

근관 충전재 및 치근단 역충전재의 방사선 불투과성에 관한 비교 연구

김용상 · 김서경 · 황윤찬 · 황인남 · 오원만*

전남대학교 치의학전문대학원 보존학교실, 치의학 연구소, BK21

ABSTRACT

A COMPARATIVE STUDY ON RADIOPACITY OF CANAL FILLING AND RETROGRADE ROOT-END FILLING MATERIALS

Yong-Sang Kim, Seo-Kyong Kim, Yun-Chan Hwang, In-Nam Hwang, Won-Mann Oh*

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, DSRI, Chonnam National University, BK21

This study was performed to assess the radiopacity of a variety of canal filling and retrograde root-end filling materials according to the specification concerning root canal obturation materials.

Ten materials including Gutta-percha pellets, amalgam, Fuji II LC, Dyract® AP, Super EBA®, IRM®, AH 26®, Sealapex™, Tubli-Seal™ and dentin were evaluated in this study. In the first part, densitometric reading of an each step of aluminum step wedge on occlusal film were performed at 60 kVp (0.2, 0.3, 0.4 s), 70 kVp (0.2, 0.3, 0.33 s) to decide appropriate voltage and exposure time. In the second part, ten specimens which are 5 mm in diameter and 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm in thickness, were fabricated from each material studied. The specimens were radiographed simultaneously with an aluminum step wedge under decided condition (60 kVp, 0.2 s). 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 including 0.2 s, 0.3 s, 0.4 s at 60 kVp and 0.2 s, 0.3 s, 0.33 s at 70 kVp, the appropriate voltage and exposure time that meet the requirement of density from 0.5 to 2.0 was 0.2 s at 60 kVp.
2. All of the materials in this study had greater radiopacity than the minimum level recommended by ISO No. 4049 standards.
3. Most of the materials had greater radiopacity than 3 mm Al requirement of ANSI/ADA specification No. 57 (2000) and ISO No. 6876 (2001) standards except for Fuji II LC and Dyract.

It suggests that all experimental canal filling and retrograde root-end filling materials have a sufficient radiopacity that meet the requirement concerning root canal obturation materials except for Fuji II LC and Dyract. [J Kor Acad Cons Dent 33(2):107-114, 2008]

Key words: Radiopacity, Aluminum step wedge, Canal filling, Retrograde root-end filling materials

* Corresponding Author: **Won-Mann Oh**

Department of Conservative Dentistry,
School of Dentistry, Chonnam National University
8 Hak-dong, Dong-gu, Gwangju, 501-757, Korea
Tel: 82-62-220-4431 Fax: 82-62-225-8387
E-mail: wmoh@chonnam.ac.kr

- Received 2008.1.24., revised 2008.2.22.,
accepted 2008.3.6.-

I. 서 론

근관 치료시 형성된 근관을 충전하기 위해 거타퍼차 (gutta-percha) 등의 반 고형재 (semi-solid material)와 적절한 근관충전용 실러 (root canal sealer)를 병용해서 사용하는데 이상적인 근관 폐쇄 효과를 위해 충전 이후 근관 충전재 (root canal filling material)의 충전 상태를 확인하는 것이 필요하다. 뿐만 아니라 비외과적 근관치료의 실패로 외과적 치근단 절제술이 시행된 경우에도 치근단 역충전재 (root-end filling material)의 근관내 상아질벽에 대한 적합 상태와 치근단 폐쇄 정도를 확인할 필요가 있다.

현재로서는 방사선 사진이 근관 충전의 질을 평가하는 데 있어 유용하게 이용되는 유일한 방법이며¹⁾, 근관 충전 상태를 방사선적으로 평가하는 것은 근관벽과 충전재의 경계를 확인하는 것에 의존한다. 그러므로 근관 충전재와 치근단 역충전재는 충분한 방사선 불투과성을 지녀 임상가들이 치아, 골 같은 주위 해부학적 구조로부터 충전재를 구분할 수 있어야 한다²⁾.

