

관전압과 X선노출시간의 변화가 X선사진의 흑화도와 대조도에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

경희대학교 치과대학 치과방사선과학교실

이 병 도 · 이 상 래

목 차

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

I. 서 론

X선사진의 특성을 이루고 있는 X선사진흑화도 및 대조도, 관용도, 선예도, 해상능중에서 X선사진흑화도와 대조도는 이의 가장 기본적인 특성이 되며 양질의 X선사진을 형성하는데 중요한 역할을 한다¹⁻³⁾. X선사진흑화도는 필름의 전반적인 어둠의 정도를 말하며 X선에 의한 요인, 피사체에 의한 요인, X선사진상 기록에 관련되는 요인들에 의하여 다양하게 변화될 수 있다. 그리고 X선사진대조도는 X선사진에서 부위적인 흑화도의 차이를 나타내는 것으로 피사체대조도, X선필름대조도, 산란선에 의한 흐림등에 의해서 많은 영향을 받게 된다²⁻⁵⁾.

피사체대조도는 피사체의 물리적 성질 뿐만 아니라 관전압에 의하여 많은 영향을 받게되는

데^{3,5-18)}, Fitzgerald³⁾, Wuehrmann과 Curby⁶⁾, Curby와 Wuehrmann⁷⁾, Updegrave 등⁸⁾은 관전압이 높아질수록 X선사진의 대조도가 낮아지면서 피사체의 각 부위별 분간이 잘되어 보이기 때문에 90kVp이상의 높은 관전압 사용이 바람직하다고 하였고, Ritchey등⁹⁾은 법랑질부위의 치아우식증을 발견하기 위해서는 120kVp 정도의 높은 관전압을 사용하여 X선의 투과력을 높여야 한다고 보고했다. 또한 Manson-Hing¹⁰⁾은 법랑질과 상아질의 X선사진대조도와 관용도를 적절하게 얻기 위해서는 65-70kVp의 관전압이 적당하다고 보고했으며, Manson-Hing¹⁶⁾은 치조백선의 연속성이 상실되는 소견은 60-75 kVp범위에서 잘 관찰된다고 하였다.

X선사진대조도는 또한 필름대조도에 의해 변화될 수 있으며 필름의 감광유체의 특성, X선노출방법, 현상과정 그리고 관전류 및 X선노출시간, 관전압등의 변화에 의한 필름흑화도등의 영향을 받게된다^{1,12,19)}. 치과 X선촬영 장치에서는 일반적으로 관전류는 일정하게 고정되는 경우가 많으며 이때 관전압이 낮을 때는 X선노출시간을 증가시키고, 관전압이 높을 때는 X선노출시간을 감소시켜 적절한 X선사진흑화도를 얻는 것이 필요하다^{7,8,20)}.

Hodge등(1938)²¹⁾은 X선사진의 흑화도와 관전압은 비례관계를 가지므로 관전압이 높을수록 X선사진의 흑화도는 증가된다고 보고하였

으며 Morgan(1946)¹⁹⁾은 필름흑화도가 적절한 범위내에서 증가되면 필름대조도도 증가될 수 있다고 하였다. Thunthy와 Mason-Hing¹⁸⁾은 X선사진의 흑화도가 일정한 상태와, 일정하지 못한 상태로 구분한 뒤 X선노출시간 및 관전압이 해상능과 X선사진의 대조도율에 미치는 영향을 조사하였는데 관전압과 X선사진의 대조도율과는 역비례 관계를 보이며, X선사진의 흑화도가 일정치 못한 X선사진을 서로 비교시 X선노출시간의 증감과 X선사진의 대조도율과는 일정한 관계가 성립되지 않으나 X선사진의 흑화도가 일정한 상태에서는 X선노출시간이 증가됨에 따라 X선사진의 대조도율도 증가된다고 보고하였다.

이와같이 X선사진상을 형성하는 데에 관여되는 X선에 의한 요인중에서 특히 관전압과 X선노출시간은 X선사진의 흑화도와 대조도를 직접 지배함으로써 판독의사가 X선사진으로부터 진단정보를 얻는데 많은 영향을 미치는 물론 환자의 X선피폭경감과도 밀접한 관계를 이루어서^{3,10)} 이들은 많은 연구의 대상이 되고 있다. 이에 저자는 60-90kVp의 관전압과, 5-60 impulse의 X선노출시간을 다양하게 변화시킴으로서 발생하는 X선사진의 흑화도와 대조도를 측정 비교하고, X선사진의 흑화도와 대조도의 변화가 X선사진판독능에 미치는 영향을 검토하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

사용된 피사체는 2mm두께의 8계단으로 구성된 aluminum step wedge와 치아가 비교적 견고하게 식립되어 있는 건조된 인체 하악골 3개 및 발거된 치아 50개였으며 감광도 D군(Ultraspeed DF-58, Kodak Co., U.S.A.)과 감광도 E군(Ektaspeed EP-21, Kodak Co., U.S.A.)의 치근단표준필름을 사용하였다. X선 촬영장치는 Flexomatic 90(S.S. White Co., U.S.A.)이었고 현상기는 Pantomat 10(Hope Co., U.S.A.)이었다.

