

1

수종의 수산화칼슘 근관 칩약제와 레진계 근관 실러의 사용 후 통증 발생 빈도에 관한 연구

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

곽 상 원, 김 현 철*

ABSTRACT

Comparison of the Frequency of Pain Occurrence by Using Different Calcium Hydroxide Pastes and Root Canal Sealers

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University, Dental Research Institute
Sang Won Kwak, Hyeon-Cheol Kim*

Objectives: This study aimed to compare the postoperative pain and clinical performance after applying three different intracanal medicaments and root canal sealers. **Materials and Methods:** Sixty-five patients requiring root canal treatment due to symptomatic apical periodontitis were included in this study. After a glide path preparation by using PathFile, each canal was shaped with ProTaper Next file system. After the canal cleaning and shaping procedure, the canal was dried and each intracanal medicaments were adjusted (Calcipex II, TRC-paste, Metapaste). At the next visit, the patients were requested to answer the absence of the pain after the procedure. Once the patients showed no symptom, the canal was obturated with each corresponded root canal sealers (AH plus, Radic-sealer, ADseal). The patients were recalled after 1 week, 1, 3, and 6 months to check the postoperative pain or unexpected clinical signs. One-way ANOVA and Duncan's post hoc comparison, and Chi-square test were used for statistical analysis to evaluate any differences among tested materials. **Results:** The average number of visits for intracanal medication was 2.69, 2.65, and 2.61 for Calcipex II, TRC-paste, and Metapaste. There were no statistically differences in post-obturation pain among three groups obturated with different root canal sealers ($P > 0.05$). **Conclusions:** Under the limitations of this study, three tested intracanal medicaments and epoxy resin root canal sealers showed clinically acceptable similar results.

Key words : Intracanal medicaments; Calcium hydroxide; Root canal sealers; Epoxy resin sealer; Postoperative pain

Corresponding Author

Hyeon-Cheol Kim, DDS, MS, PhD, Professor

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Pusan National University

Geumo-ro 20, Mulgeum, Yangsan, Gyeongnam, 50612, Korea

Tel : +82-55-360-5222, e-mail : golddent@pusan.ac.kr

Acknowledgement : This work was supported by Pusan National University Research Grant, 2015. The authors have no financial affiliations related to this study or its sponsors.

I. 서론 및 연구 목적

성공적인 근관 치료를 위해서는 근관계의 적절한 세정과 성형, 그리고 충전 과정이 필수적이다. 근관의 소독을 얻는데 기계화학적 근관 성형이 매우 중요한 역할을 하지만, 근관 성형 기법 및 근관계의 복잡함으로 인하여 완벽한 미생물의 제거는 어렵다²⁾. 괴사된 치수를 가지는 치아의 근관 치료 시, 잔존하는 세균은 환자가 재내원하기 전까지 근관계 내에서 다시 증식할 수 있으며, 이를 방지하기 위하여 근관내 접착제를 사용하고 있다³⁾. 근관내 접착제로서 수산화칼슘(Calcium hydroxide)은 우수한 항균성과, 경조직 형성 유도 능력 등을 가져 가장 널리 사용되고 있다⁴⁾. 수산화칼슘이 소량 정출 되었을 시 일반적으로 흡수된다는 보고가 있으나⁵⁾, 여전히 정출된 수산화 칼슘에 의한 신경 손상, 치유 반응의 지연, 치근단 조직에 잔존이 문제시 되며^{5, 6)}, 근관내 접착제의 사용은 근관 내에 한정되어야 한다.

근관을 삼차원적으로 폐쇄시키는 것은 잔존하는 미생물을 밀봉하고, 치관부 및 근단부 밀폐를 통하여 근관의 재감염을 방지하는 것을 목표로 한다⁷⁾. 근관 충전을 위해서는 근관의 대부분을 채우는 반고형 또는 고형 물질을 주충전재로 사용하고, 주충전재의 근관 밀폐를 돕기 위하여 실러(sealer)가 사용되고 있다. 근관 충전용 실러는 근관 내에서 거타파차에 의해 폐쇄될 수 없는 공간, 즉 근관 벽과 근관 충전재 사이의 불규칙성과 미세 공간을 채워주며⁸⁾, 근관 충전 재료가 근관계로 잘 유도되도록 윤활제 역할을 한다⁹⁾.

