

증감지와 필름에 따른 방사선상 변화에 대한 연구

전남대학교 치과대학 치과방사선학교실

최경자 · 최승규

- 목 차 -

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

1896년 Calcium tungstate(CaWO_4)로 만든 증감지가 처음 사용된 이래 오늘날까지 이것은 X선증감지에 사용되는 주요 인 성분이다.⁷⁾ 그 후 1948년 barium lead sulfate가 소개되어 보다 빠른 증감지가 개발되었으며 감광도의 차이로 인한 방사선 흡수율과 빛을 방출하는 능력에 따라 저, 중, 고의 증감지로 구별된다.

그런데 물리적으로 단단한 성질을 갖는 CaWO_4 는 청색광을 방출하여 표준형 필름과 사용할 경우, 증감지를 사용하지 않고 직접 X선이 필름에 노출된 경우 보다 약10배~60배 정도 더 방사선에 민감하여 상당히 환자에 대한 노출량을 감소할 수 있었다.¹⁸⁾

그러나 Calcium tungstate는 X선의 빛 전환율이 3~5%에 불과하여¹²⁾ 진단방사선에 사용되

는 증감지의 감도에 도달하는 데에는 한계를 갖고 있어서 새로운 형광체의 개발이 필요하게 되었다.

1973년 처음으로 소개된 희토류 형광체의 4가지 종류는 terbium activated gadolinium oxysulfide($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$), terbium activated lanthanum oxysulfide($\text{La}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$), terbium activated yttrium oxysulfide($\text{Y}_2\text{O}_2\text{S} : \text{Tb}$)와 lanthanum oxybromide($\text{La}_2\text{O}_2\text{Br}$)이었고^{2,3,44,47)} 이 희토류 증감지의 출현으로 방사선 피폭량의 감소가 이루어졌으며 관전압, 관전류, 노출시간의 감소로 인하여 X-선 관구의 수명이 연장되고 동일한 두께의 보통증감지 보다 고감도를 얻는 잇점이 따르게 되었다.¹¹⁾

그런데 $\text{La}_2\text{O}_2\text{Br}$ 은 방사선을 흡수하여 청색을 발광하지만 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ 와 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}$ 는 녹색을 발광하여 orthochromatic 필름의 사용이 불가피하게 되었다. 그러므로 각 증감지에 따라 사용되는 필름이 달라지므로 여러가지의 필름과 증감지 중에서 가장 적합한 것을 결정하는 비교 연구가 행하여졌는데 Coltman등(1947)¹²⁾이 CaWO_4 증감지의 물리적 특성에 관한 연구를 한 이래로 Cleare등(1962)¹⁰⁾은 증감지에 노출된 필름으로 증감지 반점을 관찰하여 이에 기여하는 요소로는 인성분의 고유효율, 인층의 광학적 특성(입자의 투명도, 염료의 존재), 인의 두께로서 낮은 효율을 가진 증감지는 X선 흡수에 의한 반점 정도가 감소하고, 두께만 다르면 두꺼운 것이 고감도 일

지라도 빛의 증가로 인해 반점이 감소한다고 하였으며, 증감지의 반점을 결정짓는 필름의 특성으로는 감도와 대조도가 있다고 하였다. Rossi 등(1976)⁴⁴⁾은 12종류의 증감지와 필름 조합으로 6가지 상의 특성을 비교한 결과 희토류 증감지가 CaWO₄보다 선예도가 좋고, 감도 증가, 환자의 노출감소, 동일한 kVp와 mA에서 노출 시간 감소등의 잇점이 있었으나, 값이 비싸고 노출 시간 조절에 어려움이 있는 단점을 보고하였다.

그후 Braun과 Wilson(1982)⁶⁾, Cohen 등(1984)¹¹⁾은 희토류 증감지의 사용으로 인하여 감도를 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 선예도나 해상력에 관하여 Morgan(1949)³⁵⁾, Thunthy와 Manson-Hing(1976)⁴⁹⁾, Braun과 Wilson(1982)⁶⁾, Hassen과 Manson-Hing(1982)²¹⁾등이 연구하였고 두부규격 촬영과 파노라마 촬영에서 희토류 증감지 사용에 대한 효과를 많은 학자들이 연구하였다.^{19,20,21,24,25,27,31,32,33,38,39)}

Higashida 등(1983)²³⁾, Kelsey 등(1983)²⁸⁾은 편면 유제 필름의 상대감도가 50~60% 정도 감소하였으나 정보전달능력은 75~110% 증가되어 상의해상력이 높았다고 보고하였으며 Kircos 등(1986)²⁹⁾은 교익 촬영에 필요한 방사선 양을 측정한 결과 Lenex Regular와 Ortho M 필름(Kodak Co.)을 사용한 것이 감도E의 구내 표준 필름과 Xeroradiography보다 96% 정도의 방사선 노출량 감소를 가져올 수 있다고 하였다.

많은 학자들이 일반형 증감지와 희토류 비교하였으나 사용된 필름과 증감지가 국내에서 이용되는 것과는 상이하여 임상적으로 적용하는데 어려움이 있다고 사료되어 이에 저자는 최근 국내에서 많이 사용되는 필름을 중심으로 일반형 증감지와 희토류 증감지의 차이를 구명하고자 다음과 같은 연구를 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 실험에 사용된 필름은 AX(Konishiroku Photo Ind.), Curix RPI(Agfa Gevaert Co.),

X-Omat RPI(Kodak Co.)의 증감도 표준형 필름과 orthochromatic 필름인 Ortho G(Kodak Co.), T-Mat G(Kodak Co.) 5종류이었다. (이후 AX, RPI, XRP, OG, TMG로 표시하였다.)

증감지는 증감도인 X-Omatic Regular(Kodak Co.)와 Optex Medium(Wehmer Co.), 고감도인 Okamoto DHS(Okamoto Co.)와 Optex High(Wehmer Co.)의 일반형 증감지와 저감도인 Lanex Fine(Kodak Co.), 증감도인 Lanex Medium(Kodak Co.), 고감도인 Lanex Regular(Kodak Co.)의 희토류 증감지를 사용하였다. (이후 XOR, OKa, OM, OH, LF, LM, LR로 표시하였다.)

