 fog 흑화도에 영향을 미친다고 하였으며 Kaffe 등(1984)<sup>9)</sup>은 바람직한 방사선像을 얻기 위해 적당한 感光乳劑와 현상용액의 조합에 특별한 관심을 기울여야 한다고 하였다.

본 실험에서도 현상액과 필름종류에 따라 다른 base + fog 흑화도를 나타냈으며 A 현상액과 RD-III 현상액을 사용한 경우 Dentus M2 필름, EP-21 필름, DF-58 필름 순으로 base + fog 흑화도가 낮았으며



X-dol 90현상액을 사용한 경우에는 EP-21, Dentus M2, DF-58필름 순으로 base+fog 흑화도가 낮았다. 본 실험에서 온도증가에 따라 base+fog 흑화도가 증가된 것은 현상액과 感光乳劑사이의 화학반응이 다르게 일어나거나 base 흑화도의 차이에 기인된 것으로 사료된다.

## 2. 필름感光度

필름感光度는 base+fog 흑화도를 제외한 1을 만드는데 요구되는 방사선량의 역이라고 정의하였다.<sup>20)</sup> Thunthy 등(1982)<sup>24)</sup>은 base+fog 흑화도를 제외한 흑화도가 1일때의 log. relative exposure의 역수로 부터 필름相對感光度를 계산하였는데 본 연구에서도 이와같은 방법으로 필름상대감광도를 계산하였다. 필름 감광도의 대부분은 感光乳劑 크기에 의해 좌우되는데 감광유제가 클수록 필름감광도가 높아진다.<sup>26)</sup> 필름감광도는 필름의 고유성질로 필름감광도를 변경할 수 있는 것은 적으며, 고온에서 현상함으로써 약간의 감광도가 높아지거나 fog 흑화도와 graininess의 증가가 있다고 하였다.<sup>4)</sup>

치과용 필름의 감광도는 1955년에 Eastman Kodak 회사에 의하여 D 감광유제가 도입된 후에<sup>2)</sup> 1974년부터 미국에서는 감광도 B 필름이 더 이상 제작되지 않았으며<sup>26)</sup> 1981년에는 감광도 E 필름이 이용되게 되었다.<sup>24)</sup>

필름의 감광도가 높으면 필름에 요구되는 흑화도를 나타내는데 필요한 노출시간이 감소됨에 따라 환자가 받는 방사선량이 적어진다.<sup>19)</sup> Kaffe 등(1984)<sup>10)</sup>에 의하면 Kodak E 필름이 Kodak D 필름보다 감광도가 높으며 90kVp에서는 1.96배 정도 필름감광도가 높으므로 Kodak E 필름을 사용하면 Kodak D 필름을 사용한 경우보다 노출시간이 약 50% 감소될 수 있다고 보고하였으며, Kaffe 등(1984)<sup>9)</sup>도 필름감광도가 높은 필름을 사용하면 필름像의 변화없이 적은 노출시간으로 환자에 대한 촬영을 수행할 수 있다고 하였다. Horton 등(1984)<sup>7)</sup>은 종래의 필름보다 Kodak E 필름으로 방사선의 노출량을 40~50% 줄일 수 있으며 낮은 감광도의 필름의 사용은 억제되어야 한다고 하였다. 또 그는 X선 촬영장치에 따라 짧은 노출시간으로 촬영할 수 없는 경우 짧은 照射筒 대신 긴 照射筒을 사용하면 Kodak E 필름을 사용할

수 있다고 하였다.

본 실험에서 필름상대감광도는, 모든 현상액에서 EP-21 필름이 가장 높은 필름감광도를 나타내었다. EP-21 필름이 현상온도 증가에 따라 상대감광도가 증가되었으며, 현상온도 86°F, 92°F에서는 최대 허용 base+fog 흑화도를 넘었으므로 80°F에서 EP-21 필름을 현상하면 바람직한 base+fog 흑화도를 얻을과 동시에 가장 높은 필름상대감광도를 얻어, 다른 필름에 비해 환자에 대한 방사선 노출시간을 상당량 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