그리고 Agfa사의 현상액을 사용하였으며 현상 조건은 80.6°F, 5.5분 이었다. 현상된 X선사진의 흑화도 측정에는 digital densitometer(X-Rite Co., U.S.A)를 이용하였다.

2. 연구방법

1) 관전압과 X선노출시간에 따른 X선사진흑화도 측정

감광도 D군과 E군의 X선필름에 aluminum step wedge를 부착한 후 X선촬영장치를 이용하여 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90kVp의 각 관전압마다 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 38, 48, 60 impulse의 X선노출시간으로 X선 촬영하였으며 aluminum step wedge의 제 1계단에서 제 8계단까지 각 계단의 중심부위 X선사진흑화도를 농도측정기로 측정하였다.

2) 관전압과 X선노출시간에 따른 피사체대조도의 평가

aluminum step wedge를 피사체로 하여 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90kVp의 관전압에 5, 6, 8, 10, 12, 19, 24, 30, 38, 48, 60 impulse의 X선노출시간을 적용하여 얻은 X선사진흑화도의 측정치들 중에서 유사한 X선사진흑화도를 보이는 aluminum step wedge 제 4계단의 X선사진흑화도의 측정치를 피사체대조도 비교의 기준으로 선정하였다. 이 때 얻어진 관전압과 X선노출시간에 해당되는 aluminum step wedge 각 계단의 X선사진흑화도를 채택하여 각 계단간의 피사체대조도를 비교평가하였다.

3) X선사진의 대조도율 산출

60, 70, 80, 90kVp의 관전압마다 6, 12, 19, 24, 30impulse로 X선을 노출시켰을때 X선투과성이 가장 높은 상을 보이는 aluminum step wedge 2mm 두께의 X선사진흑화도와 X선불투과성이 가장 높은 상을 보이는 aluminum step wedge 16mm의 것을 대상으로 하여 아래와 같은 방법으로 X선사진의 대조도율을 구하였다.

Image contrast percentage

$$= \frac{\text{density of radiolucent image} - \text{density of radiopaque image}}{\text{density of radiolucent image}} \times 100$$

4) 관전압과 X선노출시간의 변화에 따른 X선사진질의 평가

건조 인체 하악골 3개와 발거된 치아(전치부 25개, 구치부 25개) 50개를 대상으로 하여 감광도 E군의 필름으로 X선촬영을 하였다. 건조 인체 하악골에서는 치아와 치근단 부위가 X선 필름에 포함되도록 하였다. X선 촬영은 60, 70, 80, 90kVp의 각각 관전압마다 6, 12, 19, 24, 30impulse의 X선을 노출시켰으며, 촬영현상처리된 X선사진들을 3명의 치과방사선학 전공의들이 다음의 항목들을 관독하여 얻어진 점수의 평균치를 산출하여 X선사진의 질을 평가하였다. 관독항목과 점수부여 기준은 다음과 같다.

(1) 관독항목

- ① 법랑상아경계부
- ② 치조백선
- ③ 치간치조골의 흡수양상
- ④ 골소주
- ⑤ 치아우식증

(2) 점수부여기준

1. excellent : 모든 관독항목들이 명료하게 구별될 경우.
2. good : 모든 관독항목들이 비교적 명료하게 구별될 경우
3. fair : 모든 관독항목들이 비교적 희미하게 구별될 경우
4. bad : 모든 관독항목들의 구별이 어려울 경우

III. 연구성적

1) 관전압 및 X선노출시간에 따른 X선사진 흑화도

관전압 및 X선노출시간이 X선사진흑화도에 미치는 영향을 조사하기 위해 관전압 60, 70, 80, 90kVp의 각각에 X선노출시간 6, 12, 19, 24, 30impulse를 적용시켜 얻은 aluminum step wedge 4계단(8mm의 두께)의 X선사진 흑화도의 측정치는 Table 1과 Fig 1, 2에 게재되었다. 감광도 D군과 E군 필름 모두 관전압이 증가됨에 따라 X선사진흑화도가 증가되었는데, X선노출시간이 증가될수록 관전압과 X선사진흑화도 간에는 보다 비례적인 관계가 있었으며, 감광도 E군의 필름이 감광도 D군의

Table 1. Radiographic density of 8mm thick aluminum according to change of kilovoltage and exposure time

kVp	group of film	exposure time*				
		6	12	19	24	30
60	E	0.19	0.29	0.38	0.47	0.57
	D	0.09	0.15	0.22	0.26	0.33
70	E	0.30	0.52	0.72	0.89	1.02
	D	0.16	0.29	0.43	0.53	0.67
80	E	0.49	0.82	1.10	1.34	1.57
	D	0.25	0.43	0.66	0.80	1.01
90	E	0.67	1.14	1.52	1.83	2.10
	D	0.39	0.66	0.96	1.15	1.42

