

근관충전용 시멘트의 방사선 불투과성에 관한 연구

서울대학교 치과대학 보존학교실

배광식* · 엄정문

Abstract

A STUDY ON THE RADIOPACITY OF ROOT CANAL SEALERS

Kwang-Shik Bae, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Chung-Moon Um, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

The aim of this study was to establish reproducible method for measurements of radiopacity and to investigate the level of radiopacity of root canal sealers. The experiments were performed in two parts.

In the first part, densitometric readings were performed using an aluminum step wedge as a reference at variable voltages and exposure times. Then standard curves for the aluminum step wedge were compared to comprehend the effect of voltage and exposure time.

In the second part, on the basis of these results, appropriate conditions for exposure were adopted for standardized measurements of radiopacity. Under standardized set of conditions, densitometric measurements of ten root canal sealers and one gutta-percha point were performed and the levels of radiopacity referable to an equivalent thickness of aluminum were compared.

The following results were obtained :

1. At 50 and 60 kVp, increasing the exposure time caused a decrease in the slope of the standard curve for the aluminum step wedge. However, at 70 kVp increasing the exposure time causing a parallel shift of the standard curve to the right.
2. At constant exposure time, increasing the voltage caused a decrease in the slope of the standard curve.
3. The radiopacity of root canal sealers and a gutta-percha point varied between 2.43 mm Al and 9.20 mm Al equivalent.
4. All the root canal sealers had radiopacities more than dentin, and the radiopacity of the gutta-percha point was approximately 5 times as much as that of dentin in terms of equivalent thickness of aluminum.
5. The AH26 had radiopacity more than the gutta-percha point, and the radiopacities of ZOE, Vitapex, Canals, Kerr PCS, Nogenol were similar to that of the gutta-percha point, and Tubliseal, Apatite II, Apatite III, Silapex were less radiopaque than the gutta-percha point.

* 이 연구는 '92년도 서울대학교병원 지정진료연구비 지원에 의한 결과임.

(과제번호 : 02-92-236)

I. 서 론

근관형성된 근관을 충전하기 위해서는 gutta percha cone 등의 semi-solid material, 또는 silver cone 등의 solid material과 적당한 근관충전용 시멘트를 병용해서 사용하는데, 근관충전용 시멘트는 약간의 항균효과를 가진 경우가 많고, 충전재와 상아질벽 간의 공간을 채워주며, semi-solid material과 병용시 윤활제의 역할을 하고, 어느 정도의 방사선 불투과성을 지니기도 하는 등 근관충전에 있어서 중요한 부분을 차지하게 된다¹⁾.

Grossman 등²⁾에 의하면 근관충전용 시멘트는 경화시 탁월한 봉합효과를 지니고, 시멘트 자체, 근관벽과의 사이, 충전재와의 사이에 양호한 점착성을 제공할 수 있어야 하며, 경화시 수축하거나 치질을 착색시키지 않아야 하며, 연화와 근관내 삽입이 용이해야 하고, 필요시 쉽게 제거되어야 하며, 조직액에 용해되지 않고, 살균작용이 있든가 적어도 세균의 성장을 촉진하지 않아야 하며, 치근단 주위조직에 자극을 주지 않아야 하고, 경화시간이 길어 충분한 작업시간을 가능하게 하고, 방사선 사진에서 볼 수 있도록 방사선 불투과성을 지녀야 한다.

현재로서는 방사선 사진이 근관 충전의 질과 근관치료 술식을 평가하는데 있어 유용하게 이용되는 유일한 방법이다³⁾. 근관충전용 시멘트가 방사선 불투과성을 갖춤으로 인하여 잠정적으로 유해한 과충전이 되었을 경우 치근단 조직에 자극 요인이 되거나 이물질 반응을 일으킬 수 있는 근관충전 재료를 제거하는데 도움을 주며²⁾, 또는 부근관을 포함하여 근관 충전이 완벽히 되었는지 평가할 수 있고, 흡수성 약제로 사용하였을 경우 진행 과정을 방사선 사진 상에서 추적 가능케 하여준다⁴⁾. 근래에 시판되는 근관 충전용 시멘트는 silver, lead, iodine, barium 또는 bismuth를 첨가하여 방사선 불투과성을 부여하고 있다²⁾.

방사선 사진상에서 방사선 불투과성의 평가는 육안 비교가 일반적 방법이나 정량 분석에 있어 부적절하고 민감하지 못하다⁵⁾. 따라서 서로 다른 재료의 방사선 불투과성을 결정하는데 있어 photodensitometry를 사용하여 광학 밀도를 비교하고자 노력하였다⁶⁾. 1967년 Higgenbotham⁷⁾은 5종류의 근관충전용 시멘트와 gutta-percha points 및 silver point에

대하여 densitometer로 방사선 불투과성을 측정하여 상대적 비교를 하였으며, 1976년 McCombe과 Smith⁸⁾가 9종류의 근관충전용 시멘트와 2종류의 polycarboxylate cement의 방사선 불투과성을 densitometer의 수치로 비교한 바 있으나 모두 광학밀도가 잘 알려진 표준 재료를 사용하지 않아 객관적 비교가 어려웠다.

방사선 사진이 생성되는데 있어 조절할 수 없는 변수들이 많이 존재하며 작은 변수들이 최종 결과를 변화시키므로 표준화된 과정을 통해서 노출·현상·정착된다 할지라도 다른 필름을 엄격하게 비교한다는 것은 어렵다⁹⁾. 이런 문제들을 해결하기 위해 표준 재료를 시편과 같은 필름에 놓고 동시에 방사선을 노출시켜 현상하는 방법을 도입했다. 1979년 Eliasson과 Haasken⁹⁾은 인산재료의 방사선 불투과성을 측정함에 있어 표준 재료로 aluminum penetrometer를 사용하여 densitometer 수치를 알루미늄 두께로 환산하여 비교하였으며, 1981년 Beyer-Olsen과 Orstavik⁵⁾은 표준 재료로 aluminum step wedge를 사용하여 40종류의 근관충전용 시멘트에 대해 방사선 불투과성을 측정하였다.

