

현상처리된 치과용 방사선필름의 크롬 증강효과에 대하여

서울대학교 치과대학 치과방사선교실

박명선 · 박태원

목 차

- I. 서 론
- II. 실험 재료 및 방법
- III. 실험 성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 영문 초록

I. 서 론

치과용 구내 X-선사진을 촬영하는 경우, 촬영시의 노출부족과 현상시의 잘못(현상액의 농도 저하, 현상시간의 부족, 온도가 너무 낮은 현상액) 등으로 인하여 판독하기가 어려운 너무 밝은 구내 X-선 사진이 초래될 수 있다.

따라서 Corney와 Spletstosser¹⁾ (1951) 등은 너무 밝은 구내 X-선사진의 진단학적 가치를 개선시키기 위해 Quinone-thiosulfate를 사용한 바 있고, Budowsky²⁾ (1957) 등은 iononer를 사용하여 노출부족이나 현상부족의 구내 X-선사진의 흑화도를 증가시킨 바 있다. Manson-Hing과 Patle³⁾ (1987) 등은 증도제인 XR-10이 구내 및 screen-type의 X-선사진의 흑화도, 대조도, 해상도에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

그 후, Minrad Corporation*(1979)에 의해 XR-10에 대한 추가적인 수정이 이루어져 종래의 증도제의 단점인 필름변색을 일으키지 않는, 이른바 blackening solution의 사용이 시도되었다.

Isaac Kaplan⁴⁾ (1986)은 크롬 증도제를 이용하여 노출이 부족한 치과용 구내 X-선사진을 증도시킴으로써, 흑화도 대조도등에 대한 변화를 연구하였다.

너무 밝은 X-선사진은, 미세구조가 충분히 존재하는 한, 증도시킬 수 있는데 이 과정은 치과 진료실에서 간편하게 행하여질 수 있다.

너무 밝은 X-선사진의 증도는 X-선사진의 진단학적 가치를 개선시키는 한편, 새로운 구내 X-선사진을 채득할 필요성이 없어지기 때문에 환자에 대한 추가적인 방사선조사를 방지할 수 있다.

이에 본 실험에서는 노출 및 현상이 부족한 구내 X-선사진의 진단학적 가치를 개선시키는데 있어서의 크롬 증도제의 유용성과, 흑화도 및 대조도에 미치는 크롬 증도제의 영향과, 증도제의 농도가 흑화도에 미치는 영향을 측정하여 증도제의 임상적 응용에 도움이 되고자 하였다.

*Minrad Corporation, P.O.Box 16, East Amherst, N.Y. 14051.

II. 재료 및 방법

1. 재료

증도제로 potassium bichromate(10%)용액과 hydrochloric acid(10%)용액^{7,8)}의 혼합용액을 사용하였으며, 여러화학적 농도에서의 흑화도의 변화를 측정하기 위하여 bichromate와 산의 비율을 10:1, 5:1, 2:1, 1:1, 1:2로 하여 사용하였다.

본 실험에서 사용된 현상기는 Dürr 245 automatic developer로 Agfa 자동현상액을 사용하였다. X-선 촬영장치는 S.S.White사의 구내 X-선 촬영기로 방사선원-필름간 거리는 13인치였으며, 사용된 필름은 Kodak ekta-speed film이었다.

현상액의 농도를 변화시키기 위해 사용된 수동용 현상기에 사용된 현상액은 동진상사의 X-선용현상액이었다.

2. 방법

(1) 증도제의 농도에 따른 흑화도의 변화

필름에 8단계의 aluminum step-wedge(단계간 높이 1mm, 단계간 거리 5mm)를 놓고 70kVp, 10mA, 4impulse의 노출조건으로 촬영하여 현상한 후, step-wedge의 8단계가 양쪽에서 모두 관찰될 수 있도록 절반으로 자른 다음, 한 쪽은 대조필름으로 하였으며, 다른 쪽은 매회 1분씩 1회, 2회, 3회 용액에 담근 후 재현상하였다. 이 과정을 각 비율의 용액에서 시행하였으며, 매회마다 단계별 흑화도를 digital densitometer로 측정하였다.

(2) 현상시간 및 현상액의 농도에 따른 흑화도의 변화

필름에 step-wedge를 놓고 75kVp, 10mA, 8impulse로 촬영 후 각각 다음과 같이 현상하였다

i) 통상의 현상액(현상액:물=1:4)에서 각각 1분, 30초, 15초동안 현상하였다.

ii) 농도가 1:8, 1:16, 1:24인 현상액으로 각각 2분동안 현상하였다.

i) 과 ii)의 현상된 필름을 (1)의 결과에서 가장 증도효과가 큰 농도의 용액을 사용하여 (1)에서와 같은 방법으로 실험하였다.