Eliasson과 Haasken³⁾은 재료의 상대적인 방사선 불투과성을 비교하기 위한 표준을 처음으로 확립하여, 광학 밀도 측정 후 이를 aluminum equivalent thickness (mm Al)으로 계산하였다. American National Standard Institute/American Dental Association은 근관 충전재의 임상적용을 위해 1988년에 상아질보다 최소한 2 mm Al 만큼 더 높은 방사선 불투과성을, 2000년도에는 1 mm 두께에서 최소한 3 mm Al 이상의 방사선 불투과성을 제시하였고⁴⁾, 이는 ISO No. 6876 (2001)⁵⁾규격과 동일하다.

그러나 임상에서 사용되는 재료에 대한 방사선 불투과성의 판정 기준이 명확히 확립되어 있지 않다⁶⁾. 현재 진료에 사용되고 있는 gutta-percha와 수종의 근관충전용 실러, 치근단 역충전재에 대한 방사선 불투과성 연구를 시행함으로써 이러한 재료를 근관내 사용시 방사선 불투과성의 차이에 의해 이종의 재료를 구별할 수 있으리라 생각한다.

이에 본 실험에서는 방사선 불투과성의 측정에 있어, 재현 가능하고 객관적인 방법을 정립하고자 표준재료로 aluminum step wedge를 사용하여 densitometer로 흡광도를 측정하였으며, 다양한 방사선 노출에 따른 aluminum step wedge에 대한 광학 밀도를 알아보고, 그 중 적절한 노출 조건을 선택하여 수종의 근관 충전재와 치근단 역충전재 그리고 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 11 mm 두께의 aluminum step wedge (50 mm × 11 mm × 10 mm, BumYang Medical Systems Co., Korea)를 제작하여 사용하였다. 근관 충전재와 치근단 역충전재로 Gutta-percha pellets (Obtura Spartan Corp., Fenton, MO, USA), 광중합형 글래스 아이오노머 (Fuji II LC, GC. Co., Tokyo, Japan), 컴포머 (Dyract® AP, Dentsply, Konstanz, Germany), Mineral trioxide aggregate (PRO Root® MTA, Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA), Epoxy-resin based sealer (AH 26®, Dentsply, DeTrey, Konstanz, Germany), Calcium-hydroxide based sealer (Sealapex™, SybronEndo, Orange, CA, USA), Zinc oxide-eugenol based sealer (Tubli-Seal™, SybronEndo, Orange, CA, USA), amalgam (SDI, Victoria, Australia), Zinc oxide-eugenol compounds인 IRM (Dentsply-de Trey, Konstanz, Germany)과 Super EBA® (Bosworth Company, Skokie, IL, 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 사용하였다.

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 충전재와 치근단 역충전재를 주입하고 유리판을 대어 압접하였다. 각 재료마다 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 METSAW, R&B Inc. Seoul, Korea)를 이용하여 주수하에 350 rpm 속도로 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 관전류를 결정하기 위해 교합 필름 (Occlusal FE Speed, Kodak Co., USA) 위에 aluminum step wedge를 위치시킨 후, 필름은 후방산란을 막기 위해 2 mm 두께의 납판위에 올려놓았고, 촬영시 필름-초점간 거리를 35 cm으로 하였다. 7 mA로 고정된 dental X-ray unit (Elitys®, Trophy Radiologie SA, France)를 사용하여 관전압 60 kVp에서 노출시간 0.2, 0.3, 0.4초, 70 kVp에서 0.2, 0.3, 0.33초로 변화를 주어 방사선 촬영을 하였다. 적절한 관전압과 관전류가 결정된 후, 같은 방식으로 필름위에 동일한 두께의 10종의 실험 재료 시편과 상아질 시편, aluminum step wedge를 올려놓고 방사선 촬영하였다. 모든 필름은 자동현상액 Kodak Readymatic (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, USA)을 사용하는 PRO-200 자동 현상기 (Young Han Co. Ltd., Incheon, Korea)로 현상하였다.