이에 본 실험은 방사선 불투과성의 측정에 있어 재현 가능하고 객관적인 방법을 정립하고자 표준재료로 aluminum step wedge를 사용하여 densitometer로 광학 밀도를 측정하였으며 다양한 방사선 노출 조건에 따른 aluminum step wedge에 대한 표준곡선의 변이를 알아보고, 그 중 안전하고 적절한 노출 조건을 선택하여 10종류의 근관충전용 시멘트와 1종류의 Gutta-Percha point에 대한 방사선 불투과성의 정도를 알루미늄 두께로 환산하여 비교해 보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시편 제작

본 실험은 gutta percha points와 10종류의 근관충전용 시멘트를 사용하였다(Table 1).

시편 제작을 위해 두께 2.0mm, 직경 7.0mm의 acrylic 주형을 제작한 후 표준 분액비를 기준으로 하여 제조회사의 지시에 따라 조작한 근관충전용 시멘트를 주입하고 유리판을 대어 조임쇠로 압접하였다. 각 재료 마다 12개씩 132개의 시편을 제작하였다.

Table 1. Root canal sealers, cements, pastes and gutta-percha point tested.

| Product | Code | Manufacturer | Approximate p:l ratio |
|---------------------------|------|---------------------------------|------------------------|
| AH 26 | A26 | De Trey, York, Pennsylvania | 2:1 by vol. |
| Apatite type II | AII | 三金工業株式會社, Japan | one scoop to one drop |
| Apatite type III | AIII | 三金工業株式會社, Japan | one scoop to one drop |
| Canals | Can | 昭和齒材化工株式會社, Japan | 0.1g to one drop |
| Nogenol root canal sealer | Ng | GC International Corp., Chicago | equal lengths of tubes |
| Pulp canal sealer | PCS | Kerr Mfg. Company, Romulus | one cap to one drop |
| Silapex | Sil | Kerr Mfg. Company, Romulus | equal lengths of tubes |
| Tubli-seal | Tub | Kerr Mfg. Company, Romulus | equal lengths of tubes |
| Vitapex | Vit | Neo製藥工業株式會社, Japan | supplied as paste |
| Zinc oxide eugenol | ZOE | Pharmaceutical grade | 2.5:1 by vol. |
| Gutta percha point | GP | Sure Products Ltd., Korea | - |

법랑질과 상아질의 방사선 불투과성을 측정하기 위한 치아 절편을 얻기 위해 교정 목적으로 최근에 발거된 정상적인 상악 소구치를 다이아몬드 날이 달린 저속 절단기(Bueler Isomet low speed saw, Bueler LTD., U.S.A.)를 사용하여 협설측 교두정을 기준 삼아 2.0mm 두께로 치아를 절단 하였으며, 방사선 불투과성의 기준을 위해 12개의 step으로 구성된 12mm두께의 aluminum step wedge를 제작하여 사용하였다.

2. 방사선 사진 촬영

Kodak E-speed occlusal film(Eastman Kodak Co., Rochester, New York)에 aluminum step wedge, 치아 절편 및 시편들을 위치시킨 후, long cone paralleling technique을 사용한 구내 방사선 사진 촬영에서는 focus-to-object distance가 최소한 30cm가 되어야 가장 좋은 결과를 얻을 수 있음에 근거하여 film-to-focus distance를 35cm로 하였다. 10mA로 고정된 Compact Diagnost-1 dental X-ray unit(Philips, Netherlands)를 사용하여 50, 60, 70kVp 각 각에서 노출시간 0.2, 0.3, 0.4초로 변화를 주어 방사선 촬영을 하였다.

3. 방사선 사진 현상

모든 필름은 Agfa-Gevaert G 150 현상액과 Agfa-Gevaert G 334 정착액을 사용하여 25°C를 유지하는 AC 245L 자동 현상기(Durr Dental, Germany)로

현상하였다.

4. 방사선 불투과성의 측정

현상된 방사선 사진상에 나타난 방사선 불투과성을 X-rite 301 densitometer(X-rite Inc., Grandville, Michigan)을 이용하여 aluminum step wedge 각 단계에서 3군데씩, 각 시편당 5군데씩 측정하였다.

III. 실험 성적

Densitometer로 측정된 aluminum step wedge 각 단계의 광학 밀도를 SPSS/PC+ 로 회귀 분석하여 각 노출 조건에서의 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선의 방정식을 구하였다(Table 2). 표준 곡선은 거의 직선 형태를 나타내었는데 S.E.는 70kVp, 0.3 초에서 가장 작았고 Sig T는 모두 유의할 만하게 충분히 작았으며 R square는 60kVp, 0.4초와 70kVp 모두에서 0.99 이상을 나타내었다.

방사선 노출 시간이 aluminum step wedge의 표준 곡선에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 50, 60 및 70kVp에서 방사선 노출 시간에 따른 표준 곡선의 변이를 Fig. 1, 2 및 3에 나타내었다. 50과 60 kVp에서는 방사선 노출 시간이 증가함에 따라 표준 곡선의 기울기가 감소하였으나 70 kVp에서는 기울기의 변화없이 표준 곡선이 오른쪽으로 평행 이동하였다.