2. 연구방법

1) 각 필름의 감도와 평균계조도

sensitometer(X-Rite Co.)를 이용하여 표준형 필름들은 청색광에, orthochromatic 필름들은 청색광과 녹색광에 각각 노광시켜 즉시 현상하였으며 같은 과정을 10회 반복 시행하였다. 현상된 필름은 densitometer(Victoreen Co.)를 이용하여 20단계의 흑화도를 측정하였고, 노출되지 않은 부위에서 base+fog 흑화도를 측정하였다.

각 측정치는 IBM 4361을 이용하여 SAS(Statistical Analysis System) ANOVA(Analysis of Variance)검정을 하였다. 사용된 현상기는 Parka 250(두산의료기) 자동현상기로서 현상시간은 125초이었다. 이때 현상액은 RD III(Fuji Co.)이었고 현상온도는 30°C로 고정되어 있었으며 현상액은 자동으로 보충되었다. 그리고 단계별 평균필름흑화도로 각 필름의 특성 곡선을 그렸으며 이때 base+fog는 제외되었다.

가. 필름 감도(Film speed)

sensitometer에 노광되어 base+fog를 제외한 필름의 흑화도가 1.0일때 log비 노광량의 역수로 계산하였다.

$$\text{필름 감도} = \frac{1}{\text{흑화도 1일때의 log비 노광량}}$$

나. 평균계조도 (Average gradient)

필름특성곡선에서 흑화도 0.25~2.0의 범위에 있는 곡선의 경사도를 계산하여 노광량 차이에 의한 평균계조도를 구하였다.

$$\text{평균계조도} = \frac{1.75}{\log E_2 - \log E_1}$$

$\log E_1$ = 흑화도 0.25를 나타내는
log비 노광량

$\log E_2$ = 흑화도 2.0을 나타내는
log비 노광량

2) 증감지와 필름을 조합하여 사용한 경우 상대감도, 평균계조도, 관용도, 피사체 대조도

5종의 필름과 7종의 증감지 각조합(35가지)을 cassette내에서 긴밀한 접촉을 유지하게 한 후 관구와 cassette간의 거리를 36 inch⁵²⁾로 고정하고 cassette의 중앙에 aluminum stepwedge를 위치시킨후 중심방사선이 이를 통과하도록 하였다.

촬영은 70kVp, 10mA에서 노출시간을 각각 2, 3, 4, 6, 10, 15, 24, 38, 60 impulse (60 impulse=1초)로 하였으며 필름은 즉시 현상되었다. 이같은 과정은 각각의 필름과 증감지를 사용한 경우에서 반복 시행되었고 각 impulse에 대한 필름 흑화도와 상대감도, 평균계조도, 관용도, 피사체대조도는 IBM 4361을 이용하여 SAS, ANOVA검정을 하였다.

실험과정에서 현상되지 않은 필름은 안전등을 켜지않은 암실에서 다루었다.

가. 상대감도 (Relative speed)

현상된 필름에서 10곳을 임의로 정하여 흑화도를 측정하였고, XOR증감지에 XRP필름을 사용할 경우 100으로 하여 상대감도를 구하였다.

$$\text{상대감도} = \frac{\text{XOR/XRP가 흑화도 1일때의 log비 노출량}}{\text{비교되는 조합이 흑화도 1일때의 log비 노출량}}$$

나. 평균계조도 (Average gradient)

$$\text{평균계조도} = \frac{1.75}{\log E_2 - \log E_1}$$

$\log E_1$ = 흑화도 0.25를 나타내는 log비
노출량

$\log E_2$ = 흑화도 2.0을 나타내는 log비
노출량

다. 관용도 (Latitude)

관용도는 진단목적에 적합한 흑화도의 범위에서 최소의 방사선 노출량과 최대의 방사선 노출량의 차이로서 관용도 = $\log E_2 - \log E_1$ 이다.

라. 피사체대조도 (Subject contrast)

피사체 대조도는 15 impulse일때 3mm 알루미늄의 흑화도에서 30mm알루미늄의 흑화도를 뺀 값으로 계산하였다.

$$\text{피사체 대조도} = D_1 - D_2$$

D_1 = 3mm 두께의 aluminum stepwedge의
흑화도

D_2 = 30mm 두께의 aluminum stepwedge의
흑화도

III. 실험 성적

1. 각 필름의 감도와 평균계조도

sensitometer에 노광한 필름의 흑화도를 측정 한 결과 12번째 단계에서 base+fog를 제외한 각 필름의 흑화도를 RP1이 1.00, XRP가 1.02, AX가 1.20이었으며 TMG를 청색광에 노광한 필름은 1.20, 녹색광에 노광한 필름은 2.84이었으며 OG필름은 청색광에서 0.95, 녹색광에서

2.51을 보였다. 따라서 12번째 단계에서 AX와 TMG필름이 가장 높은 흑화도를 보였으며 orthochromatic 필름은 둘 다 청색광보다는 녹색광에 훨씬 높은 흑화도를 나타냈다.

5종 필름의 감광도 차이에 대한 흑화도의 유의성을 검정한 결과 유의한 차이를 인정할 수 있었다($p < 0.0001$).

각 필름의 base+fog는 AX가 0.25, RP1이 0.24, XRP가 0.29, TMG가 0.23, OG가 0.22 이어서 측정된 흑화도 값에서 위의 base+fog를 뺀값으로 특성곡선을 그렸다(Fig.1, 2참조).

가. 필름감도

흑화도 1을 나타내는데 필요한 노광량은 필름에 따라 각각 RP1은 1.8, XRP는 1.79, AX는 1.74, TMG는 1.73과 1.21, OG는 1.81과 1.29 이었다 그래서 청색광에 노광하였을 경우 필름

감도는 노광량의 역수로 TMG가 0.58, AX가 0.57로 높았고 OG필름이 0.55로 가장 낮았으나 차이가 0.03으로 필름감도에 심한 차이는 없었다.