(3) 용액에 담근 시간에 따른 흑화도의 변화
62kVp, 10mA, 4impulse로 필름을 촬영한 후 현상하여 약 1.0의 흑화도를 얻은 다음, 각 필름을 1, 2, 3, 4, 5분씩 용액에 담근 후 재현상하여 흑화도를 측정하였다.

(4) 임상적인 평가를 위하여 건조두개골의 하악구치부를 double film packets(Kodak ekta-speed film)으로 75kVp, 10mA, 2impulse로 촬영하여 노출이 부족한 X-선사진을 얻은 후, 각 packets에서 한 필름은 대조표본으로, 다른 필름은 (1)의 결과에서 가장 증도효과가 큰 용액을 사용하여 산화시켜 재현상하였다. 3인의 치과방사선학 전공자가 view box 상에서 대조표본과 증도된 필름의 흑화도, 대조도 및 진단학적 미세구조등을 비교 평가하였다.

흑화도 측정시, 촬영하지 않은 필름을 자동현상기로 현상한 후 각 경우에서 증도시켜 base+fog를 측정하였다. 각 경우에서 흑화도 측정기로 얻은 흑화도에서 base+fog를 빼서 순수 흑화도를 산출하였으며, 각 조건하에서 5회 반복하여 얻은 측정치의 평균치를 구하였다.

III. 연구성적

(1) 증도제의 농도에 따른 변화를 관찰한 결과 산의 비율이 커질수록 흑화도가 증가하여 bichromate와 산의 비율이 같아질 때 흑화도의 증가가 최고로 되었으며, 산의 비율이 bichromate보다 큰 경우에는 흑화도의 증가율이 다시 감소하였다.

Bichromate와 산의 비율이 같은 용액에서 증도하기 전의 흑화도에 비해 1회 증도시 41%, 2회 증도시 60%, 3회 증도시 70%의 증

가를 나타냈다. (Table 1) (5:1, 2:1, 1:2 용액의 경우, 산화시간을 길게 하거나, 3회 반복시 1:1 용액의 1회 반복시와 유사한 결과를 얻을 수 있었으나, 10:1 용액에서는 그와 같은 결과를 얻을 수 없었다.)

Step-wedge의 단계간 흑화도를 관찰한 결과 증도전의 흑화도가 높을수록 흑화도의 증가폭이 커짐을 관찰할 수 있었으며, 증도과정(산화 및 재현상)의 반복시에 각 단계별 흑화도도 계속 증가하였다. ($p < 0.05$), (Fig. 1)

Table 1. Average percentage increase in density of intensified aluminum step-wedge radiographs

Proportion of bichromate to acid	No. of intensifications		
	1	2	3
10:1	4	13	19
5:1	15	30	35
2:1	18	37	46
1:1	41	60	70
1:2	7	27	36

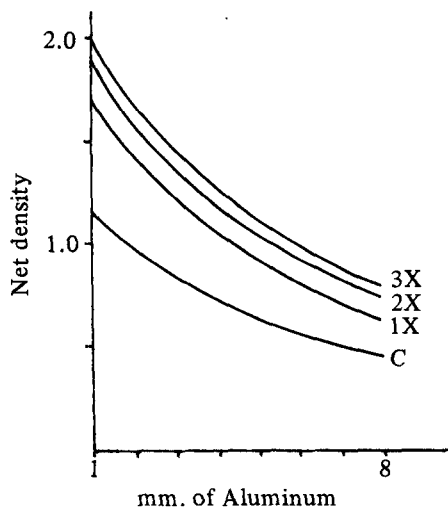


Fig. 1. Average increase in density of each aluminum step (proportion of bichromate to acid = 1:1). (C) Film processed only (control), (1X) Film intensified once; (2X) Film intensified twice; (3X) Film intensified three times.