근관 충전용 물질은 근관계 내에 한정해서 사용되어야 한다. 그러나, 충전 과정 동안 주의를 기울인다고 할지라도, 실러 성분이 치근단을 넘어 침투할 위험성이 존재하며, 결과적으로 적절한 소독을 얻었다고 할지라도, 근관 치료의 실패를 야기할 가능성이 있다¹⁰⁾. 근관 충전 재료의 치근단 조직으로의 정출은 foreign body reaction, flare-up 뿐만 아니라 슬루 통증

과도 연관되어 있다^{11, 12)}. 게다가, 정출된 실러의 장기간 치근단 조직과의 접촉 가능성을 고려해보면, 근관 충전 재료는 우수한 물리 화학적 성질뿐만 아니라 생체 적합성도 좋아야 한다^{13, 14)}. 실제 임상에서, 실러는 혼합 후 즉시 근관계 내에 주입된다. 그러나, 경화 후의 지속적인 화학반응에 의해 만들어지는 유해 성분에 의한 독성도 고려하여야 하며, 이러한 독성 작용은 조직 자극뿐만 아니라 치근단 조직의 치유를 방해할 수도 있다^{15, 16)}.

AH plus(Dentsply Sirona, Konstanz, Germany)는 기존의 AH 26(Dentsply)의 장점을 계승하면서 formaldehyde의 방출과 치아를 변색시키는 경향을 제거하여 제조되었다¹⁷⁾. 낮은 용해도와 높은 방사선 불투과성을 특징으로 하며¹⁸⁾, AP plus의 주요한 구성성분인 epoxy resin amine의 중합 반응에 기초하여 적절한 apical seal을 제공한다¹⁹⁾. 경화 후 formaldehyde를 방출하지 않고²⁰⁾, 장기간 체적 안정성 및 낮은 용해성으로 인하여 근관 충전용 실러의 “gold standard”로 여겨지고 있다²¹⁾. 국내에서 생산되는 ADseal(Meta Biomed, Cheongju, Korea)과 Radic-Sealer(KM corp, Seoul, Korea)는 AH plus와 동일한 epoxy resin계 실러로써, 이 실러의 특성에 대한 연구가 드물다.

Paste 타입의 근관내 접착제는 근관내 적용시 정확한 길이 조절이 어려우며, 근관 충전용 실러 또한 근관계 내에 한정하여 사용한다 하더라도, 충전 재료의 가압 시에 치근단으로 정출될 가능성이 있다. 이러한 실러의 정출은 염증 반응을 자극하고 감각 뉴런을 활성화시켜, 근관 치료후 통증을 야기할 수 있다^{13, 14)}.

따라서 본 연구의 목적은 서로 다른 수산화 칼슘 제재인 Metapaste(Meta Biomed, Cheongju, Korea), TRC-paste(KM, Seoul, Korea), 또는 Calcipex II(Nippon Shika Yakuhin Co., Ltd., Yamaguchi, Japan)를 이용하여 근관내 접착 과정을 거친 후, 각 제조사별로 대응하는 국산 epoxy

resin계 실러인 ADseal과 Radic-Sealer, 및 실러의 gold standard로 여겨지고 있는 AH plus를 이용하여 근관 충전을 하였을 때 임상 적용 결과를 평가하고 통증의 발생 유무를 비교하였다.

II. 연구 방법

본 연구는 2014년 8월부터 2015년 9월에 부산대학교 치과병원을 내원한 환자를 대상으로 한 전향적 무작위 비교 임상 연구로, 부산대학교 치과병원 연구윤리위원회(IRB) 심의를 통과하였다(PNUDH-2014-002-MD). 모든 연구에 참여하는 환자는 사전 동의를 받았으며, 모든 근관 치료의 과정은 부산대학교 치과병원 치과보존과에서 시행되었다.