녹색광에 의한 경우는 OG필름의 0.78보다 TMG필름이 0.83으로 높은 감도를 나타냈으며, 두필름이 다 청색광에서 보다 녹색광에서 높은 감도를 보였다(Table 1참조).

나. 평균계조도 (Average gradient)

평균계조도는 청색광에 노광되었을때 AX필름이 2.87로 가장 높았으며, RP1 필름이 2.27로 가장 낮았다. 녹색광에 노광된 두 필름의 평균계조도는 TMG 필름이 2.65, OG필름이 2.54로 TMG가 더 높았으며, 청색광에서의 성적 2.61, 2.50보다 녹색광에서의 성적인 2.65, 2.54가 더 높았다(Table 1 참조).

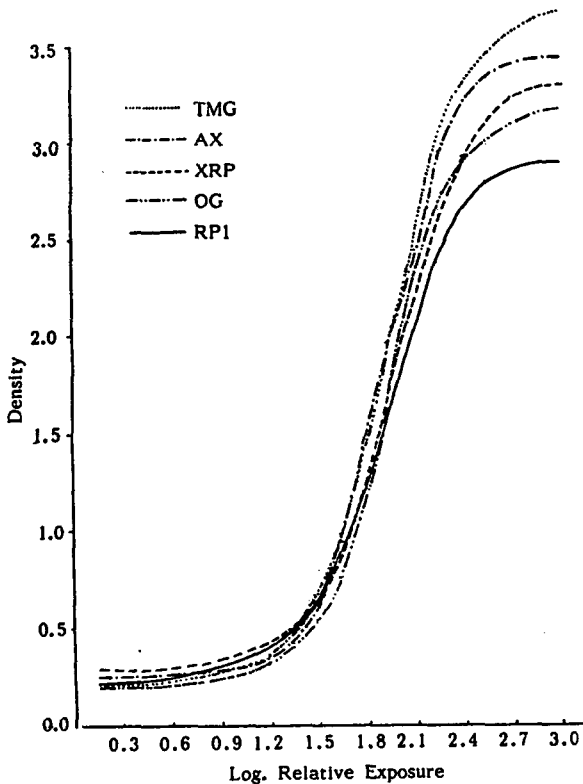


Fig. 1. Characteristic curves of films using sensitometer. (blue light)

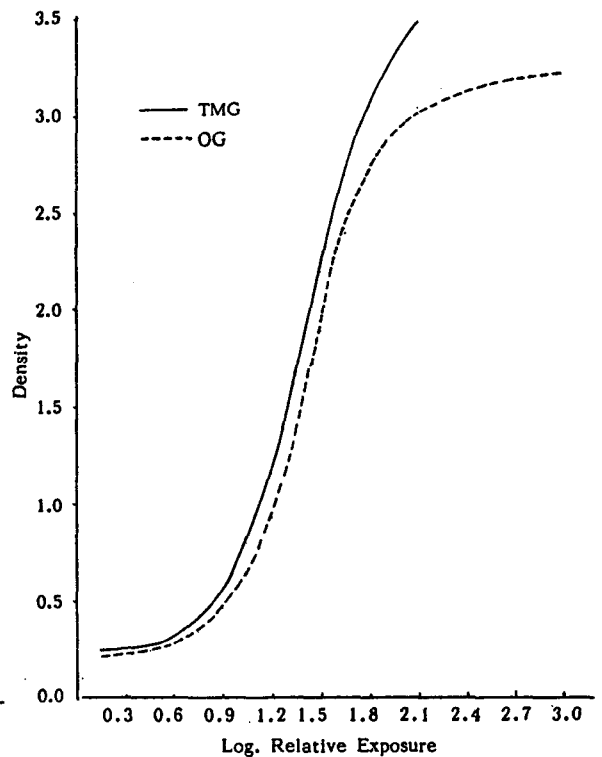


Fig. 2. Characteristic curves of film using sensitometer. (green light)

Table 1. Average gradient and speed of each film

film	average gradient	speed
AX	2.87	0.57
RP1	2.27	0.56
XRP	2.33	0.56
TMG (blue)	2.61	0.58
TMG (green)	2.65	0.83
OG (blue)	2.50	0.55
OG (green)	2.54	0.78

2. 증감지와 필름을 조합한 경우의 상대감도, 관용도, 피사체 대조도

각각 35종의 조합으로 각 impulse 변화에 따른 증감지와 필름을 조합하여 촬영한 후 현상된 필름의 10부위에서 측정된 흑화도 값을 검정하여 필름(p<0.2031)보다는 증감지(p<0.0004)에 의해 유의한 차이를 나타냈다.

가. 상대감도(Relative speed)

가장 빠른 필름감도를 보인 경우는 회토티류 증감지에 orthochromatic 필름을 사용한 LM/TMG에서의 상대감도이었으며 LM/AX의 경우 50으로 최소상대감도를 나타냈고 표준형 필름을

일반형 증감지를 사용한 경우는 OKa/AX가 137로 가장 빠른 감도를 보였다. 표준형 필름에 대한 일반형 증감지의 상대감도는 OKa, OH, OM, XOR순으로 높았으나 XRP 필름에서만 XOR이 100, OM이 84로 XOR이 OM보다 빠른 감도를 보였다.

orthochromatic 필름에 대한 각 회토티류 증감지의 상대감도는 LR, LM, LF의 순으로 표준형 필름에서의 순서와 차이를 보이고 있으며 일반형 증감지 종류에 따른 표준형 필름의 감도는 AX, RP1, XRP순으로 높았으나 XOR 증감지에서만 XRP, AX, RP1 순으로 높았고, orthochromatic 필름의 감도는 TMG가 OG보다 높았다. 그리고 상대감도는 유의한 차이가 있었다(Tabel 2 참조).