* impulse

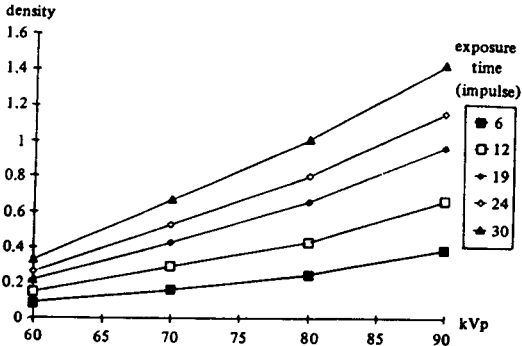


Fig. 1. Radiographic density of 8mm thick aluminum according to change of kilovoltage and exposure time in group D film.

필름에 비해 훨씬 높은 X선사진흑화도를 보였다.

2) 관전압과 X선노출시간에 따른 피사체대조도

관전압과 X선노출시간에 따른 X선사진흑화도를 측정하여 aluminum step wedge 4계단에서 유사한 X선사진흑화도를 보이는 관전압 및 X선노출시간 그리고 X선사진흑화도는 Table 2에 제시하였다.

서로 유사한 X선사진흑화도를 보이는 aluminum step wedge 4계단의 X선사진흑화도의 측정치를 기준치로 선정하고, 이때 얻어진 관전압과 X선노출시간을 적용하여 얻은

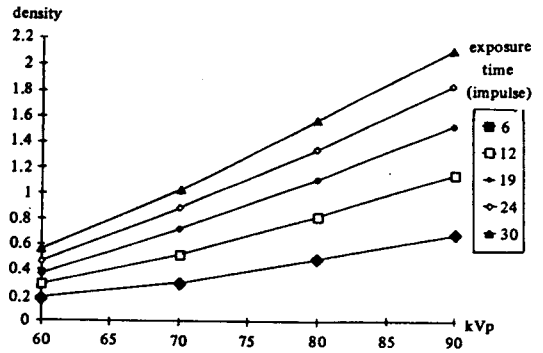


Fig. 2. Radiographic density of 8mm thick aluminum according to change of kilovoltage and exposure time in group E film.

aluminum step wedge 각 계단의 X선사진흑화도는 Table 3에, 인접된 계단간의 X선사진흑화도 차이는 Table 4와 같다. 각 X선사진에서 aluminum step wedge 양 끝 계단간의 최대흑화도와 최소흑화도와의 차이는 감광도 D군과 E군 필름 모두에서 관전압이 증가됨에 따라 작아졌으며, aluminum step wedge의 두께가 얇을수록 저관전압에서의 인접 계단간의 X선사진흑화도의 차이가 고관전압에서 보다 약간 컸으나 aluminum step wedge의 계단의 두께가 증가될수록 관전압에 의한 인접계단간의 X선사진흑화도의 차이는 근소하였다.

Table 2. Kilovoltage and exposure time to produce similar radiographic density through 8mm thick aluminum

kVp	D group		E group	
	exposure time*	radiographic density	exposure time*	radiographic density
60	60	0.64	30	0.57
65	48	0.73	19	0.57
70	30	0.67	15	0.61
75	24	0.68	10	0.60
80	19	0.66	8	0.64
85	15	0.65	6	0.60
90	12	0.66	5	0.59

* impulse

Table 3. Radiographic density of aluminum step wedges, ranging in thickness from 2 to 16mm

kVp	No. of Al. step group of film	1	2	3	4	5	6	7	8
		60	D	1.99	1.36	0.91	0.64	0.47	0.34
	E	1.55	1.11	0.79	0.57	0.43	0.32	0.27	0.22
65	D	2.03	1.41	1.01	0.73	0.54	0.42	0.32	0.27
	E	1.44	1.03	0.76	0.57	0.43	0.34	0.28	0.24
70	D	1.75	1.23	0.89	0.67	0.51	0.39	0.31	0.25
	E	1.45	1.06	0.79	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25
75	D	1.70	1.23	0.91	0.68	0.52	0.41	0.33	0.26
	E	1.38	1.03	0.78	0.60	0.48	0.38	0.32	0.27
80	D	1.58	1.14	0.85	0.66	0.50	0.39	0.30	0.24
	E	1.43	1.07	0.81	0.64	0.51	0.41	0.35	0.31
85	D	1.51	1.12	0.85	0.65	0.49	0.39	0.32	0.26
	E	1.33	1.00	0.79	0.60	0.49	0.40	0.33	0.28
90	D	1.51	1.12	0.85	0.66	0.51	0.42	0.34	0.28
	E	1.27	0.99	0.77	0.59	0.47	0.40	0.33	0.29

