

근관 전색재의 방사선 불투과성에 관한 비교연구

김태민¹ · 김서경^{2,4} · 황인남^{2,4} · 황윤찬^{2,4,5} · 강병철^{3,4} · 윤숙자^{3,4} · 이재서^{3,4} · 오원만^{2,4,5*}

¹전남대학교 치의학전문대학원, ²보존학교실,
³구강악안면 방사선학교실, ⁴치의학 연구소, ⁵BK21

ABSTRACT

A COMPARATIVE STUDY ON RADIOCAPACITY OF ROOT CANAL SEALERS

Tae-Min Kim¹, Seo-Kyoung Kim^{2,4}, In-Nam Hwang^{2,4}, Yun-Chan Hwang^{2,4,5},
Byung-Cheol Kang^{3,4}, Suk-Ja Yoon^{3,4}, Jae-Seo Lee^{3,4}, Won-Mann Oh^{2,4,5*}

¹School of Dentistry, Chonnam National University, ²Department of Conservative Dentistry,
³Department of Oral and Maxillofacial Radiology, ⁴Dental Science Research Institute, ⁵BK21

This study was performed to assess the radiopacity of a variety of root canal sealers according to the specification concerning root canal sealers.

Ten materials including Tubli-SealTM, Kerr Pulp Canal SealerTM, AH 26[®], AH plus[®], AH plus jetTM, Ad sea lTM, SealapexTM, NOGENOLTM, ZOB sealTM, EpiphanyTM and dentin were evaluated in this study. In the first part, densitometric reading of an each step of aluminum step wedge on occlusal film was performed at different voltage and exposure time. In the second part, ten specimens were radiographed simultaneously with an aluminum step wedges on the occlusal films under decided condition. The mean radiographic density values of the materials were transformed into radiopacity expressed equivalent thickness of aluminum (mm Al).

The following results were obtained.

1. Among the various conditions, the appropriate voltage and exposure time that meet the requirement density was 60 kVp at 0.2 s
2. All of the materials had greater radiopacity than 3 mm Al requirement of ANSI/ADA specification No. 57 (2000) and ISO No. 6876 (2001) standards.
3. The radiopacity of materials increased as thickness of materials increased.
4. The mm Al value of each specimen at 1mm in thickness has a significant difference in the statistics.

It suggests that root canal sealers have a sufficient radiopacity that meet the requirement. [J Kor Acad Cons Dent 34(1):61-68, 2009]

Keywords: Radiopacity, Aluminum step wedge, Root canal sealer, Optic density, Equivalent thickness Aluminum

- Received 2008.10.16., revised 2009.1.2., accepted 2009.1.9-

I. 서 론

근관 치료시 형성된 근관을 충전하기 위해서는 거타퍼차

콘(gutta-percha cone)등의 반 고형제(semi-solid material)와 적당한 근관 전색재를 병용해서 사용하는데, 근관 전색재는 약간의 항균효과를 가진 경우가 많고, 근관 충전제와 상아질벽간의 공간을 채워주며, 반 고형제와 병용시 윤활제의 역할을 하고, 어느 정도의 방사선 불투과성을 지니기도 하는 등 근관충전에 있어서 중요한 부분을 차지하게 된다¹⁾.

Grossman 등²⁾에 의하면 근관 전색재는 경화시 탁월한 봉합효과를 지니고, 전색제 자체, 근관벽과의 사이, 충전제

Corresponding Author: **Won-Mann Oh**
Department of Conservative Dentistry,
School of Dentistry, Chonnam National University
Yongbong-ro 77, Buk-gu, Gwangju, 500-757, Korea
Tel :82-62-530-5572 Fax :82-62-530-5629
E-mail:wmoh@chonnam.ac.kr

와의 사이에 양호한 점착성을 제공할 수 있어야 하며, 경화 시 수축하거나 치질을 착색시키지 않아야 하며, 연화와 근관내 삼입이 용이해야 하고, 필요시 쉽게 제거되어야 하며, 조직액에 용해되지 않고, 살균작용이 있거나 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 근관 치료 술식을 평가하는 데 있어 유용하게 이용되는 유일한 방법이다³⁾. 근관 전색제가 방사선 불투과성을 갖춤으로 인하여 잠정적으로 유해한 과충전이 되었을 경우 치근단 조직에 자극요인이 되거나 이물질 반응을 일으킬 수 있는 근관 충전재를 제거하는데 도움을 주며²⁾, 부근관을 포함하여 근관 충전이 완벽히 되었는지 평가할 수 있고, 흡수성 약제로 사용하였을 경우 진행 과정을 방사선 사진상에서 추적 가능케 하여준다⁴⁾.