나. 평균계조도 (Average gradient)

가장 높은 계조도는 5.26으로 OKa 증감지에 AX 필름을 사용한 경우이며 가장 낮은 계조도는 2.40으로 LM 증감지에 RP1 필름을 사용한 경우이다. 회토티류 증감지와 orthochromatic 필름을 조합할때 LR/OG가 4.27로 높은 계조도를 나타냈다. 표준형 필름에 대한 필름 일반형 증감지의 평균 계조도는 OKa, OH, OM, XOR의 순으로 높았으나 XRP 필름에서만 XOR 증감지가 OM 증감지보다 높은 평균 계조도를 보였고, 회토티류 증감지에 따른 평균계조도는 LR, LF,

Table 2. Relative speed of film-screen combinations at density equal to 1 above base and fog

screen film	Lanex			Optex		X-Omatic	Okamoto
	Regular	Fine	Medium	Medium	High	Regular	DHS
AX	128	71	50	95	117	90	137
RP1	111	76	54	90	109	75	124
XRP	107	78	58	84	104	100	113
T-mat G	174	99	128	60	76	66	86
Ortho G	145	80	123	61	77	64	87

P < 0.05, film : P < 0.05, screen : P < 0.05, film *screen : P < 0.05

LM의 순으로 높았다. orthochromatic 필름에 대한 회토티류 증감지의 계조도는 LR, LM, LF로 증감지의 감도 순이었다.

증감지에 따른 표준형 필름의 계조도는 AX, XRP, RP1의 순으로 높았으나 회토티류 증감지인 LF와 LM에서만 XRP, AX, RP1순으로 XRP가 가장 높은 성적을 보였다. 또한 orthochromatic 필름의 계조도는 일반형 증감지와 LF증감지에서 TMG가 OG보다 높았으나, 회토티류 증감지인 LR, LM 증감지에서는 OG가 TMG보다 높아 증감지의 종류에 따라 계조도가 달랐다. 그리고 평균계조도는 서로 유의한 차이가 없었다 (Table 3참조).

다. 관용도 (Latitude)

관용도는 LM증감지에 RP1필름을 사용한 경우 0.73으로 가장 컸으며, OKa증감지에 AX필름을 사용한 경우 0.33으로 가장 작았다. orthochromatic 필름에 회토티류 증감지를 사용한 조합에서 관용도는 LR/OG가 0.41로 작았으며, LF/OG가 0.57로 컸고 일반형 증감지를 사용한 조합에서는 OH/TMG가 0.53으로 낮은 성적을 보였으며, OM/OG가 0.66으로 높은 성적을 보였다. 각 필름 종류와 증감지 종류에 따른 관용도의 순위는 평균계조도의 순위와 역 관계가 있다. (Table 4 참조) 관용도는 증감지에 의해 유의한 차이가 있었다.

Table 3. Average gradient of film-screen combinations at density range of 0.25 to 2 above base and fog

screen film	Lanex			Optex		X-Omatic	Okamoto
	Regular	Fine	Medium	Medium	High	Regular	DHS
AX	4.73	2.86	2.48	3.74	4.83	3.72	5.26
RP1	2.88	2.70	2.40	2.70	2.94	2.57	3.23
XRP	3.55	2.99	2.54	3.18	3.52	3.20	3.96
T-mat G	3.76	3.32	3.56	2.71	3.29	2.94	3.22
Ortho G	4.27	3.04	4.07	2.64	2.95	2.77	3.16

P > 0.05, film: P > 0.05, screen: P > 0.05, film *screen: P > 0.05

Table 4. Latitude of screen-film combinations at density range of 0.25 to 2 above base and fog

screen film	Lanex			Optex		X-Omatic	Okamoto
	Regular	Fine	Medium	Medium	High	Regular	DHS
AX	0.37	0.61	0.71	0.47	0.36	0.47	0.33
RP1	0.61	0.65	0.73	0.65	0.59	0.68	0.54
XRP	0.49	0.59	0.69	0.55	0.50	0.55	0.44
T-mat G	0.47	0.53	0.49	0.65	0.53	0.60	0.54
Ortho G	0.41	0.57	0.43	0.66	0.59	0.63	0.55

P > 0.05, film: P > 0.05, screen: P < 0.05, film *screen: P < 0.05

라. 피사체대조도 (Subject contrast)

피사체 대조도는 LR/TMG의 경우 2.59로 가장 높았고 LR/AX가 0.17로 가장 낮았다. 각 필름에서 일반형 증감지의 피사체 대조도는 RP1 필름에서 OKa, OH, XOR, OM순으로 높았으나 AX 필름에서는 OH가 2.50, OKa가 2.49의 근소한 차이로 OH가 더 높은 성적을 보였으며 XRP 필름에서는 XOR이 2.11 OH가 2.09로 XOR이 더 높은 성적을 보여 OKa, XOR, OH, OM 순으로 높았다.

그러나 희토류 증감지의 피사체 대조도는 표준형 필름에서는 LR, LF, LM 순이었는데 LF, LM 증감지에서는 XRP, RPI, AX 순으로 높았으나, LR 증감지에서만은 AX가 2.53, XRP가 2.17, RPI가 2.15로 AX가 가장 높은 성적을 보였고, orthochromatic 필름에서는 LR, LM, LF의 순으로 높았으며, TMG가 OG보다 높은 피사체 대조도를 나타냈다 (Table 5 참조). 피사체 대조도는 증감지에 의해 유의한 차이가 있었다.

IV. 총괄 및 고안

증감지의 종류에 따라 빛변환 효율은 상이하여 CaWO₄는 3~5%¹²⁾이며 최근에 소개된 형광

체인 La₂O₂S : Tb는 13%, Gd₂O₂S : Tb는 18%⁷⁾로 희토류 계열이 훨씬 높은 빛변환 효율을 보인다.