급성 또는 만성 치근단 치주염으로 진단된 임상적으로 자각 증상이 있는 치아를 임상 연구의 지정 대상으로 하였다. 치근단 질환을 동반하지 않는 급성 또는 만성 치수염을 보이는 치아, 급성 치조 농양으로 진단된 치아, 치수강 및 근관의 석회화가 진행된 치아, 3도 이상의 동요도를 나타내는 치아, 균열 또는 파절을 동반한 치아, 방사선 사진상 외흡수 양상을 보이는 치아, 전신질환 중 치유력에 영향을 줄 수 있는 질환(예: 중증당뇨)을 가진 환자는 실험에서 제외하였다. 환자의 나이는 전연령을 대상으로 하였으며, 65명의 환자 70개의 치아가 대상으로 적용되었다.

피험자 참여에 동의하는 환자에 한정하여 필요한 경우 국소 마취를 하고, 근관 치료를 하였다. 리버덴 장착 하에 술식을 진행하였으며, 근관장 측정 후 glide path를 PathFile(Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland)로 형성하고, ProTaper Next file system(Dentsply)을 이용하여 근관 성형을 시행하였다. 파일 크기 X3로 근관 확대 후에도 적절한 성형 및 근단부 받침을 얻을 수 없다고 판단된 경우, X4 크기까지 근관 성형을 하였다. 각 파일의 사용 사이에는

Passive ultrasonic irrigation 방법으로 10ml 이상의 NaOCl을 사용하여 충분한 세척을 시행하였다. 1회 내원에서 각 이환치에 대하여 모든 근관의 근관 형성을 시행하였으며, 피험 그룹에 따라서 시험군과 대조군을 사용될 실러의 종류에 따라 임의로 세 그룹으로 나누어 순차적으로 배정하고 맹검 시험(blind test)을 시행하였다.

근관 내부는 페이퍼포인트로 건조 후 Calcipex II, TRC-paste 혹은 Metapaste로 침착하였다(Figure 1). 수산화칼슘 제제의 침착은 시린지 제품을 사용하여 근관내에 꽉 끼지 않은 상태로 시린지 팁을 적용한 후, 후퇴하면서 근관 입구까지 주입하여 침착하였다. 근관 침착 1주일 후 환자가 재내원하였을 때, 내원 기간 동안 통증 발생의 유무와 내원 시 타진 및 촉진에 대한 반응을 평가하였다. 자발통 또는 타진 및 촉진에 통증이 존재하는 경우, 근관 세척 및 침착제의 적용을 증상이 소실될 때까지 반복하였다.

환자의 임상 증상이 완전 사라진 것을 확인하였을 때, 근관 충전을 시행하였다. 충전에 사용할 거타퍼차의 선택을 위해 cone fit을 확인하고 근관장보다 0.5mm 짧게 삽입이 되면서 근관에 끼는 느낌이 드는 주콘(master cone)을 선택하였다. 충전 전 17% EDTA를 사용하여 근관 내 도말층을 제거하고 근관을 페이퍼포인트로 건조시켰다. 주콘의 팁에 세 가지의 근관 충전 실러를 문혀서 근관 내에 도포하는 과정을 2회 반복하고 주콘을 시적한 위치까지 삽입한 후 continuous wave of condensation technique으로 충전하였다.

피험 환자는 근관 충전 1주, 4주, 3개월, 그리고 6개월 후에 추적 검사하였으며, 검사 기간 동안 자각적 증상의 유무, 내원 당시 타진 및 촉진에 대한 평가를 시행하여 통증 발생 유무를 기록하였다. 추적 검사 기간 중 한번이라도 통증을 호소하면 시기에 관계 없이 통증이 있는 것으로 판단하였다. 세가지 그룹간 근관 내 침착제 교체 횟수를 one-way analysis of

Group 1: TRC-paste and Radic-sealer (Fig. 1 a and A)
 Group 2: Metapaste and ADseal (Fig. 1 b and B)
 Group 3: Calcipex II and AH plus (Fig.1 c and C)



Fig. 1. Calcium hydroxide intracanal medicaments (a. TRC-paste; b. Metapaste; c. Calcipex II) and epoxy-resin based root canal sealers (A. Radic-Sealer; B. ADseal; C. AH Plus) used in this study.

variance (ANOVA) 및 Duncan 사후 검정을 이용하였고, 또한 그룹간에 통증의 유무에 대한 빈도의 차이에 대해 조사하기 위하여 chi-square test를 이용하여 95% 신뢰 수준으로 통계분석 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

총 65명의 환자(70개의 치아)가 연구에 포함되었다. 이중 9명의 환자(9개의 치아)가 재내원하지 않거나, 치료 도중 치료 계획이 바뀌어 총 61개(87.14%)의 치아를 근관 충전 후 6개월 후까지 추적 검사하였다(Table 1).