3) 방사선 불투과성의 측정

현상된 방사선 사진상 (Figure 1)에 나타난 흑화도를 densitometer를 이용하여 시편 두께별로 aluminum step wedge 각 단계에서 3군데씩, 각 시편당 5군데씩 측정하여 평균값을 구하였다. Densitometer로 측정된 aluminum step wedge의 흑화도에서 base + fog 값을 제외한 수치의 자연로그값 (ln D)과 aluminum 두께 (mm)간의 상관관계를 이용하여 회귀분석하여 표준 곡선을 얻었다.

4) 통계 처리

방사선 불투과성에 대한 각 재료별 차이를 비교하기 위하여 각 시편의 두께별로 Kruskal-Wallis test로 통계분석을 시행하였다.



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

Ⅲ. 실험 결과

1. Aluminum step wedge 광학밀도 표준 곡선

각 노출조건에서의 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선 중 직선도 (linearity)가 우수하고, 유효흑화도 범위인 0.5 - 2.5⁵⁾에 해당하는 수치를 나타내며, 1 mm 두께의 aluminum 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).

각 재료의 시편 두께별로 흑화도를 측정 후 노출되지 않은 필름의 base + fog값 (본 실험에서는 0.39)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.

$$(식 1) \ln (\text{density} - \text{film fog})$$

$$= -0.144 \times (\text{aluminum thickness}) + 0.721$$

$$(식 2) \text{ Aluminum thickness}$$

$$= \{0.721 - \ln (\text{density} - \text{film fog})\} / 0.144$$

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 충전재와 치근단 역충전재의 흑화도 수치와 자연로그값의 평균값과 표준편차, 환산된 알루미늄

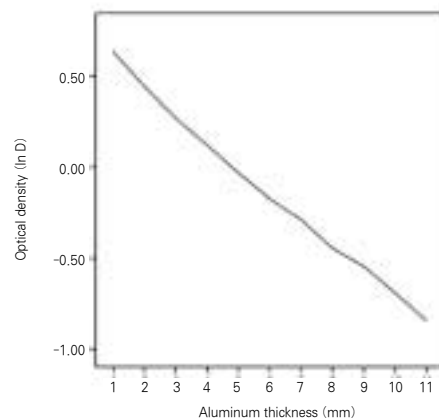


Figure 2. Standard curve for the optical density of the aluminum step wedge at 60 kVp, 0.2 s.