(2) 현상시간에 따른 증도제의 효과를 관찰한 결과 60초군, 30초군, 15초군 모두에서 흑화도가 증가하였으며, 과정의 반복시에도 흑화도가 증가하였다. (Table 2)

(3) 현상액의 농도에 따른 증도제의 효과를 관찰한 결과 농도가 1:8인 경우 저흑화도에서 고흑화도로 갈수록 또한 과정을 반복할수록 흑화도가 증가함을 관찰할 수 있었으나 현상액의 농도가 1:16, 1:24인 경우에는 흑화도의 증가를 관찰할 수 없었다. (Table 3)

(4) 산화시간에 따른 증도효과는 산화시간이 길어질수록 흑화도가 증가하였으나 시간이 지날수록 흑화도의 증가율은 점차 감소하여 3분 이후에는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. (Table 4)

Table 2. Average percentage increase in density of intensified aluminum step-wedge radiographs (Proportion of potassium bichromate to hydrochloric acid is 1:1)

Developing time	No. of intensifications	No. of intensifications		
		1	2	3
60 sec	44	44	60	70
30 sec		53	72	90
15 sec		17	48	60

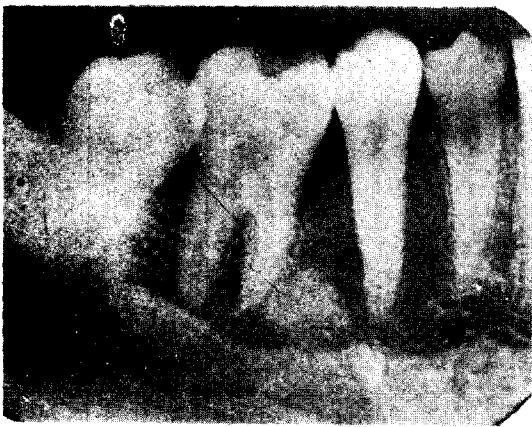
Table 3. Average percentage increase in density of intensified aluminum step-wedge radiographs (Proportion of potassium bichromate to hydrochloric acid is 1:1)

Concentration of developing solution	No. of intensifications		
	1	2	3
1:8*	44	65	75
1:16	+,-	+,-	1
1:24	-	-	-

* : Proportion of developing solution to water. (normal = 1:4)

Table 4. Relationship of bleaching time and radiographic density.

Time (min)	Density	Increase (%)
0	1.00	0
1	1.26	26
2	1.38	38
3	1.42	42
4	1.45	45
5	1.45	45



Control

(5) 건조두개골의 하악구치부를 촬영한 구내 X-선사진을 증도시킨 경우에 흑화도, 대조도 및 진단학적 미세구조가 모두 개선되었으며, 증도된 필름의 상은 더욱 과립상으로 보이나 (Fig. 2) 산화시간의 변화(1분 및 2분)에 따른 차이는 인정되지 않았다.

base+fog는 노출시키지 않은 필름에서 약 0.18의 흑화도를 보였으며, 모든 용액에서 1회 증도시 0.04, 2회 증도시 0.06, 3회 증도시 0.07의 흑화도의 증가를 보였다.



Intensified

IV. 총괄 및 고안

X-선 필름은 감광유제(emulsion)와 base로 구성되어 있으며, 감광유제는 할로겐화은(silver halide crystal)과 이것을 지지하는 gelatin matrix로 구성된다. 할로겐화은(silver halide grain)은 취화은(silver bromide)과 약간의 옥화은(silver iodide)으로 구성되어 있다. 할로겐화은은 결정격자사이의 공간에 존재하는 interstitial silver ions과, 옥소원자(iodine atoms)의 존재로 인한 물리적 변형, 그리고 유황화합물의 존재로 인한 화학적 민감성등으로 인해 불안정한 상태로 존재하게 되며 유황화합물이 존재하는 부위를 latent image sites라 부른다. X-선광자가 필름을 통과하게 되면 bromide ions과 반응하여 전자를 내보내게 되고 결과적으로 latent image sites가 (-)

전하를 띠게 되며, 따라서 간질은이온이 latent image sites에 부착하여 금속은원자로 변화한다. 이 과정은 X-선광자가 통과할 때마다 결정의 한 부위에서 계속해서 일어나게 되며, 필름이 방사선에 노출된 후 latent image sites에 응집된 은이온이 잠상을 구성하게 된다. 이러한 금속은은 결정을 현상과 상의 형성에 민감하게 만들며 은원자의 응집체가 클수록 결정이 현상액의 효과에 더욱 민감해진다. 현상액의 주된 작용은 잠상이 있는 결정을 가시적인 black metallic silver grains으로 변환시키고 노출되지 않은 취화은 결정을 제거하는 것이다⁹⁾.