각 치아당 평균 침약 횟수는 Calcipex II, TRC-paste, MetaPaste 적용 치아에 대하여 각각 2.69 ± 0.93 회, 2.65 ± 1.19 회, 2.61 ± 0.86 회였다(Table 1). Calcipex II 적용 치아는 전체 26 증례였으며, 이중 AH plus 적용 치아는 24 증례로 감소되었고, 추적 검사에서 20 증례(83.33%)에서 무증상을 나타내었다. 반면, TRC-paste 적용 치아는 23 증례였으며, 이 그룹에서 Radic-sealer를 적용한 치아는 19 증례로, 이중 16 증례(84.21%)에서 아무런 증상을 호소하지 않았다. MetaPaste 적용 치아는 전체 21 증례였으며, 이 후 ADseal 적용 치아는 18 증례로, 추적 검사중 14건(77.78%)에서 무증상을 나타내었다(Table 1, Fig. 2).

Table 1. Summary of total number of treated cases in each groups

	Total number of treated tooth	Average number of intracanal medication	Total number of cases with post-obturation pain / obturated cases
Calcipex II / AH plus	26	2.69 ± 0.93	20/24
TRC-paste / Radic-sealer	23	2.65 ± 1.19	16/19
Metapaste / ADseal	21	2.61 ± 0.86	14/18

There were no statistically differences in post-obturation pain among three groups obturated with different root canal sealers ($P > 0.05$).

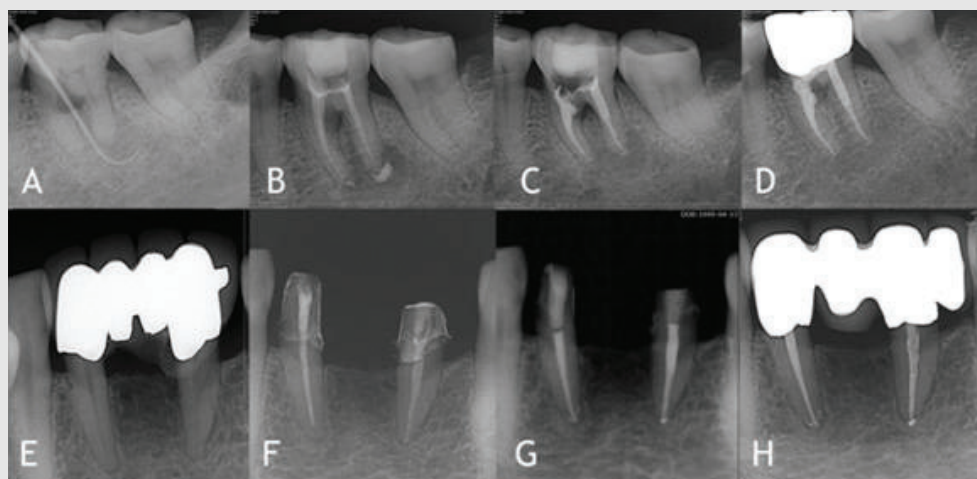


Fig. 2. Representative radiographs of the 3 groups using different calcium hydroxide intracanal medicaments and root canal sealers. A to D: #36 using TRC-paste and Radic-Sealer (Group 1), E to H #42 using Metapaste and ADseal (Group 2) and #32 using Calcipect II and AH plus Group (Group 3) (A and E: preoperative radiographs, B and F: postoperative radiographs of intracanal medicaments treatment and B shows over filled medicaments, C and G: postoperative radiographs of canal filling and three groups shows apical puff of root canal sealer. D and H: 6 months follow-up radiographs showing periapical healing.