Table 4. Differences in radiographic density between aluminum steps

kVp	No. of Al. step group of film	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	1 - 8
		60	D	0.63	0.45	0.27	0.17	0.11	0.08
	E	0.44	0.32	0.22	0.14	0.11	0.05	0.05	1.33
65	D	0.62	0.32	0.28	0.16	0.12	0.10	0.05	1.33
	E	0.41	0.27	0.19	0.14	0.09	0.06	0.04	1.20
70	D	0.52	0.34	0.22	0.16	0.12	0.08	0.06	1.50
	E	0.39	0.27	0.18	0.13	0.10	0.07	0.06	1.20
75	D	0.47	0.32	0.23	0.16	0.11	0.08	0.07	1.44
	E	0.35	0.25	0.18	0.12	0.10	0.06	0.05	1.11
80	D	0.44	0.29	0.19	0.16	0.11	0.09	0.06	1.34
	E	0.36	0.26	0.17	0.13	0.10	0.06	0.04	1.12
85	D	0.39	0.27	0.20	0.16	0.10	0.07	0.06	1.25
	E	0.33	0.21	0.19	0.11	0.09	0.07	0.05	1.05
90	D	0.39	0.27	0.19	0.15	0.09	0.08	0.06	1.23
	E	0.28	0.22	0.18	0.12	0.07	0.07	0.04	0.98

3) X선사진 대조도율

60, 70, 80, 90kVp의 각각에 X선노출시간이 6, 12, 19, 24, 30impulse를 적용시켜 얻은 X선사진확화도가 X선사진간에 서로 일정치 않았을 때에는, 관전압이 증가됨에 따라 이의 대조도율이 감소되는 경향을 보였으나 대조도율과 X선노출시간의 증감과는 일정한 관계를 보이지 않았다. 그리고 저관전압일 경우에는 X선노출시간이 많을수록, 또한 고관전압일 경우에는 X선노출시간이 적을수록 이의 대조도율이 높은 경향을 보였다(Table 5, Fig. 3, 4). 한편 감광도 D군이 감광도 E군에 비해 높은 X선사진상의 대조도율을 나타냈다.

4) 관전압과 X선노출시간의 변화에 따른 X선사진의 평가

관전압 60-90kVp, 노출시간 6-30impulse의 범위내에서, X선노출시간과 관전압이 낮거나 혹은 높게되어 필름이 X선에 과다노출되거나

Table 5. Image contrast percentage at different kVp and exposure time in non-constant radiographic density

ex- posure time	group of film	kVp			
		60	70	80	90
6	D	73.9	79.1	81.5	80.4
	E	73.3	78.9	76.6	76.3
12	D	82.9	83.5	84.7	81.4
	E	80.5	81.9	78.7	76.1
19	D	84.1	84.8	84.8	81.7
	E	84.1	82.3	78.7	73.9
24	D	86.2	85.0	83.3	80.3
	E	85.5	82.6	77.9	71.6
30	D	88.5	85.7	83.3	77.9
	E	85.8	82.8	75.2	68.5

나 노출부족되었을 때에는 점수가 대체로 높아서 X선사진의 판독능이 불량하였다.

그리고 X선노출시간이 적을 때는 관전압이 증가함에 따라 X선사진 평가가 양호하였으나 이의 노출시간이 많을 때는 관전압이 증가함에 따라 X선사진 평가가 양호해지다가 다시 불량하게 되었으며, 관전압과 X선노출시간이 증가될 경우 전치부에서는 동일한 X선노출조건하의 구치부에서 보다 쉽게 과노출되는 경향이 있었으며 X선사진의 판독능이 불량하였다 (Table 6).

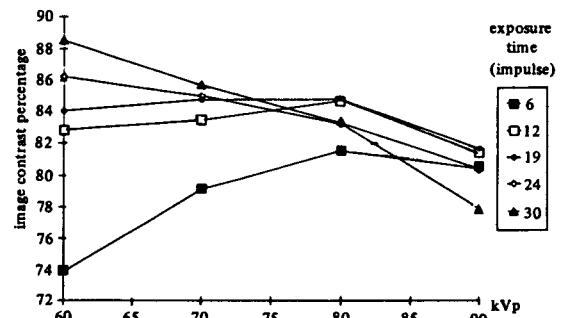


Fig. 3. Graph of image contrast percentage at different kVp and exposure time without constant radiographic density in group D film.

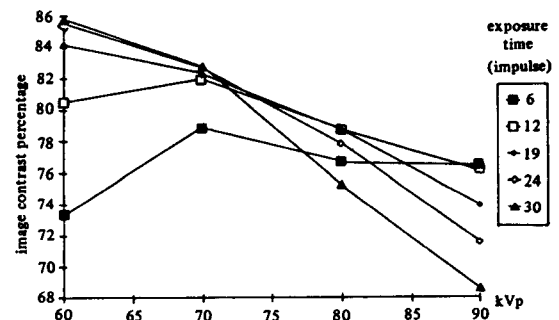


Fig. 4. Graph of image contrast percentage at different kVp and exposure time without constant radiographic density in group E film.