방사선 사진상에서 방사선 불투과성의 평가는 육안비교가 일반적 방법이나 정량 분석에 있어 부적절하고 민감하지 못하다⁵⁾. Eliasson과 Haasken⁶⁾은 재료의 상대적인 방사선 불투과성을 비교하기 위한 표준을 처음으로 확립하여, 광학 밀도를 측정 후 이를 equivalent thickness Aluminum (mm Al)으로 계산하였다. American National Standard Institute/American Dental Association은 근관 전색제의 임상적용을 위해 1988년에 상아질보다 최소한 2 mm Al 만큼 더 높은 방사선 불투과성을, 최근 2000년도에는 최소한 3 mm Al 이상의 방사선 불투과성을 제시하였고⁷⁾, 이는 ISO No. 6876 (2001)⁸⁾ 규격과 동일하다.

최근 근관전색제에 대한 방사선 불투과성을 비교한 연구결과들이 보고되고 있다^{9,24,25)}. 그러나 최근에 소개된 epiphany를 포함한 다양한 근관전색제에 대한 방사선 불투과성의 비교 연구결과가 부족한 실정이다.

이에 본 실험에서는 다양한 근관전색제들의 방사선 불투과성을 평가하고자 표준재료로 aluminum step wedge를 사용하여 densitometer로 광학밀도를 측정하였으며, 다양한 방사선 노출조건에 따른 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선의 변이를 알아보고, 그 중 적절한 노출 조건을 선택하여 수종의 근관 전색제와 상아질에 대한 방사선 불투과성의 정도를 알루미늄 두께로 환산하여 비교해 보고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 기기

각 재료의 방사선 불투과성 측정치 상관관계를 평가하기

위해서 순도 98%이상의 aluminum으로 11개의 step으로 구성된 총 11 mm 두께의 aluminum step wedge (50 mm × 11 mm × 10 mm, BumYang Medical Systems Co., LTD, Korea)를 사용하였다. 근관 전색제로 Tubli-Seal™ (SybronEndo, Orange, CA, USA), Kerr Pulp Canal Sealer™ (SybronEndo, Orange, CA, USA), AH 26® (Dentsply, Konstanz, Germany), AH plus® (Dentsply, Konstanz, Germany), AH plus jet™ (Dentsply, Konstanz, Germany), Ad seal™ (Meta, Cheongu, Korea), Sealapex™ (SybronEndo, Orange, CA, USA), NO GENOL™ (GC America, Chicago, IL, USA), ZOB seal™ (Meta, Cheongu, Korea), 및 Epiphany™ (Pentron, Wallingford, CT, USA)를 사용하였으며, 이들의 방사선 불투과성을 비교하기 위하여 각 두께에 해당하는 상아질 시편을 이용하였다. 방사선 불투과성 측정에는 Radiodensitometer (Model 07-443, Victoreen Inc, Cleveland, Ohio, USA)를 사용하였으며, densitometer에 표시된 수치는 optical density를 상용대수로 표시한 것으로 방사선 불투과성이 높을수록 더 낮은 수치로 나타난다.

2. 실험 방법

1) 시편 제작

시편 제작을 위해 두께 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 및 3.0 mm의 투명한 아크릴 판에 직경 5 mm의 구멍을 형성하고 표준 분액비를 기준으로 하여 제조회사의 지시에 따라 조작한 근관 전색제를 주입하고 유리판을 대어 압접하였다. 각 재료마다 각 두께별로 10개씩 시편을 제작하였다. 상아질의 방사선 불투과성을 측정하기 위한 치아 절편을 얻기 위해 발거된 대구치를 생리식염수에 24시간 보관한 후 아크릴릭 레진에 매몰하였다. 이후 저속 절단기(TOPMET METSA W, R&B Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 주수하에 350 rpm속도로 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 및 3.0 mm 두께로 근원심 방향으로 절단하였다.