근관내 첩약제에 대해, 각 그룹간의 평균 첩약 횟수는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 수산화칼슘 첩약제의 충전 후 환자가 통증을 나타내는 빈도에 대한 통계학적 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). Chi-square test에서 각 그룹 간 근관 충전 후 추적 검사에서도 통증의 통계학적 유의한 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$).

IV. 연구 고찰

근관 치료의 가장 기본이 되는 원칙은 근관계로부터 감염원과 감염조직을 제거하고 근관을 완전하게 밀폐하여 재감염을 막는 것이다⁷⁾. 임상에서 근관 첩약제의 사용은 감염 근관의 치료에서 첫 근관 성형 및 세척 과정 동안 다 제거하지 못한 근관 감염원의 조절을 위해 사용하고, 그럼에도 불구하고 완벽하게 제거되지 못하는 극소수의 세균들은 근관 충전 실러를 포함한 3차

원적 근관 충전으로 밀폐하여 더 이상 증식하지 못하도록 한다.

본 연구는 비교적 최근 소개된 수산화칼슘 근관 첩약제 TRC-paste와 근관 충전 실러인 Radic-sealer를 기존의 대표적 제품과 비교하여 환자에게 적용한 후 특별한 반응이나 통증의 발생 여부 등을 비교 검토하였다.

근관 첩약이나 충전 후의 통증은 일반적으로 나타날 수 있는 현상이며, 대부분 일시적이다. 충전 후 통증과 관계되는 요소로는, 술전 통증의 유무, 감염, 재치료, 근관내 첩약제의 종류, 치근단 조직의 손상 정도 등과 관계 있다²²⁾.

이러한 임상 시술과 관련한 증상이나 통증에 대한 연구의 한계점은 통증을 느끼는 역치가 사람마다 다르고 주관적이며, 그 측정법이 주관적일 수 있다는 것이다. 이런 관점에서 볼 때, 환자에게 정확히 통증에 대해 정의해 주는 것이 임상시험 전 중요하다. 또한 많은 연구에서 간단한 verbal categorization을 이용하

여 통증의 정도를 없거나, 약한(mild), 중등도의(moderate), 심한(severe) 단계로 나누어 기록하기도 하지만, 이번 연구에서는 단순히 통증의 유무만 검토하였다.

이번 연구에 사용된 모든 수산화칼슘 접착제는 수용성 수산화칼슘 제재이며 실리는 epoxy resin계 실리로 통일하였다. 시술 후 나타나는 통증은 환자에게 수산화칼슘 접착제를 임시 충전한 후 다음 내원에 조사하였고, 또한 근관 충전 후, 근관 충전 1주, 4주, 3개월, 6개월 후에 각각 평가 되었다. 연구 결과 각 근관 내 접착제와 실리 그룹간 그리고 시간 경과에 따른 통증의 유의한 차이가 발견되지 않았다.

수산화칼슘은 근관치료 과정에서 항균작용을 나타내며, 생체 적합성이 우수하여 근관내 접착제로 널리 이용되고 있다. 이번 임상 시험에 사용된 Calcipex II는 현재 가장 널리 사용되고 있는 수산화칼슘 계열의 근관내 접착제이며, 유지놀과 파라포름알데하이드와 같은 신경독성을 야기할 수 있는 성분을 포함하고 있지 않으며 수용성 paste 타입으로 사용된다²³⁾. 그러나, 수산화칼슘의 정출시, 체내에서 완전히 분해되지 않고 장기간 잔존할 수 있는 가능성이 제기되기도 하였다²⁴⁾. 또한 높은 pH에 의한 조직에의 화학적인 독성이 여전히 문제로 남아 있으며, 하치조관의 내부로 들어간 환자에게 수산화칼슘 제재에 의한 감각 기능 마비나 저하가 보고되기도 하였다^{25, 26)}.