## 3. 필름對照度

방사선像의 對照度는 필름의 각 부분에 있는 흑화도의 차이로 정의되며<sup>4)</sup>, 방사선의 대조도는 필름대조도와 피사체대조도 등으로 나뉘어진다.<sup>26)</sup> 필름대조도는 X선에 대한 필름감광유제의 반응특성에 관련된 성질로서 적절한 흑화도 범주내에서 필름특성곡선의 경사가 필름대조도를 나타낸다.<sup>4)</sup> 적당한 흑화도 범주는 0.3에서 1.7사이라고 하며, 강한 빛으로 보는 경우에는 흑화도 범주가 3까지 연장될 수 있다고 하나<sup>20)</sup>, Wuehrmann 등<sup>26)</sup>은 0.25에서 2까지의 흑화도가 적절한 범주라 하였다. Smith(1980)<sup>19)</sup>는 필름특성곡선의 경사가 심할수록 필름대조도가 높고, 적은 관용도를 가지며, 경사가 완만할수록 필름대조도가 낮고, 많은 관용도를 가진다고 하였다. 그리고 필름대조도가 높으면 연조직은 너무 검게 나타나고, 경조직은 너무 희게 된다고 하였다. Thunthy와 Weinberg(1982)<sup>24)</sup>는 Kodak E 필름이 Kodak D 필름보다 낮은 필름대조도를 갖는다고 하였으나 본 연구에서는 EP-21 필름이 DF-58 필름보다 높은 필름대조도를 보였다. 이처럼 필름대조도가 다른 것은 Thunthy와 Weinberg(1982)<sup>24)</sup>가 Kodak RPX-Omat 현상액을 사용한 반면 본 연구에서는 RD-III, A, X-dol 90 현상액을 사용했기 때문으로 사료된다. Stafne 등<sup>20)</sup>은 필름대조도가 필름의 종류와 필름의 현상과정에 의해 영향을 받는다고 하였는데 본 연구에서 온도증가에 따라 필름대조도가 증가되었으며 RD-III, X-dol 90 현상액을 사용한 경우 EP-21, DF-58, Dentus M2 필름순으로 필름대조도가 높았고 A 현상액을 사용한 경우 EP-21, Dentus M2, DF-58 필름순으로 필름대조도가 높았

는데 이는 필름과 현상액의 조합에 따라 필름대조도가 영향을 받는 것으로 사료된다. 따라서 A현상액이나 RD-III현상액, X-dol 90현상액을 사용한 경우 DF-58, Dentus M2 필름보다 EP-21 필름을 사용하면 필름대조도가 높은 방사선像을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 被寫體對照度

피사체대조도는 X도에 촬영되는 피사체의 특성으로<sup>4)</sup>, 피사체의 두께, 밀도, 화학적 구성성분과 방사선 에너지, 필름에 도달하는 산란방사선에 의해 결정된다고 하였다.<sup>20)</sup> 본 실험에서 사용된 피사체는 알루미늄으로 제작된 step wedge로서 알루미늄은 원자번호가 13, 밀도가 2.70gm/cm<sup>3</sup>이므로<sup>2)</sup>, 상아질과 방사선像의 대조도가 매우 비슷하여 석회화된 dental tissue를 나타내는데 사용되는 penetrometer 중에서 알루미늄이 가장 많이 사용되고 있다.<sup>12)</sup>

본 실험에서 A현상액을 사용한 경우 온도증가에 따라 피사체대조도가 증가하였으며, EP-21, Dentus M2, DF-58 필름 순으로 피사체대조도가 높았는데, 이것은 A현상액을 사용한 필름대조도의 순서와 일치하고 있다. 그리고 80°F에서 현상한 경우 DF-58, EP-21, Dentus M2 필름 모두가 A현상액, X-dol 90현상액, RD-III현상액순으로 피사체대조도가 높게 나타났다. 따라서 환자에게 X선촬영을 하는 경우 A현상액을 사용해서 현상하면 X-dol 90, RD-III현상액보다 높은 피사체대조도를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

#### V. 結 論

국내에서 사용되는 RD-III현상액, A현상액, X-dol 90현상액과 DF-58, EP-21, Dentus M2 필름을 사용하여 현상온도의 변화에 따른 base+fog 흑화도와 필름흑화도를 측정하여 피름상대감광도, 필름대조도, 피사체대조도를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. base+fog 黒化度는 현상온도 증가에 따라 증가되었으며, 현상온도 92°F(36.5°C) 이상에서는 최대 허용 base+fog 黒化度を 넘었다.

2. base+fog 黒化度는 A현상액과 RD-III현상액

을 사용한 경우 Dentus M2, EP-21, DF-58 필름순으로 낮았으며, X-dol 90현상액을 사용한 경우에는 EP-21, Dentus M2, DF-58 필름순으로 낮았다.

3. 필름相對感光度는 A현상액과 RD-III현상액을 사용한 경우 EP-21, Dentus M2, DF-58 필름순으로 높았으며, X-dol 90 현상액을 사용한 경우에는 EP-21 필름이 가장 높은 필름相對感光度를 나타내었다.

4. 필름對照度는 현상온도증가에 따라 높아졌으며, A현상액에서 EP-21, Dentus M2, DF-58 필름순으로 필름對照度가 높았고, 현상온도 80°F(29.5°C)에서는 RD-III, X-dol 90현상액을 사용한 경우 EP-21, DF-58, Dentus M2 필름순으로 높았다.