그리고 X선 흡수율은 CaWO₄로 된 증감지 중 고감도는 40%, 중감도는 20%이고 La₂O₂S : Tb와 Gd₂O₂S : Tb는 60%로 희토류가 훨씬 높은 흡수율을 나타내어 환자가 받는 방사선량을 줄일 수 있다고 하였다. Buchanan(1972)⁷⁾은 X선 흡수율이 50~70KeV에서 Gd₂O₂S가 CaWO₄보다 4~5배 높고 70KeV 이상과 38KeV 이하에서는 희토류 계열의 La₂O₂S가 CaWO₄보다 오히려 낮다고 보고하면서, orthochromatic 필름은 희토류 증감지의 사용을 권유하였고, 일반형 증감지는 녹색광에 거의 반응하지 않는다고 하였다. 그러나 오늘날에는 표준형 필름이나 orthochromatic 필름 둘 다 희토류 증감지와 사용할 수 있다고 하여 희토류 중 Y₂O₂S : Tb, La₂O₂Br는 청색을 발광하므로 표준형 필름과 함께 사용될 수 있다.

그러므로 본 실험에서도 희토류 증감지에 표준형 필름을, 일반형 증감지에 orthochromatic 필름을 사용하여 정상적인 필름-증가지 조합과 비교를 한 결과 희토류 증감지인 Lanex Regular의 경우 표준형 필름과 사용하여도 비교적 높은 감도를 나타냈으나 기타의 증감지에서는 비교적 낮은 감도를 보였다.

증감지와 조합하지 않고 필름만을 sensitome-

Table 5. Subject contrast of screen-film combinations at density range of 3mm to 30mm aluminum stepwedge thickness above base and fog

screen film	Lanex			Optex		X-Omatic	Okamoto
	Regular	Fine	Medium	Medium	High	Regular	DHS
AX	2.53	0.96	0.17	1.75	2.50	1.84	2.49
RP1	2.15	1.09	0.36	1.54	2.09	2.00	2.25
XRP	2.17	1.21	0.42	1.33	2.09	2.11	2.23
T-mat G	2.59	1.88	2.54	0.39	1.03	0.91	1.47
Ortho G	2.51	1.40	2.49	0.48	1.20	0.76	1.60

P > 0.05, film P > 0.05, screen. P < 0.05, film *screen: P < 0.05

ter에 노광한 실험에서 필름감도는 표준형 필름에서 AX가, orthochromatic 필름에서 TMG가 높았으며, 평균계조도는 XRP필름이 2.33, OG 필름이 2.50, AX필름이 2.87로 가장 높은 성적을 보였다. Rao등(1978)⁴¹⁾은 XRP필름이 2.8, OG필름이 2.4라고 보고하여 본 실험의 성적과 차이가 있었다. 이는 필름현상과정과 처리방법에 의한 차이로 사료된다.

필름과 증감지에 따른 감도는 X선 광자의 흡수, 입자의 크기나 두께, 인층의 두께, 사용한 염료, X선의 빛변환 효율에 따라 좌우되는데, ^{3,37,40,41)} 고감도의 증감지는 두껍고 투명한 형광체로 구성되어 높은 해상력을 갖지는 못한다.^{40,43)}

증감지와 필름을 조합한 상대감도에 관하여 Wagner와 Weaver(1976)⁵¹⁾은 80kVp에서 증감도인 par증감지(Du Pont Co.)와 RP 54필름(Kodak Co.)에 대하여, Stables등(1977)⁴⁶⁾은 par증감지와 XRP1필름에 대해 3M사의 $\alpha 4$, $\alpha 8$ 회도류 증감지와 3M사의 XD, XM orthochromatic 필름조합을 비교할때 회도류 증감지와 orthochromatic 필름에서 2~10배의 감도를 나타낸다고 하였다. Rossi등(1976)⁴⁴⁾은 par증감지와 RP14필름(Kodak Co.)보다 LR증감지와 OG필름을 사용할 경우 60kVp에서 4.4배, 80kVp에서 6.1배의 필름감도를 보고하면서 60~80kVp에서는 관내전압의 증가에 따라 필름감도가 증가하였고 80~120kVp에서는 오히려 감소하였다. Reynolds(1976)⁴²⁾는 관전압이 감소함에 따라 회도류와 barium strontium sulfate로 구성된 증감지는 Calcium tungstate 증감지보다 감도가 떨어지는데 이는 낮은 관전압에서 피사체 대조도가 증가하기 때문이라고 하였다. Forsgren과 Julin(1982)¹⁷⁾은 Lanthanum증감지가 Calcium tungstate증감지보다 3배의 감도를, Fatouros등(1984)¹⁴⁾은 par증감지(Du Pont Co.)와 RP(Kodak Co.)조합보다 $\alpha 8$ 증감지와 XM이 8배의 감도를 보인다고 하였다. Fearon등(1986)¹⁶⁾은 Hi Plus(Du Pont Co.)증감지와 Cronex 4필름(Du Pont Co.)에 대하여 LR증감지와 OG필름이 2.1배의 감도를 보인다고 하였으며, Ponce등(1986)³⁸⁾이 LR증

감지와 조합한 TMG와 OG필름을 Hi plus증감지와 XRP필름에 대해 비교하여 OG필름에서는 2배, TMG필름에서는 2.9배의 감도를 보인다고 하였는데 본 실험에서는 LR/OG의 감도가 145, LR/TMG의 감도가 174로 TMG필름과 조합할 때 Ponce등의 결과처럼 높은 감도를 보였다.

본 실험에서는 사용된 증감지와 필름 조합에서 일반형 증감지와 표준형 필름조합중 OKa 증감지와 조합한 경우에 높은 감도를 나타냈고, 가장 감도가 높은 LR/TMG는 가장 낮은 감도인 LM/AX보다 3.5배의 감도를 보였으며, 일반형 증감지와 표준형 필름 조합에서 가장 감도가 낮은 XOR/RP1 보다는 2.3배의 감도를 보였고 일반형 증감지와 orthochromatic 필름을 조합한 것중 가장 낮은 감도인 OM/TMG보다는 3배의 감도를 나타냈다.