전체적인 필름의 흑화도는 감광유제에 흡수된 X-선광자수에 의해 좌우되며, 또한 X-선광자의 수를 증가시키는 요인들 즉, 판전압, 판전류, 노출시간등을 증가시키면 결과적으로 X-선 사진의 흑화도가 증가한다. 흑화도가 0

인 경우는 100%의 빛이 통과한 것이며, 1인 경우는 10%, 2인 경우는 1%의 빛이 통과한 것이 되며, 일반적으로 흑화도가 0.3-2정도의 범위에 있어야 진단이 가능하다. X 선 사진의 대조도는 필름상의 여러 부위간의 흑화도의 차이라고 할 수 있는데, 인접영역간의 흑화도의 차이가 크면 대조도가 높다고 말할 수 있으며, 그 반대의 경우에는 대조도가 낮다고 말할 수 있다.

입상에서 노출부족이나 현상잘못으로 인해 초래된 너무 밝은 X-선 사진을 약제를 이용하여 증도시키는 가장 큰 이유는 재촬영을 피하기 위함이라고 볼 수 있다. 왜냐하면 재촬영을 하게 되면 환자의 불쾌감의 증가와, 술자의 시간낭비와 함께 필름과 현상액의 낭비도 초래되며, 더우기 환자에 대한 방사선 방호 측면에서 불필요한 피폭선량이 증가되기 때문이다. 따라서 많은 실험들이 여러 약제를 이용하여 너무 밝은 X 선 사진의 흑화도를 증가시켜 재촬영을 하지않고 진단학적 가치를 개선시켜보려는 시도를 해왔다.

Colin Price³⁾ (1983)는 치과용 X-선사진의 화학적 증강효과에 관한 연구에서 기존의 여러 증도제를 비교해 본 바, silver 증도제의 경우, 부적당한 증도효과 및 fog level의 상승, 지나치게 긴 시간등을 지적하였고, copper iodide 증도제의 경우, 조작의 어려움, fog level의 상승등을, 그리고 chromium 증도제의 경우 증도효과의 정도가 제한되어 있음을 지적하였다. 그러나 그는 chromium 증도제의 경우 증도효과의 정도가 제한되어 있음을 지적하였다. 그러나 그는 XR 10 증도제가 fog level을 변화시키지 않으며, 100%의 증도효과를 나타낸다고 주장하였다.

Issac Kaplan(1986)은 현상된 치과용 구내 사진의 크롬증도화에 관한 연구에서 기존의 여러 증도제가 증도된 필름의 상을 변색시킨다는 점을 지적한 반면, 크롬증도제의 경우에는 그러한 단점을 해소할 수 있다고 하였다.

노출이 부족하여 초래된 너무 밝은 X-선 사진은 필름을 통과하는 X-선광자의 수가 감소하여 latent image sites에 응집되는 금속은

원자의 수가 줄어들어, 결과적으로 결정처리하면 silver image가 염화은과 크롬화합물로 변하게 되며, 재현상과정을 통해 염화은은 metallic silver 및 chrome compounds로 변하게 된다. 필름의 흑화도는 black metallic silver에 의해 좌우되므로 결과적으로 생성된 상은 흑색을 유지하게되며, 흑화도의 증가를 나타내게 된다.

현상시간의 부족으로 인해 초래되는 너무 밝은 X-선사진은 현상과정시 hydroquinone의 작용이 충분치 못하여 생성되어야 할 metallic silver grains의 양이 충분치 못한 결과이며, 현상액의 농도저하로 인한 경우는 hydroquinone의 함량이 부족하여 충분한 금속은입자가 만들어지지 못하기 때문으로 생각된다.

본 실험의 결과로 얻어진 상은 흑색이었으며, 불변하였다. 또한 이 연구에서 사용된 흑화도의 경계⁹⁾내에서는 증도효과가 비례적으로 나타났다.

Issac Kaplan은 산화시간이 약 30초에서 2분정도까지 가능하다고 하여쓰며, 산의 비율된다고 하였으나, 본 실험에서의 산화시간은 약 30초에서 3분정도까지 가능하였으며 필름의 흑화도 및 사용된 용액의 비율에 의존적으로 나타났다. 필름의 흑화도가 낮거나 용액의 산의 비율이 낮을수록 더 많은 산화시간이 요구되었다(산의 비율이 bichromate보다 큰 경우 역시 같은 결과를 보였다).