2) 방사선 사진 촬영 및 현상

적절한 관전압과 노출시간을 결정하기 위해 교합 필름(occlusal F E-Speed film, Eastman Kodak Co., Rochester, NY, USA)위에 aluminum step wedge를 위치시킨 후, 필름은 후방산란을 막기 위해 2 mm 두께의 납판위에 올려놓았다. Long cone paralleling technique을 사용하여 촬영시 필름-초점간 거리를 35 cm으로 하였다. 7 mA로 고정된 dental X-ray unit (Elitys®, trophy Radiologie SA, France)를 사용하여 60 kVp에서 노출시간 0.2, 0.3, 0.4초, 70kVp에서 0.2, 0.3, 0.33초로 변화를 주어 방사선 촬영을 하였다. 적절한 관전압과 노출시간이

결정된 후, 같은 방식으로 필름위에 동일한 두께의 10종의 실험 재료 시편과 상아질 시편, aluminum step wedge를 올려 놓고 방사선 촬영하였다.

모든 필름은 자동현상액 Kodak Readymatic (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, USA)을 사용하는 PRO-200 자동현상기(Young Han Co. Ltd., Incheon, Korea)로 현상하였다. 현상 온도는 30℃로 유지하였다.

3) 방사선 불투과성의 측정

현상된 방사선 사진상(Figure 1)에 나타난 방사선 불투과성을 densitometer (Model 07-443, Victoreen Inc, Cleveland, Ohio, USA)를 이용하여 각 두께별로 aluminum step wedge 각 단계에서 3군데 씩, 각 시편 당 5군데씩 측정하여 평균값을 구하였다. Densitometer로 측정된 aluminum step wedge의 optical density에 base+fog 값을 제외한 수치의 자연로그값(ln D)와 aluminum 두께(mm)간의 상관관계를 이용하여 회귀분석하여 표준 곡선(Figure 2)을 얻었다. 또한 이 표준 곡선을 이용하여 10종의 근관 전색제의 방사선 불투과성을 알루미늄 두께(mm Al)로 환산하였다.

4) 통계 처리

방사선 불투과성에 대한 각 재료별 차이를 비교하기 위하여 각 시편의 1mm 두께에서 Kruskal-Wallis test로 통계 분석을 시행하였다.

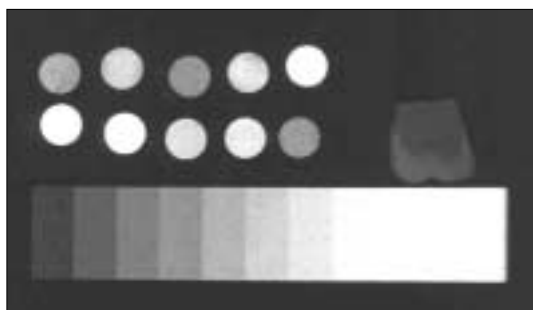


Figure 1. A radiograph showing the radiopacities of each experimental material, dentin and its equivalence to those of the aluminum step wedge

III. 실험 결과

1. Aluminum step wedge 광학 밀도 표준 곡선

각 노출조건에서의 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선 중 직선도(lineality)가 우수하고, 유효흑화도 범위인 0.5 - 2.58)에 해당하는 수치를 나타내며, 1mm 두께의 al

uminum step wedge의 흑화도가 대략 2 정도(base + fog 포함)를 나타내는 60 kVp, 0.2초, 7 mA, 35 cm의 필름-초점간 거리하에서 실험 재료들을 방사선 촬영하였다(Figure 2).

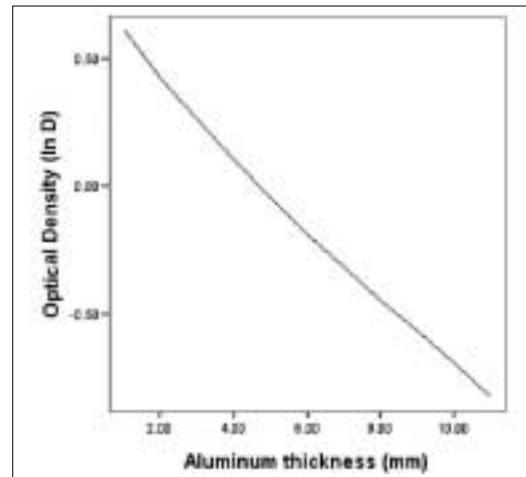


Figure 2. Standard curve for the optical density of the aluminum step wedge at 60 kVp, 0.2 s

각 재료의 시편 두께별로 흑화도를 측정 후, 노출되지 않은 필름의 base + fog값 (본 실험에서는 0.27)를 구하여, 각 흑화도 수치에서 제한 후 자연로그값을 취하여 알루미늄 두께와의 회귀방정식(식 1)을 구하였다. (식 1)의 회귀방정식으로부터 (식 2)를 얻어 각 시편의 흑화도를 aluminum equivalent thickness (mm Al)로 환산하였다.