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

Experimental material	Specimen thickness (mm)	Density (D) (Mean \pm S.D.)	mm Al equivalent
Gutta-percha	0.5	1.59 \pm 0.06	3.74
	1.0	1.24 \pm 0.06	6.14
	1.5	1.08 \pm 0.05	7.53
	2.0	0.90 \pm 0.04	9.68
	2.5	0.83 \pm 0.02	10.71
	3.0	0.75 \pm 0.04	12.20
Fuji II LC	0.5	2.20 \pm 0.06	0.89
	1.0	2.00 \pm 0.15	1.70
	1.5	1.64 \pm 0.08	3.49
	2.0	1.37 \pm 0.07	5.15
	2.5	1.26 \pm 0.07	5.89
	3.0	1.20 \pm 0.09	6.51
Dyract®AP	0.5	1.98 \pm 0.07	1.79
	1.0	1.73 \pm 0.05	2.97
	1.5	1.49 \pm 0.03	4.35
	2.0	1.25 \pm 0.02	6.05
	2.5	1.07 \pm 0.04	7.69
	3.0	0.96 \pm 0.04	8.91
Tubli-Seal™	0.5	1.58 \pm 0.06	3.80
	1.0	1.32 \pm 0.14	5.51
	1.5	1.15 \pm 0.08	6.96
	2.0	0.86 \pm 0.10	10.25
	2.5	0.81 \pm 0.03	11.03
	3.0	0.74 \pm 0.06	12.30
AH 26®	0.5	1.49 \pm 0.10	4.35
	1.0	1.22 \pm 0.08	6.30
	1.5	1.01 \pm 0.09	8.38
	2.0	0.86 \pm 0.05	10.25
	2.5	0.76 \pm 0.06	11.91
	3.0	0.63 \pm 0.05	14.92
Sealapex™	0.5	3.17 \pm 0.07	4.35
	1.0	1.15 \pm 0.08	6.91
	1.5	0.97 \pm 0.06	8.85
	2.0	0.77 \pm 0.04	11.73
	2.5	0.72 \pm 0.04	13.60
	3.0	0.65 \pm 0.05	14.36
IRM®	0.5	1.61 \pm 0.06	3.51
	1.0	1.27 \pm 0.11	5.89
	1.5	1.14 \pm 0.05	7.00
	2.0	0.92 \pm 0.06	9.42
	2.5	0.84 \pm 0.03	10.55
	3.0	0.77 \pm 0.06	11.82
Super EBA®	0.5	1.64 \pm 0.05	3.46
	1.0	1.34 \pm 0.07	5.36
	1.5	1.10 \pm 0.06	7.43
	2.0	0.91 \pm 0.03	9.55
	2.5	0.79 \pm 0.04	11.37
	3.0	0.75 \pm 0.03	12.20
Amalgam	0.5	0.51 \pm 0.01	19.73
	1.0	0.53 \pm 0.01	18.66
	1.5	0.54 \pm 0.01	18.42
	2.0	0.55 \pm 0.01	17.73
	2.5	0.55 \pm 0.01	17.73
	3.0	0.54 \pm 0.01	18.18
PRO Root® MTA	0.5	1.74 \pm 0.06	2.92
	1.0	1.27 \pm 0.13	5.89
	1.5	0.91 \pm 0.07	7.15
	2.0	0.91 \pm 0.05	9.55
	2.5	0.84 \pm 0.05	10.71
	3.0	0.77 \pm 0.04	11.82
Dentin	0.5	2.36 \pm 0.07	0.30
	1.0	2.22 \pm 0.11	0.81
	1.5	2.14 \pm 0.11	1.14
	2.0	1.85 \pm 0.04	2.38
	2.5	1.77 \pm 0.09	2.77
	3.0	1.57 \pm 0.11	3.89

IV. 총괄 및 고찰

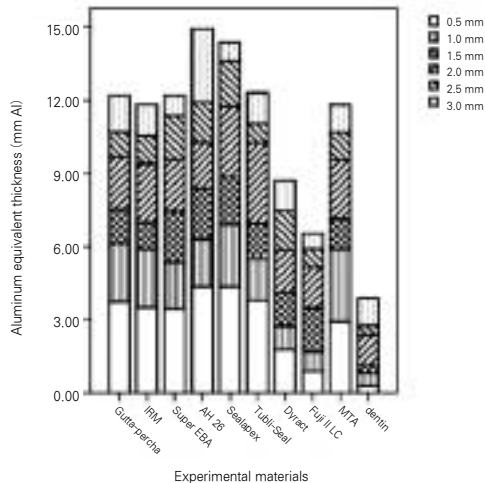


Figure 3. Radiopacities expressed in mean equivalent aluminum thickness for experimental materials in comparison with dentin.

미늄 두께 (mm Al)를 시편 두께별로 Table 4에 표시하였고, 상아질과 비교하여 Figure 3에 나타내었다.

각 실험 재료의 두께별 시편에 대한 mm Al값은 0.89 mm Al로부터 19.73 mm Al까지 다양하게 나타났으나, 10종의 모든 실험 재료들은 방사선 불투과성 표시에 요구되는 동일 두께의 알루미늄보다 더 높은 방사선 불투과성을 지녀야 한다는 ISO No. 4049 규격⁷⁾에 적합하였다. 0.5, 1.0 mm 두께의 Fuji II LC와 0.5 mm 두께의 Dyract는 ANSI/ADA specification No. 57 (1988) 규격에서 제시된 상아질보다 최소한 2 mm Al만큼 방사선 불투과성이 높아야 한다는 기준에 적합하지 못하였다. 1 mm 두께의 Fuji II LC와 Dyract 역시 3 mm Al 이하의 방사선 불투과성을 보여 ANSI/ADA specification No. 57 (2000) 규격과 ISO No. 6876 (2001) 규격을 만족하지 못하였다.