Voltage가 방사선 불투과성에 미치는 영향을 살

펴보기위해 방사선 노출 시간을 0.2 초, 0.3 초 및 0.4 초로 고정하였을 경우 voltage에 따른 aluminum step wedge의 표준 곡선의 변이를 Fig. 4에 나타내었다. 노출 시간을 고정시킨 경우 voltage가 증가함에 따라 표준 곡선의 기울기가 감소하는 양상을 보였다.

위의 결과를 토대로 표준 곡선의 직선도(linearity)가 우수하고 측정된 시편들의 densitometer 수치가 광범위한 범위내에서 표현되는 70 kVp, 0.2 초, 10 mA, film-to-focus distance 35cm조건하에서 근관 충전용 시멘트의 방사선 불투과성을 알루미늄 두께로 환산하여 Table 3에 표시하였다.

측정된 근관 충전용 시멘트의 방사선 불투과성은 2.43mmAl에서 9.20mmAl 두께까지 다양하게 나타났으며 모두 상아질 이상의 방사선 불투과성을 보였고 AH 26이 가장 높게 나타났다(Fig 7).

IV. 총괄 및 고안

치과용 재료의 방사선 불투과성은 일반적으로 알루미늄의 방사선 불투과성을 기준삼아 알루미늄 두께로 표시된다. Abou-Tabl 등¹⁰⁾은 복합레진의 방사선 불투과성을 측정하는 실험에서 aluminum step wedge를 표준재료로 사용하였고, Cook¹¹⁾은 알루미늄이 법랑질과 linear absorption coefficient(μ)의 치수가

Table 2. Standard regression curve equation variables with variable conditions.

| Conditions(kVp/sec) | Constant | Slope | S.E. | Sig T | R square |
|---------------------|----------|---------|---------|--------|----------|
| 50/0.2 | -0.397 | -0.0106 | 0.00224 | 0.0008 | 0.690 |
| 50/0.3 | -0.257 | -0.0159 | 0.00120 | 0.0000 | 0.946 |
| 50/0.4 | -0.290 | -0.0316 | 0.00202 | 0.0000 | 0.961 |
| 60/0.2 | -0.180 | -0.0334 | 0.00346 | 0.0000 | 0.903 |
| 60/0.3 | 0.078 | -0.0622 | 0.00245 | 0.0000 | 0.985 |
| 60/0.4 | 0.275 | -0.0868 | 0.00201 | 0.0000 | 0.995 |
| 70/0.2 | 0.244 | -0.0677 | 0.00167 | 0.0000 | 0.994 |
| 70/0.3 | 0.531 | -0.0656 | 0.00097 | 0.0000 | 0.998 |
| 70/0.4 | 0.763 | -0.0704 | 0.00079 | 0.0000 | 0.999 |

Table 3. Mean values and standard errors of the radiopacity values in terms of equivalent thickness of aluminum for the root canal sealers.

| Material | No. of measurements | Densitometer readings | mm. Al equivalents |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| AH26 | 60 | 0.61± 0.07 | 9.20 |
| GP | 60 | 0.67± 0.08 | 7.70 |
| ZOE | 60 | 0.67± 0.06 | 7.70 |
| Vit | 60 | 0.68± 0.02 | 7.46 |
| Can | 60 | 0.68± 0.04 | 7.46 |
| PCS | 60 | 0.69± 0.05 | 7.22 |
| Ng | 60 | 0.70± 0.01 | 6.99 |
| Tub | 60 | 0.75± 0.03 | 5.88 |
| AII | 60 | 0.81± 0.03 | 4.65 |
| AIII | 60 | 0.87± 0.02 | 3.50 |
| Sil | 60 | 0.93± 0.02 | 2.43 |
| Dentin | 36 | 0.98± 0.01 | 1.58 |

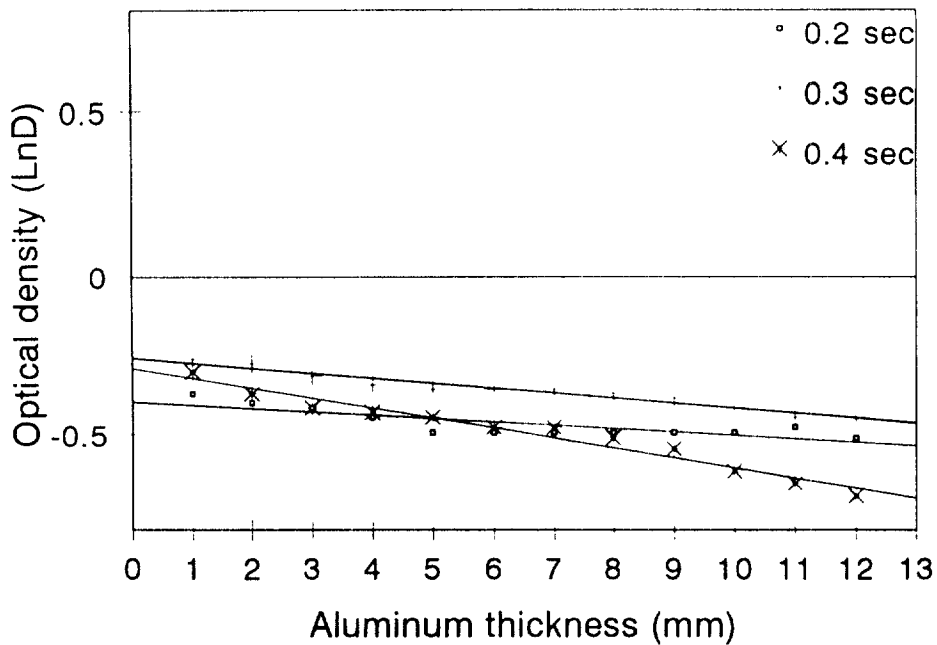


Fig. 1. Effect of variable exposure times on the standard curves at 50 kVp.