Table 6. Evaluation of film quality by score ratings

ex- posure time	kVp site	60					70					80					90								
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
		average					average					average					average								
6	P	4	4	3	4	4	3.8	4	3	2	3	3	3.0	2	2	2	3	3	2.4	2	2	1	2	2	1.8
	A	4	3		3	4	3.5	4	2		2	4	3.0	3	2		2	3	2.5	2	1		1	2	1.5
12	P	4	4	3	3	3	3.4	3	3	2	2	3	1.6	2	1	1	2	2	1.6	2	1	2	1	1	1.4
	A	4	2		2	3	2.8	3	2		2	3	2.5	2	1		1	2	1.5	1	2		1	2	1.5
19	P	3	2	2	2	3	2.4	2	2	1	2	2	1.8	1	1	2	2	1	1.4	1	1	3	1	1	1.4
	A	2	1		1	3	1.8	2	1		1	2	1.5	1	1		1	1	1.0	1	4		3	1	2.3
24	P	2	2	2	2	2	2.0	2	1	2	2	2	1.8	1	1	3	1	1	1.4	1	1	4	2	1	1.8
	A	2	1		1	2	1.5	2	1		1	2	1.5	1	2		1	1	1.3	1	4		4	1	2.5
30	P	2	1	2	2	2	1.8	1	1	3	1	1	1.4	1	1	4	1	1	1.6	1	3	4	3	1	2.4
	A	2	1		1	2	1.5	1	2		1	1	1.3	1	3		2	1	1.8	2	4		4	2	3.0

* Classification of criteria

1. dentinoenamel junction
2. alveolar lamina dura
3. resorptive pattern in interdental bone
4. trabecular bone
5. dental caries

P: posterior segment of jaw

A: anterior segment of jaw

IV. 총괄 및 고안

X선사진흑화도는 X선에 조사된 필름의 어둠의 정도를 나타내는 것으로 $D = \log I_0/I_t$ (I_0 : X선사진입사광의 세기, I_t : X선사진 투과광의 세기, D : X선사진흑화도)로 정의된다. 이는 관전류 및 X선노출시간, 관전압, X선관두와 필름간의 거리등 X선에 관련되는 요인은 물론 피사체의 두께와 밀도, X선필름의 특성, 증감지의 사용여부, 현상과정, 산란선에 의한 흐림등 많은 요인들과 관련된다^{1,3,19)}.

본 실험에서는 관전압과 X선노출시간의 변화가 X선사진의 흑화도에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 관전압이 증가됨에 따라 X선사진의 흑화도가 증가되었는데, X선노출시간이 증가될수록 X선사진흑화도의 증가폭이 커지면서 관전압과 이의 흑화도간에는 보다 비

례적인 관계가 성립되었으며, 감광도 E군의 필름이 D군의 필름에 비해 훨씬 높은 X선사진흑화도를 보였다. Hodge 등²¹⁾도 관전압과 X선사진흑화도와는 일정한 직선적인 관계가 있다고 보고하였으며, Fitzgerald³⁾는 관전압을 10kVp를 증가시키면 X선노출시간을 2배 증가시켰을 때와 유사한 X선사진흑화도를 나타내므로 X선사진흑화도를 증가시키기 위해서는 관전압을 상승시키는 것이 환자의 피폭경감측면에서도 바람직하다고 보고했다. X선사진대조도는 X선사진에서 부위적인 흑화도의 차이를 나타내는 것으로 파사체대조도와 필름대조도로 대별된다^{2,19)}. 피사체대조도는 조사되는 물질의 두께, 밀도, 원자구성 등에 의해 변화됨으로^{2,3)} 치아구조와 두께, 협설측 피질골판의 두께, 골수강과 골소주의 두께에 따라 이의 차이가 발생된다²²⁾.

또한 관전압도 피사체대조도에 많은 영향을

미치는데, 관전압이 높아지면 피사체에서 보다 많은 X선이 흡수됨으로 X선사진의 대조도가 감소되어 피사체의 경조직과 연조직의 분별이 보다 용이해진다⁸⁾. Manson-Hing¹⁰⁾은 법랑질과 상아질 그리고 aluminum을 재료로 step wedge를 만들어 관전압과 X선사진대조도에 관한 실험을 하여 관전압이 증가될수록 법랑질, 상아질 그리고 aluminum의 X선사진대조도가 각각 감소되었으나, X선노출시간이 증가될수록 X선사진대조도는 증가되는데, 특히 상아질과 aluminum의 X선사진대조도가 서로 유사하다고 보고하였다. 한편 각 조직간의 피사체대조도를 비교 연구하는데는 여러가지 재료의 경도계 (penetrometer)가 이용된다^{7,23-25)}. Mack 등²⁴⁾은 골조직의 무기물 함량과 경도계를 비교한 실험에서 ivory는 골조직 및 상아질과 성질이 유사하다고 하였고, Updegrave⁸⁾는 0.5mm-3.5mm 두께의 aluminum은 연조직에, 4-10mm 두께의 aluminum은 치조골에 해당한다고 하였으며 Wuehrmann과 Monacelli(1951)¹¹⁾는 aluminum 10mm 이상이 치아 경조직 또는 피질골에 해당한다고 보고한 바 있다.