1 mm 두께의 Gutta-percha의 방사선 불투과성을 기준으로 하여 비교하면, amalgam, AH 26, Sealapex는 더 높았고, IRM, MTA는 유사하였으며, Super EBA, Tubli-Seal, Dyract, Fuji II LC는 더 낮은 방사선 불투과성을 나타내었다.

모든 실험 재료들은 0.5 mm 두께에서 3.0 mm 두께로 증가할 때 방사선 불투과성이 점차적으로 증가하여 aluminum equivalent thickness가 증가하였으나 amalgam은 가장 큰 방사선 불투과성을 보이면서 두께의 증가에도 별 차이를 보이지 않았다. 실험 결과 나머지 재료들은 두께 증가에 따른 방사선 불투과성의 증가 정도가 비슷하지 않았으며, 광중합형 글래스 아이오노머 (Fuji II LC), 컴포머 (Dyract)는 다른 재료에 비해 증가 정도가 작았다.

근관 치료의 목적은 감염원이 되는 근관계의 모든 유기물을 제거하여 근관을 정화하고 성형한 후 삼차원적으로 근관을 완전히 밀폐시키는 데 있다. 근관 충전제와 치근단 역충전제가 방사선 불투과성을 갖춤으로 인하여 충전 상태, 범위 등을 확인할 수 있으며, 잠정적으로 유해한 과충전이 되었을 경우 치근단 조직에 자극 요인이 되거나 이물질 반응을 일으킬 수 있는 재료를 제거하는 데 도움을 주며, 근관 충전과 치근단 역충전이 완벽히 되었는지 평가할 수 있다^{8,9)}. 이렇게 근관 충전제와 치근단 역충전제는 치질에의 적합도를 확인하고 충전물 외형의 실패, 기포, 변연 적합성, 계면에서의 간극 등을 인지할 만한 방사선 불투과성을 가지는 것이 중요하다. Eliasson과 Haasken³⁾은 외과적 근관치료 후 치근단 방사선 사진에서 역충전 재료는 (1) 근관내에 위치하고, (2) 기포없이 잘 충전되어 있으며, (3) 치근 상아질과 구별되고, (4) 근관 충전물질과도 구분이 가능하며, (5) 중첩되는 치조골과 구별이 가능해야 한다고 밝힌 바 있다.

치과용 재료의 방사선 불투과성을 측정하는 여러 가지 방법 중, 알루미늄 상응치 (aluminum equivalent value)가 많이 사용되며, 알루미늄의 방사선 불투과성을 기준삼아 알루미늄 두께 (mm Al)로 표시된다. Abou-Tabl 등¹⁰⁾은 복합레진의 방사선 불투과성을 측정하는 실험에서 aluminum step wedge를 표준 재료로 사용하였고, Beyer-Olsen과 Ørstavik¹¹⁾은 관전압과 노출시간에 따른 aluminum step wedge에 대한 표준 곡선의 변화를 조사한 바, 관전압이 낮을수록 step wedge간 단계간의 대조도를 크게 하나 관전압이 클수록 유효한 흑화도 범위안에 드는 step wedge 단계의 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 0.5-2.5 사이에 존재한다는 기준에 가장 잘 적합한 것은 관전압 60 kVp, 노출시간 0.2초일 경우였다.

1985년에 발표된 ISO No. 4049 규격에 의하면 제조회사가 방사선 불투과성을 갖는다고 표시한 제품은 동일 두께의 알루미늄보다 더 높은 방사선 불투과성을 지녀야 한다. 이번 실험의 10종의 근관 충전제와 치근단 역충전제 모두 방사선 불투과성이 있다고 표시할 수 있는 제품이었으며, 예전의 연구 결과를 확인하였다^{12,13)}. 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 불투

과성을 제시하였으며, 이는 ISO No. 6876 (2001) 규격과 일치한다. Step wedge의 알루미늄 조성의 차이, 필름-초점 간 거리, 관전압, 관전류 등의 차이로 인해 상아질에 대한 알루미늄 등이 수치는 연구마다 다양하다¹¹⁾. 그럼에도 불구하고 이러한 기준은 여전히 유효하게 작용할 수 있으며, 본 실험에 사용된 근관 충전재와 치근단 역충전재에서 광중합형 글래스 아이오노머 (Fuji II LC)와 컴포머 (Dyract)를 제외하고는 이 규격에 적합하였다.