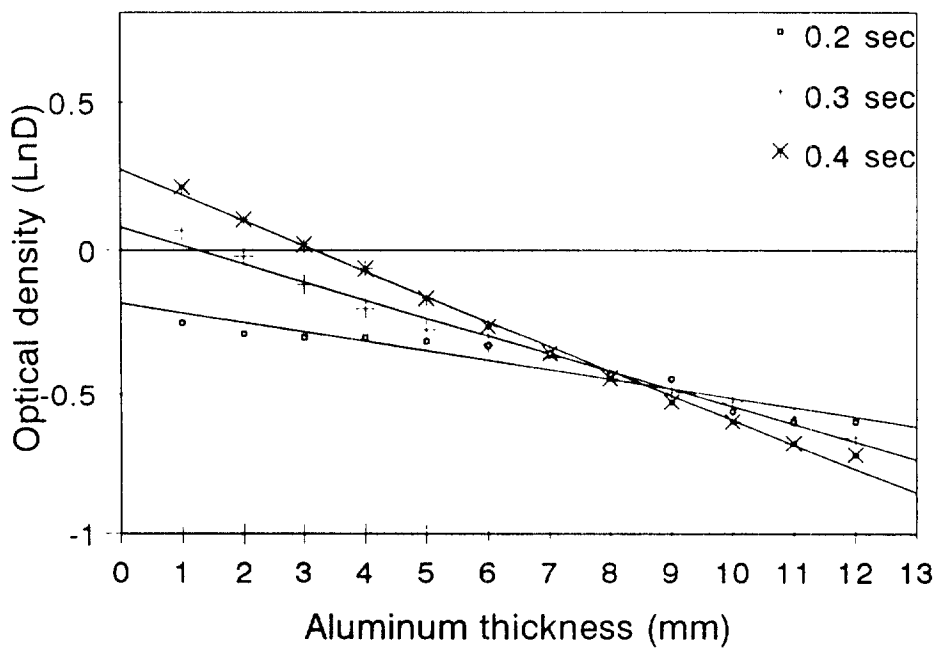


Fig. 2. Effect of variable exposure times on the standard curves at 60 kVp.

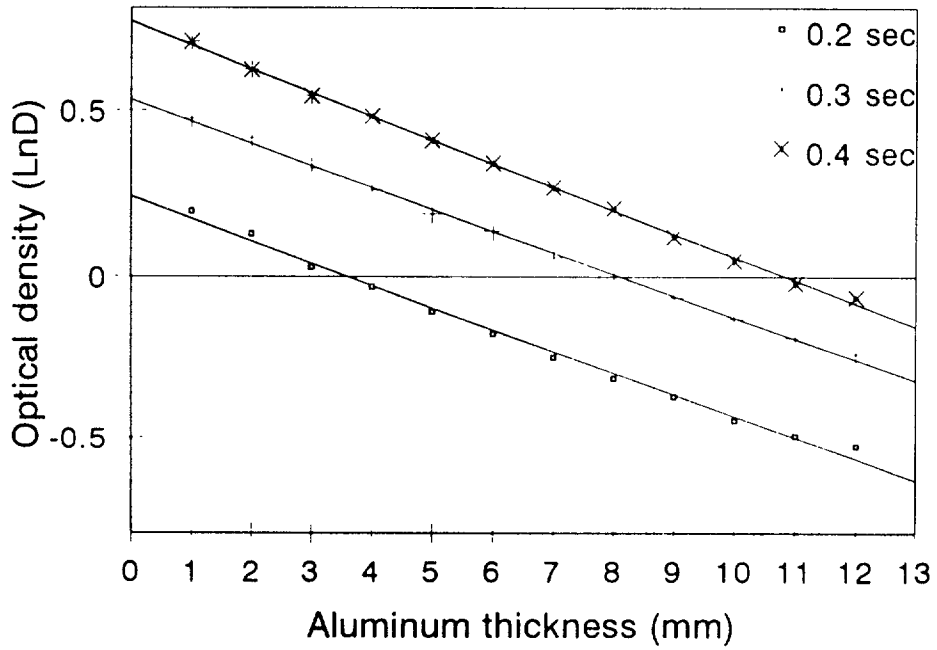


Fig. 3. Effect of variable exposure times on the standard curves at 70 kVp.

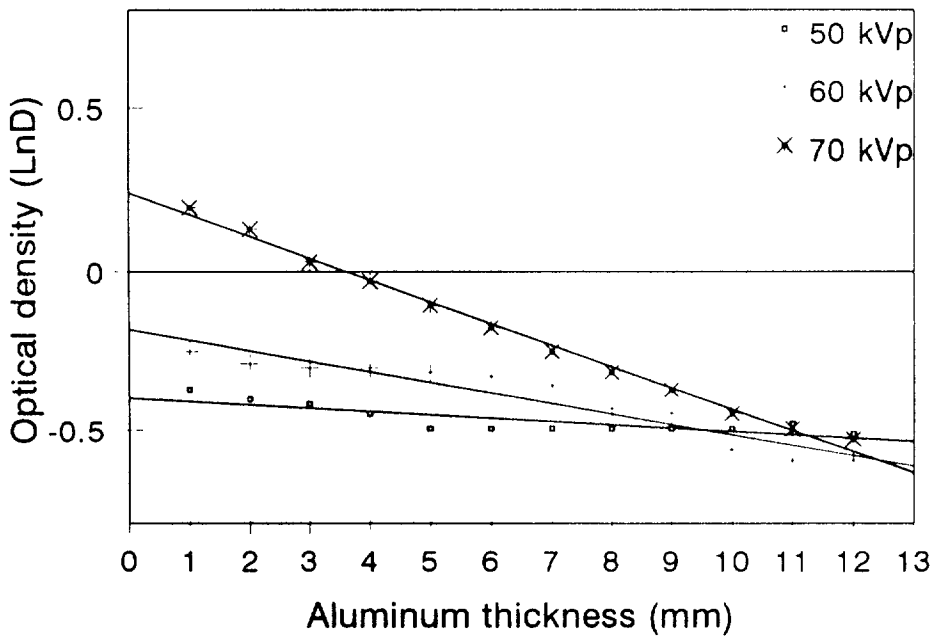


Fig. 4. Effect of variable voltages on the standard curves at 0.2 sec.