(식 1) $\ln (\text{density} - \text{film fog}) = -0.141 \times (\text{aluminum thickness}) + 0.693$

(식 2) $\text{Aluminum thickness} = \{0.693 - \ln (\text{density} - \text{film fog})\} / 0.141$

2. 방사선 불투과성의 측정

통계 분석 결과 10종의 실험 재료의 시편 두께별 방사선 불투과성 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($P < 0.01$). 실험에 사용된 근관 전색제의 방사선 불투과성을 알루미늄 두께(mm Al)로 환산하여 평균값과 표준편차를 시편 두께별로 Table 1에 표시하였고, 동일한 두께의 상아질과 비교하여 Figure 3에 나타내었다.

각 실험 재료의 두께별 시편에 대한 mm Al값은 2.29 mm Al (NOGENOL)로부터 13.69 mm Al (AH plus jet)까지 다양하게 나타났으나, 10 종의 모든 실험 재료들은 1

Table 1. Mean values and standard deviations of the radiopacity values in the terms of equivalent thickness of aluminum for the experimental materials

Experimental material	Specimen thickness (mm)	Density (Mean \pm S.D.)	mm. Al equivalent
Tubli-Seal™	0.5	1.59 \pm 0.10	2.95
	1	1.38 \pm 0.04	4.21
	1.5	1.19 \pm 0.04	5.50
	2	1.03 \pm 0.03	6.83
	2.5	0.85 \pm 0.03	8.74
	3	0.85 \pm 0.03	9.83
Kerr pulp Canal Sealer™	0.5	1.44 \pm 0.20	3.80
	1	0.94 \pm 0.02	7.73
	1.5	0.80 \pm 0.02	9.45
	2	0.72 \pm 0.02	10.66
	2.5	0.65 \pm 0.02	11.84
	3	0.69 \pm 0.04	12.36
AH 26®	0.5	1.20 \pm 0.12	4.44
	1	1.07 \pm 0.03	6.47
	1.5	0.92 \pm 0.03	7.95
	2	0.84 \pm 0.02	8.86
	2.5	0.73 \pm 0.02	10.43
	3	0.77 \pm 0.06	11.07
AH Plus®	0.5	0.90 \pm 0.05	7.44
	1	0.77 \pm 0.02	9.87
	1.5	0.69 \pm 0.03	11.07
	2	0.66 \pm 0.05	11.66
	2.5	0.60 \pm 0.03	12.90
	3	0.63 \pm 0.05	13.69
AH Plus jet™	0.5	0.86 \pm 0.11	6.77
	1	0.73 \pm 0.02	10.42
	1.5	0.67 \pm 0.03	11.41
	2	0.63 \pm 0.02	12.17
	2.5	0.60 \pm 0.03	12.91
	3	0.63 \pm 0.05	13.69
ADSEAL™	0.5	1.72 \pm 0.35	2.30
	1	1.33 \pm 0.05	4.50
	1.5	1.11 \pm 0.04	6.17
	2	1.01 \pm 0.03	7.09
	2.5	0.84 \pm 0.02	8.94
	3	0.88 \pm 0.07	9.69
Sealapex™	0.5	1.32 \pm 0.12	3.74
	1	1.12 \pm 0.03	6.11
	1.5	0.94 \pm 0.04	7.73
	2	0.82 \pm 0.02	9.13
	2.5	0.69 \pm 0.03	11.08
	3	0.73 \pm 0.08	12.36
NOGENOL™	0.5	1.63 \pm 0.05	2.29
	1	1.41 \pm 0.04	3.98
	1.5	1.25 \pm 0.05	5.07
	2	1.07 \pm 0.03	6.48
	2.5	0.94 \pm 0.13	7.90
	3	1.09 \pm 0.13	8.42
ZOB Seal™	0.5	1.26 \pm 0.07	4.17
	1	1.03 \pm 0.03	6.90
	1.5	0.91 \pm 0.03	8.09
	2	0.83 \pm 0.02	9.03
	2.5	0.73 \pm 0.02	10.46
	3	0.77 \pm 0.05	11.07
Epiphany™	0.5	1.11 \pm 0.08	4.91
	1	0.86 \pm 0.05	8.67
	1.5	0.71 \pm 0.03	10.72
	2	0.67 \pm 0.03	11.52
	2.5	0.61 \pm 0.02	12.66
	3	0.68 \pm 0.06	13.22
Dentin	0.5	2.23 \pm 0.05	0.15
	1	2.10 \pm 0.05	0.62
	1.5	1.98 \pm 0.04	1.13
	2	1.81 \pm 0.04	1.86
	2.5	1.66 \pm 0.04	2.40
	3	1.57 \pm 0.09	3.04