본 실험에서 회도류 증감지에 orthochromatic 필름을 사용한 경우 감도는 LR, LM, LF순으로 높았으며 Ponce등(1986)³⁹⁾의 실험 결과와 동일하였다. 그러나 Phantom을 이용한 실험에서 LR와 LF증감지로는 TMG와 OG 필름이 각각의 증감지에 같은 감도를 나타냈고 LM증감지만이 OG보다 TMG 필름이 높은 감도를 나타낸다고 하였는데¹³⁾ 본 실험에서는 회도류 증감지 3종류에서 TMG 필름의 감도가 OG필름보다 높았다. 그리고 Venema(1979)⁵⁰⁾은 CaWO₄증감지와 RP1필름조합에 대해 회도류 증감지인 $\alpha 8$, Lanex, orthochromatic 필름인 XD, XM, OG 필름을 사용하여 2~5배의 감도를 얻었으며 LR/RP1을 조합하면 1.8배 LR/OG는 2.3배의 감도를 보인다고 하였는데 본 실험에서는 XOR/RP1조합에 대하여 LR/RP1이 1.5배 LR/OG조합이 1.9배의 감도를 나타내었고 Rao등(1978)⁴¹⁾은 par증감지와 XRP 필름에 대하여 감도를 구하였는데 XOR/XRP를 기준으로 환산하면 LF/OG는 0.62배 LR/OG는 2.18배 이어서 본 실험의 LF/OG가 0.8배, LR/OG가 1.45배와는 차이가 있었다. 또한 Thunthy등(1985)⁴⁸⁾은 회도류 증감지와 XRP필름과의 조합시 LR, LM, LF순이었으나 본 실험에서는 LR, LF, LM으로 그 순서가 달랐다. 이러한 차이는 사용한 관전압, 피사체, 현상액 및 사용기기의 상이

성에 따른 결과로 사료된다.

표준형 필름에서는 XOR증감지와 조합시 AX, XRP, RP1순으로 AX가 가장 높았으나 OM, OH, OKa증감지에서는 AX, RP1, XRP 순으로 RP1이 XRP 보다 높았다. 이는 XRP 필름과 XOR증감지는 같은회사 제품이므로 나머지 증감지에서와는 차이가 있는 것으로 사료된다.

X선 필름의 상대감도와 특성곡선은 증감지의 발광파장 분포에 의존하므로 각각 다른 증감지로 같은 필름을 사용해도 상당히 다른 특징이 나타난다.²⁾

평균계조도는 방사선 사진을 형성하는 각 부분의 흑화도 차이로 사용되는 필름, 현상과정에 의해 달라진다. 일반적으로 흑화도 범위를 1.5~2.0으로 매우 좁은 범위를 측정하기도 하지만 적절한 흑화도 범주인 0.25~2.0에서 특성곡선이 직선부에 포함되어 있으므로 두 점을 연결한 직선부의 경사도를 필름계조도라하여 산출하였다.

일차방사선에 대한 2차방사선의 흡수율은 희토류 증감지가 Calcium tungstate증감지보다 낮아서 높은 대조도를 나타내었고 OG필름을 사용하여 Calcium tungstate 증감지와 희토류 증감지를 비교할때 낮은 흑화도 영역에서는 차이가 없었으나 높은 흑화도에서는 CaWO₄가 낮은 대조도를 나타낸다고 하였다.⁹⁾

계조도의 범위에 대해 Rossi등(1976)⁴⁴⁾은 2.2~3.2, Fatouros등(1984)¹⁴⁾은 Par/RP, α /XM, RP/M조합으로 1.8~2.6의 비교적 한정된 범위를 보인다고 하였으나, Thunthy등(1985)⁴⁸⁾은 1.4~4.49, 본 실험에서는 2.40~5.26으로 비교적 성적을 보였다. 이는 사용된 필름과 증감지의 차이로 인한것으로 사료된다. OKa/AX 조합이 5.26으로 가장 높았고 LM/RP1이 가장 낮았으며 AX, RP1, XRP 필름은 OKa에서 높은 계조도를 보였고, LM증감지와 조합을 이룬 경우는 낮은 계조도를 나타냈다. 또한 TMG, OG필름은 희토류 증감지와 조합할 때 높은 계조도를 나타내어 희토류는 orthochromatic필름으로, 일반형 증감지는 표준형필름으로 높은 계조도를 보였다. 본 실험 결과 평균

계조도에는 유의한 차이가 없었다.

관용도는 평균계조도와 반비례 관계이므로 높은 계조도를 갖는 필름은 좁은 관용도를 갖는다. 따라서 높은 계조도를 갖는 OKa/AX가 가장 좁은 관용도를 보였으며 LM/RP1이 가장 넓은 관용도를 나타내었다. 그런데 본 실험에서 관용도는 필름보다는 증감지에 의해 유의한 차이가 있었다. 관용도 차이에 의한 상의 질에는 변화가 없었으며, 저노출 혹은 고노출 방사선사진의 흑화도는 특성 곡선에서 toe와 shoulder이기 때문에 비례적 관계를 나타내지 않으므로 적은 차이는 임상적으로 중요하지 않다.⁴¹⁾

피사체 대조도는 피사체의 두께, 밀도의 차이, 원자번호와 방사선의 질에 따라 영향을 받게 되는데 Mees와 James(1966)³⁴⁾가 chest phantom을 이용한 이래 phantom^{4,8,13,16)} 개(dog),¹⁵⁾ stepwedge⁴⁰⁾를 피사체로 사용하였다.

본 연구에서 고감도의 희토류 증감지와 고감도의 orthochromatic 필름을 조합하였을 경우에 피사체 대조도가 가장 높았으며 높은 필름대조도를 나타냈고 높은 상대감도를 보여 환자에 대한 방사선 노출을 감소할 수 있으므로 단층촬영,⁵⁾ 유방촬영,^{4,26,36)} 혈관촬영³⁷⁾이나 산모와 어린이의 방사선 촬영⁴⁶⁾에 이용되고 치의학에서는 특히 두부규격촬영^{14,20,24,25)}과 파노라마 촬영^{17,19,21)}에서 유익하게 이용될 수 있다.