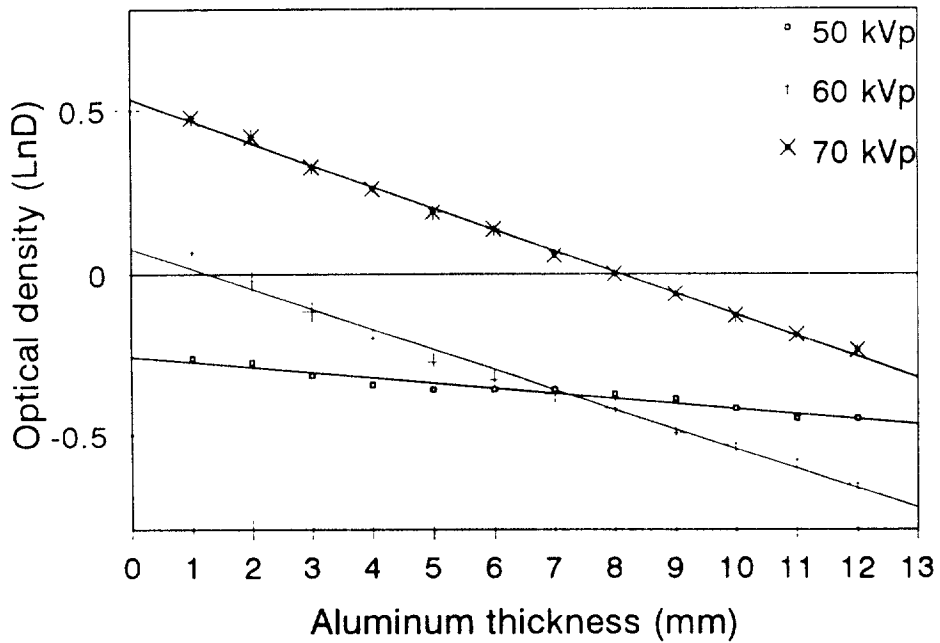


Fig. 5. Effect of variable voltages on the standard curves at 0.3 sec.

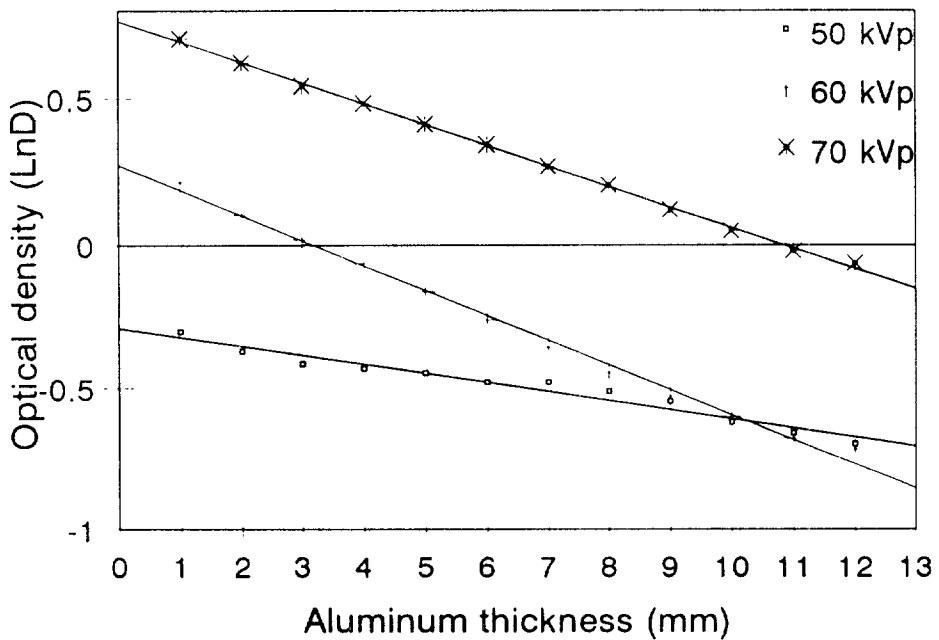


Fig. 6. Effect of variable voltages on the standard curves at 0.4 sec.

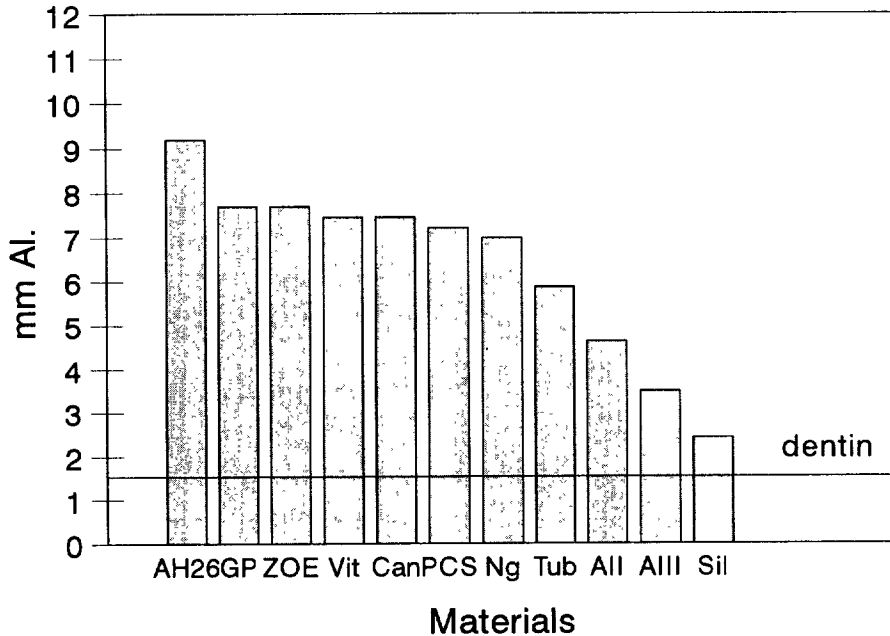


Fig. 7. Radiopacity of root canal sealers in comparison with dentin.