mm 두께에서 3 mm Al 이상의 방사선 불투과성을 보여 ANSI/ADA specification No. 57 (2000) 규격과 ISO No. 6876 (2001) 규격을 만족하였다.

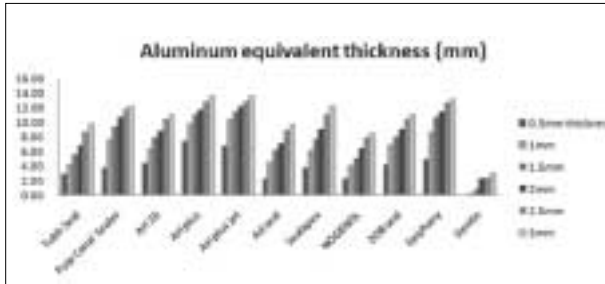


Figure 3. Radiopacities expressed in mean equivalent aluminum thickness for experimental materials in comparison with dentin

모든 실험 재료들은 0.5 mm 두께에서 3.0 mm 두께로 증가할 때 방사선 불투과성이 점차적으로 증가하여 Aluminum equivalent thickness가 증가하였으나, 정비례하지는 않았다. 실험 재료들은 두께 증가에 따른 방사선 불투과성의 증가 정도가 같지 않았으며 NOGENOL™은 다른 재료에 비해 증가 정도가 작았다.

각 실험재료의 1 mm 두께의 시편에 대한 mm Al값들을 Kruskal-Wallis test을 이용하여 실험재료간의 통계적으로 유의한 차이가 있었다. AH plus jet™이 가장 높은 방사선 불투과성을 나타내었고, NOGENOL™이 가장 낮은 방사선 불투과성을 나타내었다.

IV. 총괄 및 고찰

치과용 재료의 방사선 불투과성을 측정하는 여러가지 방법 중, 알루미늄 상응치(aluminum equivalent value)가 많이 사용되며, 알루미늄의 방사선 불투과성을 기준삼아 알루미늄 두께(mm Al)로 표시된다. Abou-Tabl 등¹¹⁾은 복합 레진의 방사선 불투과성을 측정하는 실험에서 aluminum step wedge를 표준 재료로 사용하였고, Beyer-Olsen과 Ørstavik⁵⁾은 관전압과 노출시간에 따른 aluminum step wedge에 대한 표준곡선의 변화를 조사한 바, 관전압이 낮을수록 step wedge간 단계간의 대조도를 크게 하나 관전압이 클수록 유효한 흑화도 범위안에 드는 step wedge단계의 수는 많았다고 보고하였다. 본 실험에서는 관전압 60 kVp에서 노출시간 0.2, 0.3, 0.4초 그리고 70 kVp에서 0.2, 0.3, 0.33초로 변화를 주어 방사선 촬영을 하였을 때, ISO No. 6876 규격에 따른 흑화도가 0.5-2.5사이에 존재한다는 기준에 가장 잘 적합한 것은 관전압 60 kVp에서 노출시간 0.2초 일 경우였다.

American National Standard institute/American Dental Association (1988)에 따르면 주위 피질골이나 상아질과 비교하여 최소한 2 mm Al 이상의 방사선 불투과성 차이가 나는 경우에 임상적으로 명확한 구분을 할 수 있다 하였고, 2000년도에는 1 mm 두께의 재료에서 최소한 3 mm Al 이상의 방사선 불투과성을 제시하였으며, 이는 ISO No. 6876 (2001) 규격과 일치한다.