V. 결 론

sensitometer를 이용하여 표준형 필름과 orthochromatic필름의 감광도와 평균계조도를 측정하고, 이들 필름과 희토류 증감지인 Lanex Regular, Lanex Medium, Lanex Fine 및 일반형증감지 Optex Medium, Optex High, X-Omatic Regular, Okamoto DHS를 서로 조합하여 stepwedge를 2, 3, 4, 6, 10, 15, 24, 38, 60 impulse로 촬영한 후 흑화도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 실험에서 사용된 5종 필름간의 흑화도는 유의한 차이가 있었으며 필름과 증감지를 조합한 경우에는 필름보다 증감지에 대해 유의한

차이가 있었다.

2. 청색광에 노광된 필름들의 감도는 큰 차이가 없었고, 녹색광에 노광된 경우는 TMG 필름이 높은 감도를 나타냈으며, 평균계조도는 AX 필름이 가장 높았다.

3. 필름과 증감지 조합에 의한 상대 감도는 일반형 증감지에서는 OKa, 희토류 증감지에서는 LR와 조합한 필름에서 높았으며, 특히 LR 증감지와 조합한 표준형 필름에서도 높은 감도를 보였다.

4. 필름과 증감지 조합의 평균계조도는 유의한 차이가 없었으며, OKa 증감지에서 높았는데 이중 OKa/AX가 가장 높았으며 희토류 증감지에서는 LR/OG가 높았다.

5. 필름과 증감지 조합의 관용도는 표준형 필름에서는 LM 증감지와 조합하였을 때, orthochromatic 필름에서는 OM 증감지와 조합하였을 때 높았고, 증감지에 의해 유의한 차이가 있었다.

6. 필름과 증감지 조합의 피사체 대조도는 증감지에 의해 유의한 차이가 있었으며 표준형 필름 AX나 orthochromatic 필름 TMG를 LR 증감지와 조합할 때 가장 높았다.

참 고 문 헌

1. 박수성, 김진상, 이관세 등: 진단 방사선 원리, 대학서림. 1985.
2. 허준: 방사선화상정보기술, 신광출판사. 1984.
3. Arnold, B.A., Eisenberg, H., Bjärnagnad, B.E.: The LSF and MTF of rare earth oxysulfide intensifying screens. Radiol. 121:473-477, 1976.
4. Arnold, B.A., Webster, E.W., and Kalisher, L.: Evaluation of mammographic screen-film systems. Radiol. 129:179-185, 1978.
5. Barnes, G.T., and Witten, D.M.: Film-screen considerations in tomography. Radiol. 113:477-479, 1974.
6. Braun, M., and Wilson, B.C.: Comparative evaluation of several rare earth film-screen systems. Radiol. 144:915-919, 1982.
7. Buchanan, R.A., Finkelstein, S.I., and Wickersheim, K.A.: X-ray exposure reduction using rare earth oxysulfide intensifying screens. Radiol. 105:185-190, 1972.
8. Burgess, A.E., and Hicken, P.: Comparative performance of X-ray intensifying screens. Radiol. 143:551-556, 1982.
9. Castle, J.W.: Sensitivity of radiographic screens to scattered radiation and its relationship to image contrast. Radiol. 122:805-809, 1977.
10. Cleare, H.M., Splettstosser, H.R., and Seaman, H.F.: An experimental study of the mottle produced by X-ray intensifying screens. Am. J. Roentgenol. 88:168-174, 1962.
11. Cohen, G., Wagner, L.K., and McDaniel, D.L. etc: Dose efficiency of screen-film systems used in pediatric radiography. Radiol. 152:187-193, 1984.
12. Coltman, J.W., Ebbinghausen, E.G., and Alter, W.: Physical properties of calcium tungstate X-ray screens. J. Appl. Phys. 18:530-544, 1947. (cited from 7)
13. Eastman Kodak Company: Kodak film-screen combinations. Publication No. M3-138, Rochester, N.Y. 1984.
14. Fatoursos, P.P., Gibbs, S.J., and Skubic, S.E. etc: Image characteristics of new screen-film system for cephalometric radiography. Angle Ortho. 54:36-54, 1984.
15. Fearon, T., Vucichi, J., and McSweeney, W.J. etc: A comparative evaluation of rare earth screen-film systems. Free response operating characteristic analysis and anatomic criteria analysis. Invest. Radiol. 21:734-742, 1986.
16. Fearon, T., Vucichi, J., and Hoe, J. etc:

- A comparative evaluation of rare earth screen-film systems. system speed, contrast, sensitometry, RMS noise, square-wave response function and contrast-dose-detail analysis. *Invest. Radiol.* 21:654-662, 1986.
17. Forsgren, L., and Julin, P.: Radiation dose reduction in panoramic radiography. *Swed. Dent. J.* 6: 225-231, 1982.
 18. Goaz, P.W., and White, S.C.: *Oral radiology. principles and interpretation.* 2nd edit. St. Louis C.V. Mosby Co. 1982.
 19. Gratt, B.M., White, S.C., and Fackard, F.L. etc: An evaluation of rare earth imaging systems in panoramic radiography. *Oral Surg.* 58:475-482, 1984.
 20. Halse, A., and Hedin, M.: May fast screen-film combinations be used for cephalometry? *Br. J. Ortho.* 5:189-192, 1978.
 21. Hassen, S.M., and Manson-Hing, L.R.: A study of the zone of sharpness of three panoramic X-ray machines and the effect of screen speed on the sharpness zone. *Oral Surg.* 54:242-249, 1982
 22. Haus, A.G., and Rossman, K.: X-ray sensitometer for screen-film combinations used in medical radiology. *Radiol.* 94:673-678, 1970.
 23. Higashida, Y., Frank, P.H., and Doi, K.: High speed, single screen-single emulsion film system: Basic imaging properties and preliminary clinical applications. *Radiol.* 149:571-577, 1983.
 24. Hurlbert, C.E.: Faster screen-film combinations for cephalometric radiography *Oral Surg.* 52:661-665, 1981.
 25. Hurlbert, C.E.: Screen-film combination used for cephalometric radiography. *Oral Surg.* 46:721-724, 1978.
 26. Jans, R.G., Butler, P.F., and McCrohan, J.L. etc: The status of film-screen mammography. *Radiol.* 132:197-200, 1979.
 27. Kaugors, G.E., and Fatouros, P.: Clinical comparison of conventional and rare earth screen-film systems for cephalometric radiographs. *Oral Surg.* 53:322-325, 1982.
 28. Kelsey, C.A., Mosby, R.D., and Mettler, F.A. etc: Anticrossover emulsions evaluated by observer performance tests. *Radiol.* 146:209-211, 1983.
 29. Kircos, L.T., Vandre, R.H., and Lorton, L.: Exposure reduction of 96% in intraoral radiography. *J.A.D.A.* 113:746-748, 1986.
 30. Kodera, Y., Doi, K., and Chan, H.P.: Absolute speeds of screen-film systems and their absorbed energy constants. *Radiol.* 151:229-236, 1984.
 31. McDavid, W.D., Morris, C.R., and Tronje, G. etc: Resolution of several screen-film combinations in rotational panoramic radiography. *Oral Surg.* 61:629-634, 1986.
 32. McDavid, W.D., Welander, U., and Kanerva, H. etc: Definitions of unsharpness and layer thickness in rotational panoramic radiography. *Oral Surg.* 57:96-101, 1984.
 33. McNicol, A., and Stirrups, D.R.: Assessment of screen-film combinations for cephalometric radiography. *Brit. J. Ortho.* 12:117-121, 1985.
 34. Mees, C.E.K., James, J.H.: *The theory of the photographic process.* New York, Macmillan, 3rd ed. 1966. (cited from 9)
 35. Morgan, R.H.: An analysis of the physical factors controlling the diagnostic quality of roentgen images. Part V. *Am. J. Roentgenol. Radium. Ther. Med.* 62:870-880, 1949. (cited from 20)
 36. Muntz, E.P., Wilkinson, E., George, F.W.: Mammography at reduced dose: present performance and future possibilities. *Am. J. Roentgenol.* 134:741-747, 1980.