같고, hydroxyapatite와 파장의 mass absorption coefficient가 유사하기 때문에 표준 재료로 추천한 바 있으며, 알루미늄을 동일한 두께로 증가되는 step wedge형태로 제작하면 필름상에서 두께에 따른 노출정도를 경계가 명확한 농담의 증가로 표현하여 준다.

Densitometer로 측정되는 aluminum step wedge의 광학 밀도에 자연 로그를 취하여 알루미늄 두께와의 상관 관계를 그래프로 나타낸 표준 곡선에 따라 여러 재료의 광학 밀도 차이를 알루미늄 두께로 환산할 수 있다. Cook¹¹⁾과 Beyer-Olsen 등⁵⁾은 이 직선관계를 Lambert씨 방정식에 의하여 설명하였다.

$I = I_0 \times e^{-\mu X}$, 여기서 I는 물체를 통과한 후 방사선 강도, I_0 는 방사선 초기 강도, μ 는 linear absorption coefficient, X는 방사선이 통과되는 물체의 두께를 나타낸다. 양변에 로그를 취하여 $\log I \propto -\mu X$ 로 변환시킬 수 있으며, 파장에 변화를 줄 수 있는 실험 조건들을 동일하게 맞추고 기준 재료로 범랑질과 μ 값이 같은 알루미늄을 사용하여 densitometer로 I를 측정하면 $\log D(D : \text{densitometer readings}) \propto -X$

관계를 갖는다. 따라서 알루미늄 두께가 증가함에 따라 D값은 감소, 즉 방사선 불투과성이 증가한다.

본 실험에서는 step wedge 형태의 알루미늄을 표준 재료로 사용하였으며, 조절할 수 없는 변수들로 인해 aluminum step wedge의 표준 곡선이 변할 수 있기 때문에 각 조건에서 시편과 aluminum step wedge를 함께 노출시켜 거의 직선 형태의 재현가능한 표준 곡선을 얻어 내적 기준을 마련하였고, 육안 비교가 아닌 densitometer를 통한 정량적 측정후 알루미늄 두께로 환산하여 근관충전용 시멘트의 방사선 불투과성을 객관적으로 비교하였다.

Cook¹¹⁾은 방사선 생성방법, 필름의 종류, filtration, kVp, 방사선 흡수량 등이 방사선 불투과성에 미치는 영향을 연구한 결과 방사선 노출시간은 방사선 불투과성에 유의성 있는 영향을 미치지 않았으나, 특히 방사선 불투과성이 큰 재료일수록 kVp가 방사선 불투과성에 많은 영향을 미친다고 하였으며, 그 이유는 kVp변화에 따라 Ba과 Sr의 방사선 흡수 특성이 다르기 때문이라고 설명하였다. Watts¹²⁾는 높은 원자번호를 갖는 원소를 함유한 재료는 어떤

voltage에서 방사선 흡수 특성이 급격히 변하는데 Ba은 37.5 keV, Sr은 16.1 keV 가 mass absorption coefficient가 급격히 변하는 X-ray energy에 해당하므로 65 kVp에서 방사선 불투과성을 측정하면 absorption edge를 잘 제거할 수 있을것이라고 보고하였다. Beyer-Olsen 등⁵⁾은 노출 시간과 voltage에 따른 aluminum step wedge 에 대한 표준 곡선의 변화를 조사한 바, 노출 시간은 표준 곡선의 기울기에 영향을 주지 않았으나 voltage가 증가할 수록 표준 곡선의 기울기가 감소함을 보여주었으며, voltage가 낮을 수록 step wedge 각 단계간의 contrast를 크게하여 주나 voltage가 클 수록 유용한 범위 안에 드는 step wedge 단계의 수는 많았다고 보고하였다.

본 실험에서는 50과 60 kVp에서는 노출시간의 증가에 따라 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선의 기울기의 절대치가 증가하는 양상을 보였으나 (Fig. 1, 2), 70 kVp에서는 노출시간의 증가가 기울기에 거의 영향을 미치지 않았다(Fig. 3). 즉 70 kVp에서는 aluminum step wedge 단계간의 contrast는 변화 시키지 않으면서 필름을 검게하여 노출 시간의 증가에 따라 표준 곡선이 기울기의 변화 없이 오른쪽으로 평행 이동 하였다. 따라서 낮은 voltage (50 및 60 kVp)에서는 노출시간이 방사선 불투과성에 많은 영향을 미치나 높은 voltage(70 kVp)에서는 노출시간이 결정 요소가 되지 않는 것으로 사료된다.