본 실험의 연구성적중 Table 4에 나타난 바와 같이 관전압의 증감에 의하여 X선노출시간을 상대적으로 변화시켜 X선사진확화도가 X선사진간에 서로 유사한 경우에는, 관전압이 낮을 때의 aluminum step wedge 양 끝 계단간의 X선사진확화도 차이는 관전압이 높을 때보다 크게 나타났고 또한 aluminum step wedge의 낮은 계단에서의 인접계단 간의 X선사진확화도 차이도 역시 컸다. 그러나 두께가 큰 계단에서는 관전압과는 관계없이 인접 계단간의 피사체대조도 차이는 근소하였다. 이러한 결과는 얇은 인접면치간골 혹은 연조직에서는 저관전압이 이용될 경우에 고관전압에 비해 피사체대조도가 크게 형성되고, 반면에 경조직이나 골조직에서는 60-90kVp의 관전압 범위에서 관전압의 높고 낮음이 피사체대조도에 별로 영향을 미치지 못하였기 때문이라고 판단된다. 그리고 관전압이 높아짐에 따라 인접계단간의 확화도 차이가 저관전압에 비해 적게 나타났는

데, 이는 고관전압 조건하에서 연조직 부위와 경조직 부위가 동시에 필름상에 기록되기 쉽다는 점을 시사한다고 사료된다. 이는 Fitzgerald³⁾, Wuehrmann과 Curby^{6,7)} Updegrave⁸⁾등의 연구결과와도 일치되고 있다. 한편 Wuehrmann과 Monacelli¹⁶⁾는 35-110kVp의 관전압을 이용하여 aluminum step wedge를 대상으로 피사체대조도를 연구한 결과, 관전압이 90kVp 이상으로 높아질수록 10mm두께 이상의 높은 계단에서 피사체대조도가 크게 나타난다고 보고한 바 있으며 Ritchey등⁹⁾은 법랑질 치아우식증을 검출하기 위해서는 120kVp정도의 높은 관전압을 사용하여 X선의 투과력을 높여야 한다고 보고한 바 있어 경조직부위만의 조직간 X선사진의 대조도가 요구될 때에는 90kVp보다 높은 관전압의 사용이 바람직하다고 생각된다.

본 실험에서 일정한 관전압마다 각기 다른 X선노출시간을 적용시켜 X선사진확화도가 X선사진간에 서로 유사하지 못한 상태에서, 관전압과 X선노출시간의 변화에 따른 X선사진의 대조도율을 조사한 결과는 관전압이 증가되면 X선사진의 대조도율이 감소되는 추세를 보였고, X선노출시간과 X선사진의 대조도율과는 일정한 관계가 성립되지 않았으나 저관전압 조건하에서는 X선노출시간이 많을때 X선사진의 대조도율이 높았고 고관전압일때는 X선노출시간이 적을때 X선사진의 대조도율이 높았다. 이는 Thunthy와 Manson-Hing¹⁸⁾의 X선노출시간 및 관전압이 해상능 및 X선사진대조도율에 미치는 영향에 관한 연구결과와도 일치되고 있으며, 특히 Thunthy와 Manson-Hing은 해상능이 높아질수록 X선사진의 대조도율도 증가된다고 보고했다. Morgan¹⁹⁾은 일정한 범위 내에서, X선사진확화도가 증가될수록 X선사진대조도가 증가되며 적절한 현상과정, 필름감광유제의 성질, 증감지 사용여부 및 X선노출시간과 관전압등이 X선사진확화도에 커다란 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 본 실험에서 고관전압일 때에는 X선노출시간이 적을수록, 그리고 저관전압일 때에는 X선노출시간이 많을수록 X선사진대조도율이 높았던 점은 관전

압과 X선노출시간의 조절에 의하여 X선사진
 흑화도가 적절해질 때 X선사진의 대조도율이
 높아지기 때문이라고 생각되며 또한 감광도 D
 군과 E군의 필름에서 X선사진대조도율이 서로
 상이한 점은 감광유제의 할로겐화 은입자의 크
 기에 의해서 X선사진흑화도가 서로 다르게 나
 타났기 때문이라고 사료된다. Table 6은 치아
 및 그 주위조직을 각기 다른 관전압과 X선노
 출시간으로 촬영하여 X선사진흑화도가 서로
 일정하지 않은 조건하에서 X선사진의 질을 평
 가한 결과를 보여주는데, X선사진이 적절한
 흑화도를 가질 때 평가가 대체적으로 양호했
 다. 그리고 X선노출시간이 적을 때는 관전압
 이 증가함에 따라 X선사진의 평가가 양호했으
 나 X선노출시간이 많을 때는 관전압이 증가함
 에 따라 X선사진 평가가 양호해지다가 다시
 불량해 졌다.