현상시간을 달리하여 얻어진 필름의 경우, 60초 실험군에서의 흑화도의 증가가 방법 (1)의 경우와 유사한 측정치를 나타냈으나, 30초 실험군에서는 1회 반복시 53%, 2회 반복시 73%, 3회 반복시 89%의 비교적 높은 수치의 흑화도의 증가를 나타냈다. 15초 실험군의 단계별 흑화도는 30초 실험군의 단계별 흑화도(control)에 비해 큰 차이를 보이지 않은 반면, 과정의 반복시 흑화도의 증가는 1회 18%, 2회 48%, 3회 60%로 30초 실험군에 비해 흑화도의 증가율이 크게 감소함을 나타냈다. 60초 실험군에서 과정의 반복시 흑화도는 증가하였으나, 필름의 대조도는 점점 감소하는 경향을 보여, 증도효과의 정도가 한계가 있음을 나

타냈다.

현상액의 농도를 달리하여 얻어진 필름의 경우, 1:8의 실험군에서 방법 (1)의 경우와 유사한 측정치를 보인 반면, 1:16, 1:24의 실험군에서는 흑화도의 증가를 관찰할 수 없었는데, 이는 현상액의 지나친 농도저하로 인해 필름내에 존재하는 구조물의 과도한 소실을 초래, 산화 및 재현상시 화학적 변화를 일으키지 못함으로써 일어나는 현상이라고 추측한다.

이상과 같이 증도제를 이용하여 밝게 나타난 X-선사진의 흑화도를 증가시킬 수 있었으나 이러한 방법은 잘못된 필름의 상을 수정하기 위한 시도이며, 올바른 방사선학적 노출 및 현상방법의 대처술식은 아니라는 점을 간과해서는 안될 것이다.

V. 결 론

본 실험에서의 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 클롬 증도제는 노출이나 현상이 부족한 구내 X-선사진의 진단학적 가치를 개선시키는데 유용하였다.
2. 증도효과의 정도는 용액의 농도, 과정의 반복, 혹은 산화시간에 따라 조절할 수 있었다.
3. 증도된 필름의 상은 흑색이었으며 불변하였다.
4. 크롬 증도제는 흑화도와 대조도를 증가시켰다.

REFERENCES

1. Corney, G.M., and Spletstosser, H.R.: Intensifying underexposed radiographs, *Med. Radiogr. Photogr.* 27:128-129, 1951.
2. Budowsky, J., et al.: Intensification of roentgenograms by Toning, *Oral Surg.* 10:839-846, 1957.
3. Manson-Hing, L.R., and Patel, J.R.: An evaluation of the XR-10 intensifier in dental radiography, *Oral Surg.*, 45:144-149, 1978.
4. Kaplan, I., and Dickens, R.L.: Chromium intensification of a processed dental radiograph. *Quintessence Intern.* 17:563-566, 1986.
5. Christenson, E.E., Curry, T.S., and Dowdey, J.E.: An introduction to the physics of diagnostic radiology. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 142-144, 1978.
6. Price, C.: Chemical intensification of dental radiographs, *Oral Surg.* 55(4): 427-433, 1983.
7. Haist, G.: Modern photographic processing, Vol. II. New York: John Wiley & Sons, 1979, pp. 1-44.
8. Wall E.J., and Jordan, F.I.: Photographic facts and formulas. Garden City, N.Y.: American photographic book Publishing Co., 1975, pp. 168-176.
9. Goaz, P.W. and White, S.C.: Oral radiology Principles and interpretation, ed 2, St. Louis, The C.V. Mosby Co., 1987.
10. Smith, N.J.D.: Dental radiology, Oxford, Blackwell Scientific Publication, 1980.

– ABSTRACT –

CHROMIUM INTENSIFICATION OF A PROCESSED DENTAL RADIOGRAPH

Myoung-Seon Park, D.D.S., Tae-Won Park, D.D.S., Ph. D.

Department of Oral Radiology, College of Dentistry, Seoul National University

This study was undertaken to determine (1) the usefulness of chromium intensifier to improve the diagnostic quality of light radiograph; (2) the effect of chromium intensifier on density, contrast; and (3) the effect of various chemical concentrations on density.

The following results obtained:

1. **CHROMIUM INTENSIFIER** is useful for intensifying and improving the diagnostic quality of a light dental radiograph.
2. The degree of intensification can be controlled by varying bleaching time, repeating the processing, varying the proportions of the potassium bicarbonate and hydrochloric acid solutions.
3. The image produced is black and permanent.
4. The intensifier increases density and contrast.

Keywords: chrome, intensification, density, contrast, bleaching time.