노출시간을 고정하여 voltage가 표준 곡선에 미치는 영향을 살펴보면 노출 시간에 관계없이 voltage 증가에 따라 표준 곡선의 기울기의 절대치가 증가하는 양상을 나타내었다(Fig. 4, 5, 6). 방사선 에너지가 높은 경우와 낮은 경우에 있어 aluminum step wedge를 통과하는 정도가 다르기 때문에 방사선 노출량에 대한 광학 밀도의 의존도가 다르다¹¹⁾. 따라서 voltage와 방사선 노출량 및 aluminum step wedge의 두께에 따른 방사선 감쇠 정도가 광학 밀도를 결정하며 노출 시간 보다는 voltage가 방사선 불투과성에 많은 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Contrast media 마다 X-ray beam의 quality에 대한 의존도가 다르기 때문에 노출 조건에 따라 광학 밀도의 수치가 영향 받으므로¹²⁾ 재료에 대한 방사선 불투과성의 비교 연구에 있어서는 실험 조건의 결정이 필수적이다. 본 실험에서는 다양한 노출 조건

에서 구한 aluminum step wedge의 표준 곡선들이 모두 거의 직선 형태를 나타내었으며(Table 2), S. E.와 Sig T 및 R square 값을 통해 직선도가 우수하고, 기울기의 절대치가 커서 측정된 근관충전용 시멘트의 방사선 불투과성을 광범위한 범위내에서 표현해주는 70 kVp, 0.2 초, 10 mA를 표준화 시킬수 있는 적절한 노출 조건으로 선택하였다.

본 실험재료에 처음에는 Pulpdent Tempcanal도 포함시켰으나 Pulpdent의 경우 방사선 불투과성이 현저히 낮아 70 kVp, 0.2 초, 10mA에서 Aluminum step wedge의 표준 곡선에서도 유용한 범위를 벗어나 음의 수치를 나타낼 정도로 낮았으므로 제외하였다.

Cook¹¹⁾은 1mm, 2mm 및 4mm 두께의 복합레진 시편을 kVp를 변화 시켜 방사선 불투과성을 측정한 바, kVp가 증가함에 따라 방사선 불투과성이 증가하였고 4mm 두께의 경우 증가율이 컸으며 이는 두께가 증가함에 따라 알루미늄과 시편에 대한 방사선 투과율과 파장에 대한 필름 민감도의 의존 정도가 달라지기 때문으로 사료된다고 보고하였다.

본 실험에서는 근관충전용 시멘트를 2mm 두께의 시편으로 제작하였으며 70 kVp, 10 mA, 0.2초에서 광학 밀도를 토대로 알루미늄 두께로 환산하여 Table 3에 표시하였다. 측정된 근관 충전용 시멘트의 방사선 불투과성은 2.43 mm Al 두께에서 9.20 mm Al 두께 까지 다양하게 나타났으며 모두 상아질 이상의 방사선 불투과성을 보였고 AH 26이 가장 높게 나타났다(Fig 7). Beyer-Olsen 등⁵⁾은 40 종류의 근관충전용 시멘트에 대한 방사선 불투과성을 측정하여 3mm Al두께보다 작은 것에서 부터 12mm Al 두께 이상까지 다양한 정도의 방사선 불투과성을 보인다고 하였다. 본 실험에서 AH26, ZOE, Tubliseal은 Beyer-Olsen 등⁵⁾의 실험에서와 같은 순서의 방사선 불투과성 정도를 나타내었으나, Kerr PCS의 방사선 불투과성은 Beyer-Olsen 등⁵⁾의 보고보다 상대적으로 월등히 낮게 나타났다.

Higgenbotham⁷⁾은 5종류의 근관충전용 시멘트와 silver cone 및 gutta percha point의 방사선 불투과성을 비교한 결과 silver cone이 가장 높았으며 근관충전용 시멘트간에도 방사선 불투과성에 현저한 차이가 있었으며 Kerr Antiseptic PCS가 가장 높은 수치를 나타내었고 Kloroperka N-O가 가장 낮게 나타났다고 보고하였다. McCombe과 Smith⁸⁾은 9

종류의 근관충전용 시멘트를 2mm 두께의 시편으로 제작하여 방사선 불투과성을 측정한 바, polycarboxylate cement가 가장 낮게 나타났다고 보고하였다.

1985년에 발표된 ISO No. 4049규격에 의하면 제조회사가 방사선 불투과성을 갖는다고 표시한 제품은 동일 두께의 알루미늄보다 더 높은 방사선 불투과성을 지녀야 한다¹⁴⁾. 본 실험에 사용된 근관 충전용 시멘트 10종 모두 방사선 불투과성이 있다고 표시할 수 있는 제품이었으며, gutta-percha point도 방사선 불투과성이었다. 그러나 Goshima 등¹⁵⁾과 Curtis 등¹⁶⁾은 수복물의 방사선 불투과성은 수복재료의 방사선 흡수에 의해 결정되며 방사선 흡수는 재료의 조성, 수복물의 두께와 중첩되는 치질의 양에 의해 영향을 받게된다고 하였으며, Sewerin 등¹⁷⁾은 방사선이 필름에 도달되기 전에 협설층 두께의 치질을 통과해야 되므로 ISO 기준을 임상적으로 적용하기에는 한계가 있다고 보고하였다.