Aluminum step wedge의 알루미늄 조성의 차이, 필름-초점간 거리, 관전압, 관전류 등의 차이로 인해 상아질에 대한 알루미늄 등가 수치는 연구마다 다양하다⁵⁾. 그럼에도 불구하고 이러한 기준은 여전히 유효하게 작용할 수 있으며, 본 실험에서 사용된 근관 전색제 모두는 이 규격에 적합하였다.

Aoyagi 등¹³⁾은 구성 성분의 원자량이 증가할수록, 방사선 불투과성을 나타내는 물질의 함량이 커질수록 방사선 불투과성 정도는 증가한다고 하였다. 실제로 치과용 재료에서 방사선 불투과성을 나타내는 금속 성분으로 uranium, thorium, lead, mercury, barium, bismuth 등이 가장 대표적이며, 근래에 시판되는 근관 충전용 시멘트는 silver, lead, iodine, barium, bismuth를 첨가하여 방사선 불투과성을 부여하고 있다²⁾.

Zinc-oxide eugenol based sealer는 혼합이 용이하고 밀봉능력이 우수하며 작업시간이 충분하면서 생체친화성이 우수한 장점을 지니고 있는 반면 체액에 용해되고 상아질에 접착하지 못하는 단점을 지니고 있다. Tubli-Seal은 산화아연과 레진을 주성분으로하고 항박테리아 활성을 가지고 있으나, 생활력있는 조직에 직접 닿는 경우 약간의 독성을 나타내며, 방사선 불투과성을 위하여 barium sulfate가 첨가된다. Kerr Pulp Canal Sealer에는 방사선 불투과성을 위하여 silver powder가 첨가된다¹⁴⁾. 비유지능 제품인 NOGENOL은 자극의 가능성이 적고, 건조한 표면에 부착시켜 우수한 밀폐와 적응을 제공하고 낮은 용해성을 보인다¹²⁾.

Calcium-hydroxide based sealer인 Sealapex의 경우, 치아의 근점이나 근첨공부위에서 경조직의 형성을 촉진하고 조직액에 대한 용해성이 낮으며 생체 친화성이 양호하지만 방사선 불투과성이 낮은 근관전색제였으나^{15,16)}, 최근에 제조회사에서 bismuth trioxide를 첨가함으로써 임상적으로 적절한 방사선 불투과성(본 실험에서 1mm 두께의 경우 6.1 mm Al)을 나타내게 되었다¹⁷⁾.

Epoxy-resin based sealer인 AH 26의 경우, 치질에 대한 접착성과 혼합의 용이성, 그리고 양호한 봉쇄성 등으로 근관 충전시에 널리 사용되는데, silver나 titanium dioxide 같은 방사선 불투과성을 나타내는 filler를 다량 함유하고 있어서 임상에서 얇은 두께로도 충분한 방사선 불투과성을 나타내게 된다^{18,19)}.

AH plus는 AH 26에 포함되어있던 독성을 나타내는 paraformaldehyde 성분이 제외되어, 이전의 레진계열 전색제들 보다 더 낮은 세포독성을 보이며, 방사선 불투과성에 상당히 기여하는 zirconium oxide와 iron oxide를 포함하여 우수한 방사선 불투과성을 보인다²⁰⁾. Epoxy-resin based sealer인 ADSEAL은 근관충전후 완벽한 밀폐성을 제공하며 불용성으로 조직내에 용해되지 않고 생체적합성이 뛰어나고 방사선 불투과성이 비교적 우수하다¹⁵⁾.

근관 충전에 사용하여 근관밀폐 능력을 향상시키려는 일환으로 개발된 Resilon과 함께 사용되는 Epiphany는 methacrylate-resin based sealer로, 프라이머가 도포된 상아질 표면과 결합하여 균일한 모노블럭(monoblock)을 형성하여, 근관에서 치근단폐쇄를 향상시켜 우수한 밀폐효과를 얻을 수 있고 치질을 강화시킬 수 있다고 알려져 있다²⁰⁾.

본 실험결과에서 AH plus와 Epiphany는 Calcium-hydroxide based sealer와 Zinc-oxide eugenol based sealer들에 비하여 더 우수한 방사선 불투과성을 보이는데, AH plus는 보다 큰 방사선 불투과성에 기여하는 zirconium oxide와 iron oxide가 포함되어 있고, Epiphany에는 제조업자들에 따라 barium sulfate, bismuth와 silica 등이 첨가되기 때문이다²⁰⁾.