치근단 역충전재로 예전에 amalgam이 많이 사용되었다. 그러나 초기 누출, 이차 부식, 수은 독성, 수분에 대한 민감성, 그리고 와동내에 침착을 형성해야 하는 등의 단점들로 인해서 현재는 IRM이나 Super EBA 같은 유지놀 계열의 역충전재가 사용된다. 그러나 유지놀 계열의 시멘트도 역시 수분에 대한 민감성, 용해성, 조작의 어려움 등과 같은 단점들이 보고되고 있다¹⁴⁾. 이와 같은 단점을 보완할 목적으로 역충전 재료로써 복합레진, 글래스 아이오노머 그리고 MTA (Mineral Trioxide Aggregate)등이 이용되기도 한다.

가장 흔한 근관 충전재로 쓰이는 Gutta-percha는 본 실험에서 1 mm 두께의 경우 상아질보다 약 7배에 달하는 방사선 불투과성을 보였는데 (Gutta-percha: 6.14 mm Al, Dentin: 0.81 mm Al), 이를 기준으로 하면 amalgam, AH 26, Sealapex는 Gutta-percha보다 방사선 불투과성이 더 높았고, IRM, MTA는 유사하였으며, Super EBA, Tubli-Seal, Dyract, Fuji II LC는 더 낮은 방사선 불투과성을 나타내었다 ($P < 0.01$). Gutta-percha와 비슷한 정도의 방사선 불투과성을 지니는 IRM, MTA의 경우 치근단 역충전 시에 근관 충전물질인 gutta-percha와 구별하기가 어려울 것으로 사료된다.

Super EBA는 강화형 ZOE 시멘트로서 강도가 크고 용해도가 낮으며 경화시간이 짧아지는 등의 물리적 성질이 개선된 재료이다. 우수한 치근단 밀폐력과 생체 친화력을 가지며, 유지놀 함유로 항균 작용을 가질 뿐만 아니라 본 실험 결과 충분한 방사선 불투과성을 지닌 것으로 여겨진다¹⁵⁻¹⁷⁾. IRM의 경우 5.89 mm Al의 방사선 불투과성을 지니고, 임상적으로 치근단 역충전재로 흔히 쓰이지만, 술후 방사선 사진상에서 주위 골과 중첩되는 경우 판별하기가 용이하지 않다. 그래서 amalgam alloy powder를 첨가하는 등 방사선 불투과성을 높이기 위한 여러 방법이 쓰인다. MTA의 경우 적절한 수준의 방사선 불투과성을 가지는데 이는 20%의 bismuth oxide가 첨가되어 있기 때문이다¹⁸⁾.

광중합형 글래스 아이오노머인 Fuji II LC와 컴포머인 Dyract는 두께에 상관없이 방사선 불투과성 정도가 가장 낮았다. Chong 등¹⁹⁾은 글래스 아이오노머를 절단된 상아질 면에 얇게 도포함으로써 개방된 상아세관을 폐쇄하고 세균의 침입을 막는다고 제안하였으나, 0.5, 1.0 mm 두께의

Fuji II LC와 0.5 mm 두께의 Dyract의 실험 수치에서 보여 지듯이 글래스 아이오노머뿐만 아니라 컴포머도 방사선 불투과성의 관점에서 보았을 때는 임상적으로 적절하지 않은 치근단 역충전재이다. 하지만 이 재료들은 치근단의 백악질을 침착시킨다는 면에서 생체친화성이 높기 때문에 이들의 방사선 불투과성을 높이려는 노력이 필요하다.

Aoyagi 등²⁰⁾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 있다⁸⁾.