근관 충전의 폐쇄성을 방사선학적으로 평가하는 것은 근관벽과 충전물의 경계를 확인하는 것에 의존하는데 근관벽이 항상 방사선 사진상에서 쉽게 감별할 수 있는 것이 아니며 치조골의 망상 구조가 치아에 중첩되어 방사선 불투과성의 비교가 어렵게 된다¹⁸⁾. Brayton¹⁹⁾은 근관 충전의 유효성을 평가해보았는데 근관 충전의 불균일성이나 결여 부분이 방사선 사진상에 잘 나타나지 않아 방사선 사진상에서의 진단 결과와 실제 충전의 폐쇄 정도 사이에 상관 관계가 적었다고 보고한 바 있다. 근관 충전은 근관충전용 시멘트 단독 보다는 콘과 병행하여 수행하므로, 근관충전용 시멘트는 아주 얇은 층으로만 존재하게 되어서 방사선 사진상에서의 진단에 어려움이 있다²⁰⁾. 방사선 불투과성이 너무 큰 근관 충전용 시멘트는 방사선 사진상에서 근관 충전물내에 기포나 결손을 무효화 하며 재료의 균일성이 낮더라도 완벽한 충전의 인상을 줄 수 있는 반면 방사선 불투과성이 너무 낮은 근관충전용 시멘트는 소량 존재할 경우 보이지 않을 수 있으므로²¹⁾ 각기 다른 방사선 불투과성을 갖는 재료들의 근관충전물의 폐쇄 정도를 방사선학적으로 비교함에 어려움을 가중시키게 된다. 본 실험에서 Gutta-percha는 상아질보다 4.87배 강한 방사선 불투과성을 보였는데, AH26은 Gutta-percha보다 높았고, ZOE, Vitapex, Canals, Kerr PCS, Nogenol은 Gutta-percha와 유사하였으며, 나

머지 재료는 낮았다. 근관충전제의 방사선 불투과성 측정을 통해 방사선 사진상에서 근관폐쇄 효과를 판별하기 용이한 최적의 방사선 불투과성 정도를 제시함이 바람직하나, 현재까지의 연구결과만으로는 임상과 연계시키기에 부족하며 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

근관충전용 시멘트의 방사선 불투과성 측정에 있어 재현 가능하고 객관적인 방법을 정립하고자 표준재료로 aluminum step wedge를 사용하여 densitometer로 광학 밀도를 측정하였으며 다양한 방사선 노출 조건에 따른 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선의 변이를 알아보고, 그 중 안전하고 적절한 노출 조건을 선택한 후 10종류의 근관충전용 시멘트와 1종류의 Gutta-Percha point에 대한 방사선 불투과성의 정도를 알루미늄 두께로 환산, 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 50과 60 kVp에서는 방사선 노출 시간이 증가함에 따라 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선의 기울기가 감소하였으나 70 kVp에서는 기울기 의 변화없이 표준 곡선이 오른쪽으로 평행 이동하였다.
2. 방사선 노출 시간을 고정 시킨 경우 voltage가 증가함에 따라 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선의 기울기가 감소하는 양상을 보였다.
3. 측정된 근관 충전용 시멘트의 방사선 불투과성은 2.43 mm Al 두께에서 9.20mm Al 두께까지 다양하게 나타났다.
4. 근관충전용 시멘트들은 모두 상아질 이상의 방사선 불투과성을 보였으며, Gutta-percha는 상아질보다 4.87배 높은 방사선 불투과성을 나타내었다.
5. Gutta-percha의 방사선 불투과성을 기준으로 하여 비교하면, AH26이 가장높았고, ZOE, Vitapex, Canals, Kerr PCS, Nogenol은 Gutta-percha와 유사하였으며, Tubliseal, Apatite II, Apatite III, Silapex는 Gutta-percha 보다 낮은 방사선 불투과성을 나타내었다.

REFERENCES

1. Weine FS : Endodontic therapy. Mosby Company, 1989.
2. Grossman LI, Oliet S, Del-Rio CE : Endodontic practice. Lea & Febiger, 1988.
3. Selzer S, Bender JB, Smith J, Freedman BS, Nazimov H : Endodontic failures. An analysis based on clinical roentgenographic and histologic findings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 23 : 517-30, 1967.
4. Orlay HG : Overfilling in root canal treatment. *Br Dent J* 120 : 376, 1966.
5. Beyer-Olsen EM, Orstavik D : Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 51(3) : 320-28, 1981.
6. De Abreu MJN, Taveres D, Vieira DE : Radiopacity of restorative materials. *Operative Dentistry* 2 : 3-16, 1977.
7. Higgenbotham TL : A Comparative study of the physical properties of five commonly used root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 24 : 89-101, 1967.
8. McCombe D, Smith DC : Comparison of physical properties of polycarboxylate based and conventional root canal sealers. *J of Endodontics* 2 : 228-235, 1976.
9. Eliasson ST, Haasken B : Radiopacity of impression materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 47 : 485-91, 1979.
10. Abou-Tabl ZM, Tidy DC, Combe EC : Radiopacity of composite restorative materials. *Br Dent J* 147 : 187-8, 1979.
11. Cook CD : An investigation of the radiopacity of composite restorative materials. *Aust Dent J* 26(2) : 105-12, 1981.
12. Watts DC : Radiopacity vs. composition of some barium and strontium glass composites. *J Dent* 15 : 38-43, 1987.
13. Alveres LC : Radiopacity of acrylic resins. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 22 : 318-24, 1966.
14. ISO : DP 4049 Dental resin based restorative materials. International standards organization (draft proposal) Clause 6 : 10, 1985.
15. Goshima T, Goshima Y : The optimum level of radiopacity in posterior composite resins. *Dentomaxillofac. Radio* 18(2) : 19-21, 1989.
16. Curtis PM, Fraunhofer A, Farman AG : The radiographic density of composite restorative resins. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 70 : 226-30, 1990.
17. Sewerin I : Radiographic identification of simulated caries lesions in relation to fillings with Adaptic Radiopaque. *J Dent Res* 88 : 377-81, 1980.
18. Russin TP : Apical seals obtained with laterally condensed chloroform softened gutta-percha and laterally condensed gutta-percha and Grossmans sealer. *J of Endodontics* 6 : 678-82, 1980.
19. Brayton SM, Davis RS, Goldman M : Gutta-percha root canal fillings. An in vitro analysis, Part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 35 : 226-31, 1973.
20. Seidler B : An evaluation and method of the canal fillings. *J of American Dental Association* 53 : 567-76, 1956.