한편 관전압과 X선노출시간에 따른 X선사
 진의 대조도율을 평가한 결과(Fig 3, 4) X선노
 출시간이 많을때는 저관전압조건하에서 X선사
 진의 대조도율이 높았고, X선사진노출시간이
 적을 때는 관전압이 증가됨에 따라 이의 대조
 도율이 증가되다가 다시 감소되는 경향을 보였
 으며, 각기 다른 관전압과 X선노출시간으로
 촬영된 치아 및 그 주위조직의 평가와 X선사
 진의 대조도율을 서로 연관지우면 X선사진의
 대조도율과 치아 및 그 주위조직의 X선사진평
 가와는 일정한 연관관계가 성립되지 않았다고
 판단된다. 또한 aluminum step wedge의 높은
 계단을 치아경조직 및 골조직으로 간주하여 관
 전압을 증감시켜도 조직간 X선사진대조도에는
 큰 영향이 없었으며, 60-90kVp 범위내의 관
 전압의 변화와 이로 인한 X선사진대조도의 변
 화가 양질의 X선사진과 큰 상관관계가 없으며
 로 관전압과 X선노출시간을 서로 조화시켜 적
 절한 X선사진흑화도를 가지는 양질의 X선사
 진을 얻는 것이 무엇보다 중요한 것으로 사료
 된다.

V. 결 론

현재 치과임상에서 많이 응용되고 있는 관전

압 60-90kVp, 노출시간 5-60impulse 범위
 내에서 관전압 및 X선노출시간의 변화가 X선
 사진의 흑화도와 대조도에 미치는 영향을 조사
 하고, 또한 필름의 판독에 미치는 영향을 구명
 하고자 본 연구를 시도하였다. 연구방법으로는
 1계단의 두께가 2mm인 8계단 aluminum step
 wedge를 피사체로 사용하여 감광도 D와 E군
 의 치근단표준필름에 이를 부착한 후 촬영된
 X선사진에서 X선사진흑화도를 측정하고, 피
 사체대조도 및 X선사진의 대조도율을 비교 평
 가하였다. 그리고 관전압과 X선노출시간을 변
 화시켜서 치아 및 그 주위조직을 감광도 E군
 필름으로 촬영하여 얻은 X선사진을 판독, 평
 가하였다. 본 실험에서 얻은 결과는 다음과 같
 다.

1. 감광도 D군과 E군 필름 모두 관전압이
 증가됨에 따라 X선사진흑화도가 증가되었으
 며 X선노출시간이 증가될수록 관전압과 X선
 사진흑화도는 보다 비례적인 관계를 이루었다.
 그리고 감광도 E군의 필름이 감광도 D군의 필
 림에 비해 높은 X선사진흑화도를 보였다.

2. 피사체대조도는 aluminum step wedge의
 두께가 얇을수록, 그리고 두께의 차이가 클수
 록 고관전압에 비하여 저관전압에서 증가되었
 다. 그러나 aluminum step wedge 계단의 두
 께가 증가되면 피사체대조도는 관전압에 의하
 여 큰 영향을 받지 않았다.

3. 관전압이 증가됨에 따라 X선사진의 대조
 도율은 감소되는 경향을 보였다. X선노출시간
 과 X선사진의 대조도율은 일정한 관계가 없
 었으나 저관전압 조건하에서는 X선노출시간이
 많을때, 고관전압일때는 X선노출시간이 적을
 때 X선사진의 대조도율이 높았다.

4. 60-90kVp, 6-30impulse로 촬영된 치
 근단 X선사진에서는 X선사진대조도가 이의
 판독에 큰 영향을 미치지지는 못하였다.