37. Ovitt, T.W., Moore, R., and Amplatz, K.: The evaluation of high speed screen-film combinations in angiography. *Radiol.* 114:449-452, 1975.
38. Ponce, A.Z., McDavid, W.D., and Lundeen, R.C. etc: Kodak T-Mat G film in rotational panoramic radiography. *Oral Surg.* 61: 649-652, 1986.
39. Ponce, A.Z., McDavid, W.D., and Lundeen, R.C. etc: Adaptation of Panorex II for use with rare earth screen-film combinations. *Oral Surg.* 61:645-648, 1986.
40. Rao, G.U.V., Fatouros, P.: The relationship between resolution and speed of X-ray intensifying screens. *Med. Phys.* 5:205-208, 1978.
41. Rao, G.U.V., Fatouros, P., and James, A.E.: Physical characteristics of modern radiographic screen-film systems. *Invest. Radiol.* 13:460-469, 1978.
42. Reynold, J., Skucas, J., and Gorski, J.: An evaluation of screen-film speed characteristics. *Radiol.* 118:711-713, 1976.
43. Riihimäki, E.J., Korhola, O.A., and Suoranta, H.T. etc: Improvement of X-ray intensifying screen efficiency by special design of the screen. *Radiol.* 142:229-231, 1982.
44. Rossi, R.P., Hendee, W.R., and Ahren, C.R.: An evaluation of rare earth screen-film combinations. *Radiol.* 121:465-471, 1976.
45. Smith, N.J.D.: *Dental radiography.* Blackwell Scientific Pub. Oxford, London 1980.
46. Stables, D.P., Rossi, R.P., Caruthers, S.B. Jr. etc: The application of fast screen-film systems to excretory urography. *Am. J. Roentgenol.* 128:617-619, 1977.
47. Stevels, A.L.N.: New phosphorus for X-ray screens. *Medicamundi.* 20.12-22, 1975.
48. Thunthy, K.H., Boozer, C.H., and Weinberg, R.: Sensitometric evaluation of rare earth intensifying systems. *Oral Surg.* 59:102-106, 1985.
49. Thunthy, K.H., and Manson-Hing, L.R.: A study of the resolution of dental films and screens. *Oral Surg.* 42:255-266, 1976.
50. Venema, H.W.: X-ray absorption, speed and luminescent efficiency of rare earth and other intensifying screens. *Radiol.* 130: 765-771, 1979.
51. Wagner, R.F., and Weaver, K.E.: Prospects for X-ray exposure reduction using rare earth intensifying screens. *Radiol.* 118: 183-188, 1976.
52. Wuehrmann, A.H., and Manson-Hing, L.R.: *Dental radiology.* edit. 5 St. Louis, C.V. Mosby, Co., 1981.

– ABSTRACT –

THE COMPARATIVE EVALUATION OF FILM-SCREEN COMBINATIONS

Gyeong Ja Choi, D.D.S., Syng Kyu Choi, D.D.S., M.S.D., Ph. D.

Dept. of Dental Radiology, College of Dentistry, Chonnam National University.

This study was to compare the quality of image by different screen and film combinations.

Using the sensitometer measured the speed and average gradient of blue sensitive films and orthochromatic films. The films was combined with rare earth screen LR, LM, LF and conventional screen OM, OH, XOR, OKa and exposed the stepwedge to impulse 2, 3, 4, 6, 10, 15, 24, 38, 60 and measured the density.

The following results were obtained:

1. The density of film and film-screen combinations showed significant difference, then in film-screen combinations was significantly different by the screens than films.
2. The speed of blue sensitive films was little different, the TMG of orthochromatic films produced high speed, and the AX film was high average gradient.
3. The relative speed of film-screen combinations showed significant difference, and was high in the OKa of the conventional screens and in the LR of the rare earth screens, especially that of LR screen in the combination with blue sensitive films was high.
4. The average gradient of film-screen combinations showed no significant difference, and was high in the OKa screen and LR/OG combination, and that of OKa/AX combination was highest.
5. The latitude of film-screen combinations showed significant difference by screens, and was high in the LM screen in combination with blue sensitive films and in the OM screen in combination with orthochromatic films.
6. The subject contrast of film-screen combinations showed significant difference by screen, and was high in the LR screen in combination with blue sensitive AX film and orthochromatic TMG film.