Epoxy resin-based sealer인 AH 26의 경우, 치질에 대한 접착성과 혼합의 용이성, 그리고 양호한 봉쇄성 등으로 근관 충전시에 널리 사용되는데²¹⁾, 제조회사에 의하면 silver나 titanium dioxide 같은 방사선 불투과성을 나타내는 filler를 다량 함유하고 있어서 임상에서 얇은 두께로도 충분한 방사선 불투과성을 나타내게 된다. Calcium-hydroxide based sealer인 Sealapex의 경우 예전에 생체 친화성은 양호하나 방사선 불투과성이 낮은 근관전색제였으나^{22,23)}, 최근에 제조회사에서 bismuth trioxide를 첨가함으로써 임상적으로 적절한 방사선 불투과성(본 실험에서 1 mm 두께의 경우 6.9 mm Al)을 가지게 되었다²⁴⁾.

본 실험에서 근관 충전재와 치근단 역충전재의 두께에 따른 방사선 불투과성을 비교해 본 결과, amalgam을 제외하고는 두께가 증가할수록 방사선 불투과성 (mm Al)이 증가하는 양상을 나타내었고 정확한 비례관계는 나타내지 않았다. Amalgam의 경우 방사선 불투과성이 너무 높아서 두께에 따른 차이를 나타내지 못하는 것으로 사료된다. Shah 등²⁵⁾은 임상적으로 치근단 역충전재의 방사선 불투과성은 3 mm Al 이상이 되어야 하지만, amalgam처럼 너무 높은 경우 gutta-percha와 같이 쓰일 때 불충분한 충전 상태를 가리기 때문에 gutta-percha(본 실험에서 1 mm 두께의 경우 6.14 mm Al) 정도가 이상적이라고 하였다.

근관 충전과 치근단 역충전의 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 된다²⁶⁾. 또한 골밀도, 치근단 병소의 범위, 치근단 절제의 정도, 혼합시 분액비의 다양성, 방사선 필름의 현상과 정착과정의 오류 등이 근관 충전재와 치근단 역충전재의 방사선학적 관찰에 영향을 주기도 한다²⁷⁾. Orfali 등²⁸⁾은 서로 다른 근관 충전용 sealer들의 표준화된 방사선 불투과성이 두께에 따라 달라지며, 특히 임상

서와 같이 얇은 경우 그 차이가 두드러진다고 하였다. 이렇게 실험적인 수치를 임상적인 수치로 나타내는 것은 매우 복잡하다.

근관 충전재와 치근단 역충전재의 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

- 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.
- Gutmann JL, Harrison JW. Surgical Endodontics. St. Louis, MO : IEA Inc., 1994.
- Eliasson ST, Haasken B. Radiopacity of impression materials. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 47:485-491, 1979.
- American National Standards Institute/American Dental Association (ANSI/ADA). Specification No. 57: endodontic sealing materials. 2nd draft (revision). Chicago: American Dental Association; 1999.
- International Organization for Standardization (ISO) 6876:2001, Geneva, Switzerland. Dental Root Canal Sealing Materials.
- Tagger M, Katz A. A standard for radiopacity of root-end (retrograde) filling materials is urgently needed. *Int Endod J* 37:260-264, 2004.
- ISO : DP 4049 Dental resin based restorative materials. International standards organization (draft proposal) Clause 6:10, 1985.
- Grossman LI, Oliet S, Del-Rio CE. Endodontic practice. Philadelphia : Lea & Febiger, 1988.
- Orlay HG. Overfilling in root canal treatment. Two accidents with N2. *Br Dent J* 120:376, 1966.
- Abou-Tabl ZM, Tidy DC, Combe EC. Radiopacity of composite restorative materials. *Br Dent J* 147:187-188, 1979.
- Beyer-Olsen EM, Ørstavik D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 51:320-328, 1981.
- Kaffe I, Littner MM, Tagger M, Tamse A. Is the radiopacity standard for gutta-percha sufficient in clinical use? *J Endod* 9:58-59, 1983.
- 배광식, 엄정문. 근관충전용 시멘트의 방사선 불투과성에 관한 연구. *대한치과보존학회지* 18:133-143, 1993.
- Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials : effects of blood contamination. *J Endod* 20:159-163, 1994.
- Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral Trioxide Aggregates as a root end filling material. *J Endod* 22:575-578, 1996.
- Dorn SO, Gartner AH. Retrograde filling materials : A retrospective success failure study of amalgam, EBA, and IRM. *J Endod* 16:391-393, 1990.
- Yaccino JM, Walker III WA, Carnes DL Jr, Schindler WG. Longitudinal microleakage evaluation of Super-EBA as a root end sealing material. *J Endod* 25:552-554, 1999.
- Dammaschke T, Gerth HU, Zuchner H, Schafer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 21:731-738, 2005.
- Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF. Light-cured glass ionomer cement as a retrograde root seal. *Int Endod J* 26:218-224, 1993.
- Aoyagi Y, Takahashi H, Iwasaki N, Honda E, Kurabayashi T. Radiopacity of experimental composite resins containing radiopaque materials. *Dent Mater J* 24:315-320, 2005.
- 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.
- 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.
- Shah PM, Chong BS, Sidhu SK, Ford TR. Radiopacity of potential root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 81:476-479, 1996.
- 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.
- 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.
- Orfali S, Lilley JD, Molokhia A. The radiopacity of some endodontic sealer cements. *J Dent Res* 66:876, 1987.