5. 被寫體對照度는 현상온도의 증가에 따라 높아졌으며, EP-21, Dentus M2, DF-58 필름순으로 높았고 80°F에서 현상된 세 종류의 필름에서는 A, X-dol 90, RD-III현상액순으로 높았다.

#### REFERENCES

1. Barr, J.H., and Garcia, D.A.: X-ray spectra from x-ray generators, Oral Surg. 22:478-488, 1966.
2. Barr, J.H., and Stephens, R.G.: Dental radiology: Pertinent basic concepts and their applications in clinical practice, Philadelphia, London, Toronto, 1980, W.B. Saunders Co.
3. Cho, T., Uehara, S., Yoshimura, A., and Yoshinaga, H.: Dental x-ray spectrometry with an Si(Li) semiconductors, Oral Surg. 45:965-977, 1978.
4. Goaz, P.W., and White, S.C.: Oral radiology: Principles and interpretation, ed. 1, St. Louis, 1982, The C.V. Mosby Co.
5. Goren, A.D., Pentel, L., Liuzzi, A., Shapiro, G., and Goldfarb, K.: Radiation quality and x-ray emulsion responses, Oral Surg. 27: 467-474, 1969.
6. Havukainen, R., and Servomaa, A.: Charac-

- teristic curves of dental x-ray film, *Oral Surg.* 62:107-109, 1986.
7. Horton, P.S., Sippy, F.H., Kohout, F.J., Nelson, J.F., and Kienzle, G.C.: A clinical comparison of speed group D and E dental x-ray films, *Oral Surg.* 58:104-108, 1984.
  8. Ingle, J.I., Beveridge, E.E., and Olson, C.E.: Rapid processing of endodontic "working" roentgenograms, *O.S., O.M. & O.P.* 19:101-107, 1965.
  9. Kaffe, I., Littner, M.M., Tamse, A., and Kuspect, M.E.: Densitometric evaluation of three x-ray films with five different developing solutions, *Oral Surg.* 57:207-211, 1984.
  10. Kaffe, I., Littner, M.M., and Kuspect, M.E.: Densitometric evaluation of intraoral x-ray films: Ektaspeed versus Ultraspeed, *Oral Surg.* 57:338-342, 1984.
  11. Kleier, D.J., Hicks, M.J., and Flaitz, C.M.: A comparison of Ultraspeed and Ektaspeed dental x-ray film: In vitro study of the radiographic appearance of interproximal lesions, *Oral Surg.* 63:381-385, 1987.
  12. Manson-Hing, L.R.: An investigation of roentgenographic contrast of enamel, dentine and aluminum, *O.S., O.M. & O.P.* 14:1456-1472, 1967.
  13. Manson-Hing, L.R.: Kilovolt (peak) and the sensitivity of very fast dental films, *C.S., O.M. & O.P.* 12:979-982, 1959.
  14. Manson-Hing, L.R., and Turgut, E.: Evaluation of film processing with concentrated solutions, *Oral Surg.* 36:280-286, 1973.
  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. Patel, J.R.: Densitometric evaluation of Soludent and GBX developers, *Oral Surg.* 59:1079-1088, 1985.
  17. Price, C.: A method of determining the sensitometric properties of emulsions and processing technique used in dental radiography, *Oral Surg.* 50:94-98, 1980.
  18. Price, C.: The effects of kilovoltage and filtration on dental radiographic film sensitivity, *Oral Surg.* 53:318-321, 1982.
  19. Smith, N.J.D.: *Dental radiography*, Oxford, 1980, Blackwell Scientific Publications.
  20. Stafne, E.C., and Gibilisco, J.A.: *Oral roentgenographic diagnosis*, ed. 5, Philadelphia, 1985, W.B. Saunders Co.
  21. Stewart, J.L., and Drisko, R.R.: An evaluation of a rapid x-ray film processing solution, *O.S., O.M. & O.P.* 22:334-337, 1966.
  22. Thunthy, K.H., Manson-Hing, L.R.: Effects of mAs and kVp on resolution and on image contrast, *Oral Surg.* 46:454-461, 1978.
  23. Thunthy, K.H., Weinberg, R.: Effects of solution depletion on films developed in the Peri-Pro automatic processor, *Oral Surg.* 57:102-105, 1984.
  24. Thunthy, K.H., Weinberg, R.: Sensitometric comparison of dental films of group D and E, *Oral Surg.* 54:250-252, 1982.
  25. Wainwright, W.W.: Filtration for lowest patient dose in dental radiography, *Oral Surg.* 16:561-571, 1973.
  26. Wuehrmann, A.H., and Manson-Hing, L.R.: *Dental radiology*, ed. 5, St. Louis, Toronto, London, 1981, The C.V. Mosby Co.