본 실험에서 근관 전색제의 두께에 따른 방사선 불투과성을 비교해 본 결과, 두께가 증가할수록 방사선 불투과성(mm Al)이 증가하는 양상을 나타내었고 정확한 비례관계는 나타내지 않았다.

근관 충전의 폐쇄성의 평가는 근관벽과 충전물의 경계를 방사선학적으로 확인하는 것에 의존하는데 근관벽이 항상 방사선 사진상에서 쉽게 감별할 수 있는 것이 아니며 치조골의 망상 구조가 치아에 중첩되어 방사선 불투과성의 비교가 어렵게 된다²¹⁾. 또한 골밀도, 치근단 병소의 범위, 치근단 절제의 정도, 혼합시 분액비의 다양성, 방사선 필름의 현상과 정착과정의 오류 등이 근관 전색제의 방사선학적 관찰에 영향을 주기도 한다²²⁾. Orfali 등²³⁾은 서로 다른 근관 전색제들의 표준화된 방사선 불투과성이 두께에 따라 달라지며, 특히 임상에서와 같이 얇은 경우 그 차이가 두드러진다고 하였다. 이렇게 실험적인 수치를 임상적인 수치로 나타내는 것은 매우 복잡하다.

근관 전색제의 방사선 불투과성을 판별하기 위해 aluminum step wedge를 이용한 알루미늄 상응치로 표현이 가능하나, 방사선 사진은 실제 육안으로 판독되기 때문에 임상적인 유용성에 기반을 둔 방사선 불투과성의 기준 설립에 관한 좀 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

참고문헌

- Weine FS. Endodontic therapy. 6th, Mosby Company, p266-313, 2004.
- Grossman LI, Oliet S, Del-Rio CE. Endodontic practice. 11th, Lea & Febiger, p277-325, 1988.
- Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures. An analysis based on clinical roentgenographic and histologic findings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 23:517-530, 1967.
- Orlay HG. Overfilling in root canal treatment. Two accidents with N2. *Br Dent J* 120:376-381, 1966.
- Beyer-Olsen EM, Ørstavik D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 51:320-328, 1981.
- Eliasson ST, Haasken B. Radiopacity of impression materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 47:485-491, 1979.
- American National Standards Institute/American Dental Association. Specification No. 57: endodontic sealing materials. 2nd draft (revision) Chicago: American Dental Association; 1999.
- International Organization for Standardization 6876:2001, Geneva, Switzerland. Dental Root Canal Sealing Materials.
- Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Tanomaru JM, Gonçalves M. Evaluation of the radiopacity of calcium hydroxide- and glass-ionomer-based root canal sealers. *Int Endod J* 41:50-3, 2008.
- ISO: IP 4049 Dental resin based restorative materials. International standards organization (draft proposal) Clause 6:10, 1985.
- Abou-Tabl ZM, Tidy DC, Combe EC. Radiopacity of composite restorative materials. *Br Dent J* 147:187-188, 1979.
- 배광식, 엄정문. 근관충전용 시멘트의 방사선 불투과성에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 18:133-143, 1993
- Aoyagi Y, Takahashi H, Iwasaki N, Honda E, Kurabayash T. Radiopacity of experimental composite resins containing radiopaque materials. *Dent Mater J* 24:315-320, 2005
- Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12:25-38, 2005
- 홍찬의, 김창규, 류현욱, 장훈상, 이병도, 민경산. 레진계 근관 충전실러의 방사선 불투과성 및 세포 독성에 대한 평가. *대한치과보존학회지* 32:419-425, 2007
- Holland R, de Souza V. Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *J Endod* 11:535-543, 1985.
- Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Tanomaru JM, Gonçalves M. Evaluation of the radiopacity of calcium hydroxide and glass-ionomer based root canal sealers. *Int Endod J* 41:50-53, 2007.
- Limkangwalmongkol S, Abbott PV, Sandler AB. Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *J Endod* 18:535, 1992
- 장영인, 최호영. 근관충전용 실러의 물리적 성질에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 20:143-151, 1995.
- Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Tanomaru JM, Gonçalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling

- materials by digitalization of images. *J Endod* 33:249-251, 2007.
21. Russin TP, Zardiackas LD, Reader A, Menke RA. Apical seals obtained with laterally condensed chloroform softened gutta-percha and laterally condensed gutta-percha and Grossmans sealer. *J Endod* 6:678-682, 1980.
 22. Katz A, Kaffe I, Littner M, Tagger M, Tamse A. Densitometric measurement of radiopacity of gutta-percha cones and root dentin. *J Endod* 16:211-213, 1990.
 23. Orfali S, Lilley JD, Molokhia A. The radiopacity of some endodontic sealer cements. *J Dent Res* 66:876, 1987.
 24. Bodrumlu E, Sumer AP, Gungor K. Radiopacity of a new root canal sealer, Epiphany. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 104:e59-61, 2007.
 25. Taşdemir T, Yesilyurt C, Yildirim T, Er K. Evaluation of the radiopacity of new root canal paste/sealers by digital radiography. *J Endod* 34:1388-90, 2008.

국문초록

근관 전색재의 방사선 불투과성에 관한 비교연구

김태민¹ · 김서경^{2,4} · 황인남^{2,4} · 황윤찬^{2,4,5} · 강병철^{3,4} · 윤숙자^{3,4} · 이재서^{3,4} · 오원만^{2,4,5*}

¹전남대학교 치의학전문대학원, ²보존학교실,

³구강악안면 방사선학교실, ⁴치의학 연구소, ⁵BK21

다양한 근관전색재는 방사선 사진상 주위 해부학적 구조와 구별될 만한 방사선 불투과성을 나타내야 한다. 따라서 이런 물질들이 근관에 충전될 때의 방사선 불투과성 정도를 평가해야 할 필요성이 대두되고 있다.

본 실험에서는 다양한 근관전색재들의 방사선 불투과성을 평가하고자, 방사선 노출조건에 따른 aluminium step wedge에 대한 광학 밀도를 알아보고, 그 중 적절한 노출조건을 선택하여 수종의 근관 전색재의 방사선 불투과성 정도를 알루미늄 두께로 환산하여 비교해 보고자 한다.

방사선 불투과성의 기준을 위해 11개의 step으로 구성된 aluminum step wedge를 사용하여, 60kVp, 70kVp 관전압 상태에서 각각 0.2, 0.3, 0.4초 그리고 0.2, 0.3, 0.33초의 노출시간으로 교합필름상에서 방사선 촬영후 적절한 노출 조건을 구하였다. 직경 5 mm, 각각의 두께 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm인 10종 (Tubli-Seal™, Kerr pulp Canal Sealer™, AH26®, AHplus®, AH plus jet starter kit™, Ad seal™ Sealapex™, Nogenol root canal sealer™, ZOB seal™, Epiphany™)의 근관전색재 시편을 각 재료와 두께당 10개씩 제작한 후, 동일한 두께의 상아질 시편, aluminum step wedge와 함께 정해진 노출시간에 따라 방사선 촬영을 하였다. 모든 필름은 자동현상기로 현상하였다. 시편의 방사선 흑화도를 densitometer로 5회 반복 측정 후, 평균값을 구하여 알루미늄 두께로 환산하였다. 얻어진 정보를 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 관전압 60 kVp에서 노출시간 0.2, 0.3, 0.4초, 70 kVp에서 0.2, 0.3, 0.33초로 변화를 주어 방사선 촬영을 하였을 때, 흑화도가 ISO No. 6876 규격에 가장 적합한 것은 60 kVp, 0.2초 일 경우였다.
 2. 측정된 근관 전색재의 방사선 불투과성은 2.29 mm Al (NOGENOL)로부터 13.69 mm Al (AH Plus jet)까지 다양하게 나타났으나, 모두 ANSI/ADA specification (2000) 또는 ISO No. 6876 (2001) 규격이 제시한 최소한 3 mm Al이상의 방사선 불투과성을 지녀야 한다는 기준에 적합하였다.
 3. 재료의 두께가 증가할수록 방사선 불투과성은 증가하지만, 정비례하지는 않았다.
 4. 각 실험재료의 1 mm 두께의 시편에 대한 mm Al값들은 통계적으로 유의한 차이가 있었다.
- 이상의 결과는 본 실험에 사용된 수종의 근관 전색재는 모든 규격에 적합한 방사선 불투과성을 가지고 있음을 시사한다.

주요단어 : 방사선 불투과성, Aluminum step wedge, 근관 전색재, 광학 밀도, 상용 알루미늄 두께