국문초록

근관 충전재 및 치근단 역충전재의 방사선 불투과성에 관한 비교 연구

김용상 · 김서경 · 황윤찬 · 황인남 · 오원만*

전남대학교 치의학전문대학원 보존학교실, 치의학 연구소, BK21

본 실험에서는 다양한 방사선 노출 조건에 따른 aluminum step wedge에 대한 광학 밀도를 알아보고, 그 중 적절한 노출조건을 선택하여 수종의 근관 충전재와 치근단 역충전재의 방사선 불투과성 정도를 평가, 비교하였다.

방사선 불투과성의 기준을 위해 11개의 step으로 구성된 aluminum step wedge를 제작하여, 60 kVp, 70 kVp 관전압 상태에서 각각 0.2, 0.3, 0.4초와 0.2, 0.3, 0.33초의 노출시간으로 교합 필름상에서 방사선 촬영 후 적절한 노출조건을 구하였다. 직경 5 mm, 각각의 두께 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm인 10종 (Gutta-percha, amalgam, Super EBA®, MTA, IRM®, Fuji II LC, Dyract® AP, AH 26®, Sealapex™, Tubli-Seal™)의 근관 충전재와 치근단 역충전재 시편을 각 재료와 두께당 10개씩 제작한 후, 동일한 두께의 상아질 시편, aluminum step wedge와 함께 정해진 노출조건에 따라 방사선 촬영을 하였다. 모든 필름은 자동현상기로 현상하였다. 시편의 흑화도를 densitometer (Model 07-443, Victoreen Inc, Cleveland, Ohio, USA)로 5회 반복 측정 후, 평균값을 구하여 회귀분석 후 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 0.5 - 2.5 사이여야 한다는 ISO No. 6876 규격에 가장 적합한 것은 60 kVp, 0.2초일 경우였다.
2. 측정된 근관 충전재와 치근단 역충전재들의 방사선 불투과성 모두 ISO No. 4049 규격에 적합하였다.
3. 광중합형 글래스 아이오노머 (Fuji II LC)와 컴포머 (Dyract)를 제외하고는 ANSI/ADA specification (2000) 또는 ISO No. 6876 (2001)규격이 제시한 최소한 3 mm Al 이상의 방사선 불투과성을 지녀야 한다는 규격에 적합하였다.

이상의 결과는 본 실험에 사용된 수종의 근관 충전재와 치근단 역충전재 중 Fuji II LC와 Dyract를 제외하고 모두 규격에 적합한 방사선 불투과성을 가지고 있음을 시사한다.

주요어: 방사선 불투과성, Aluminum step wedge, 근관 충전재, 치근단 역충전재