REFERENCES

1. Goaz, P.W. and White, S.C.: Oral radio-
 logy: Principles and interpretation. 2nd

- ed., pp. 103-112, St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1987.
2. Seemann, H.E.: Physical factors which determine roentgenographic contrast. *Am. J. Roentgenol.*, 80: 112-116, 1958.
 3. Fitzgerald, G.M.: Dental roentgenography. IV. The voltage factor (kv. p.). *J. Am. Dent. Assoc.*, 1:19-28, 1950.
 4. Morgan, R.H.: An analysis of the physical factors controlling the diagnostic quality of roentgen images, Part I. *Am. J. Roentgenol. Rad. Ther.*, 54:128-135, 1945.
 5. Seemann, H.E., and Spletstosser, H.R.: The effect of kilovoltage and grid ratio on subject contrast in radiography. *Radiology*, 64:572-580, 1955.
 6. Wuehrmann, A.H., and Curby, W.A.: Radiopacity of oral structures as a basis for selecting optimum kilovoltage for intraoral roentgenograms. *J. Dent. Res.*, 31:27-32, 1952.
 7. Curby, W.A., and Wuehrmann, A.H.: Utilization of constant exposure factors for intraoral roentgenographic studies. *J. Dent. Res.*, 32:785, 1953.
 8. Updegrave, W.J.: High or low kilovoltage. *Dent. Radiogr. Photogr.*, 33:71-78, 1960.
 9. Ritchey, B., Feldman, A., and Greer, W.: Roentgenography of enamel: Apatite as a phantom material: Contrast as a function of exposure factors. *Oral Surg.*, 13:188-193, 1960.
 10. Manson-Hing, L.R.: An investigation of roentgenographic contrast of enamel, dentine and aluminum. *O.S., O.M. & O.P.*, 14:1456-1472, 1967.
 11. Wuehrmann, A.H., and Monacelli, C.J.: Selection of optimum kilovoltage for dental radiography. I. Preliminary studies. *Radiology*, 57:240-247, 1951.
 12. Manson-Hing, L.R.: Kilovolt (Peak) and the sensitivity of very fast dental films. *O.S., O.M. & O.P.*, 12:979-982, 1959.
 13. Spangenberg, H.D., and Pool, M.L.: A 65 or a 90 kilovolt x-ray machine? *O.S., O.M. & O.P.*, 13:552-565, 1960.
 14. Webber, R.L., and Ryge, G.: The significance of exposure parameters in dental radiography. *O.S., O.M. & O.P.*, 27(6): 740-753, 1969.
 15. Plotnick, I.J., Beresin, V.E., and Simkins, A.B.: Study of in vivo radiographic densitometry. *J. Dent. Res.*, 49:1034-1041, 1970.
 16. Manson-Hing, L.R.: Kilovolt peak and the visibility of lamina dura breaks. *O.S., O.M. & O.P.*, 31:268-273, 1971.
 17. Duinkerke, A.S.H., Van de Poel, A.C.M., Van der Linden, F.P.G.M., Doesburg, W.H., and Lemmens, W.A.J.G.: Compensation of differences in density of radiographs by densitometry. *O.S., O.M. & O.P.*, 45(4): 637-642, 1978.
 18. Thunthy, K.H., Manson-Hing, L.R.: Effects of mAs and kVp on resolution and on image contrast, *O.S., O.M. & O.P.*, 46:454-461, 1978.
 19. Morgan, R.H.: An analysis of the physical factors controlling the diagnostic quality of roentgen images, Part IV. *Am. J. Roentgenol. Rad. Ther.*, 55:627-633, 1943.
 20. Spangenberg, H.D., and Pool, M.L.: Exposure time and visibility of steps of an aluminum penetrometer. *J. Dent. Res.*, 39: 668, 1960.
 21. Hodge, H.C., Van Huysen, G., and Warren, S.L.: Factors influencing the quantitative measurement of the roentgen-ray absorption of tooth slabs. IX. Tube machine combination factors. *Am. J. Roentgenol.*,

- 40:108-125, 1938.
22. Richards, A.G.: Measuring the radiopacity of the lip mandible, *J. Dent. Res.*, 32:198-209, 1953.
23. Austin, L.T.: The penetrometer in dental roentgenography. *J. Am. Dent. Assoc.*, 21:2021-2023, 1934.
24. Mack, P.B., Brown, Jr. W.N., and Trapp, H.D.: The quantitative evaluation of bone density. *Am. J. Roentgenol.*, 61:808-825, 1949.
25. Seemann, H.E., and Roth, B.: New stepped wedges for radiography. *Acta Radiol.*, 53: 215-226, 1960.

– ABSTRACT –

**EXPERIMENTAL STUDY OF INFLUENCE ON RADIOGRAPHIC
DENSITY AND CONTRAST BY THE CHANGE OF
KILOVOLTAGE AND EXPOSURE TIME**

Byeong Do Lee, D.M.D., Sang Rae Lee, D.D.S., M.S.D., Ph. D.

Department of Oral Radiology, College of Dentistry, Kyung Hee University

For the study of the influence of kilovoltage and exposure time on radiographic density and contrast, we measured radiographic density of aluminum step wedge which composed of contiguous 8 steps wedges of 2-16mm thickness with densitometer. Aluminum step wedge was radiographed on Kodak ultraspeed DF-58 and Ektaspeed EP-21 film with range of 60-90 kVp and 5-60 impulse and subject contrast of aluminum step wedge with constant radiographic density and image contrast percentage without radiographic density was evaluated.

Then we evaluated the film quality of teeth and their surrounding structure according to the change of kVp and exposure time by score rating method.

The obtained results were as follows:

1. Radiographic density was related to the change of kilovoltage, especially in increased exposure time.
2. With constant radiographic density, subject contrast of thin aluminum step wedges was greater in low kilovoltage than high kilovoltage, but kilovoltage had not great influence on subject contrast of thick aluminum step wedge. On the other hand, radiographic density difference between 2mm and 16mm aluminum step wedge was decreased according to increasing kilovoltage.
3. Without constant radiographic density, image contrast percentage was decreased with increasing kilovoltage, but was not related with the change of exposure time.
4. Radiographic contrast of teeth and their surrounding structure which was taken with the range of 60-90 kVp and 6-30 impulse had not great influence on film quality.