근관치료용 실리의 사용은 복잡한 근관계 내에서 거타퍼차와 함께 근관계의 3차원적인 폐쇄를 위해 필수적인 요소로 알려져 있다. 이상적인 근관 충전용 실리의 특성은 Grossman에 의해 처음 제시되었으며, 우수한 근관 폐쇄 능력, 근관 벽과 충전 재료 사이의 접촉성, 방사선 불투과성, 적절한 작업시간, 항균성, 조직액에 불용해성, 생체적합성 등을 포함한다²⁷⁾. 현재까지 이 모든 특성을 만족시키는 근관충전용 실리는 개발되지 않았으며, 화학적인 조성에 기반하여 zinc oxide eugenol, calcium hydroxide, epoxy

resin, bioceramic glass 등의 그룹으로 나누어 분류하고 있다. 임상적으로 사용 가능한 실리 중, epoxy resin을 포함하는 실리는 몇몇 연구에서 세포독성 및 심각한 염증반응이 보고되기도 하였지만²⁸⁾, 체적 안정성과 흡수에 대한 저항성등 우수한 물리화학적 성질로 널리 이용되고 있다²⁹⁾.

근관 충전용 실리는 근관 내의 미세 간극이나 부근관으로 잘 흘러 들어가야하며, 근관계의 폐쇄에 필수적인 역할을 한다³¹⁾. 이러한 실리의 흐름성은 실리의 구성 성분이나, 입자의 크기, 온도, 혼합 시간 등에 영향을 받는다³¹⁾. 실험실 연구에서 사용된 세 가지 레진계 실리의 흐름성에서는 크게 차이가 보이지 않았다. 이번 실험에 사용된 세 가지 epoxy resin계 실리의 기계화학적 성질을 비교한 Lee 등의 실험실 연구에서 국내에서 생산된 Radic-sealer와 ADseal은 임상적으로 수용할만한 물리화학적 특성을 나타내었으며 AH plus와 유사한 물리적 성질을 나타내었다³²⁾. 세 가지 실리의 용해도나 체적 안정성 역시 유의한 차이 없이 유사한 성질이 관찰되었다³²⁾.

임상적으로 이번 연구에서 세가지 실리를 적용하는데 있어서, 흐름성 부족 등으로 인한 기포의 형성은 모든 충전된 근관에서 발견되지는 않았다. 반대로 과도한 흐름성이나 충전과정에서 가압에 의한 정출은 간혹 발생하였다(Fig. 2C, G). 근관 치료용 실리의 정출은 치근단 조직의 변성(tissue degeneration)이나 지연된 치유 반응과 같은 부정적인 영향을 미칠 수 있다³⁰⁾. 따라서 이러한 정출을 막기 위해 임상가는 여러 가지 노력을 할 필요가 있다. 또한 잘 충전된 결과물처럼 보일지도 모르지만, 근관 충전용 실리로부터의 용해 물질이나 변성된 산물이 근단공 밖으로 유출되어, 치근단 조직에 영향을 미치고 술후 통증을 미칠 수 있는 가능성이 존재한다. 따라서 생체적합성(biocompatibility)은 재료를 선택하는데 있어서 물리화학적 성질과 더불어 중요한 요구 조건이다.

이번 임상 연구의 조건 내에서 비교 시험된 세 가지

수산화칼슘 근관 칩약제와 레진계 실러 모두 임상적으로 특이한 반응이나 후유증을 포함한 증상이 없이 수용할만한 결과를 나타내었다.

본 실험은 수산화칼슘의 칩약에 따른 단순 통증 발현 여부와 근관 충전 후 6개월 경과 관찰을 통한 각 실

러 간의 임상적인 수행 능력을 비교하여, 장기적인 임상 경과 평가에는 다소 한계가 존재하며, 임상적 결과 관찰이나 흡수의 발생 여부에 대한 평가 등에 대해 더욱 장기간 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- Marsh SJ, Largent MD. A bacteriological study of the pulp canals of infected primary molars. *J Dent Child* 1967; 34(6): 460-70.
- Blome B, Braun A, Sobarzo V, Jepsen S. Molecular identification and quantification of bacteria from endodontic infections using real-time polymerase chain reaction. *Oral Microbiol Immunol* 2008; 23(5): 384-90.
- Manzur A, Gonz?lez AM, Pozos A, Silva-Herzog D, Friedman S. Bacterial quantification in teeth with apical periodontitis related to instrumentation and different intracanal medications: a randomized clinical trial. *J Endod* 2007; 33(2): 114-8.
- Siqueira JF Jr, Rocas IN. Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: a quest for predictability. *Aust Endod J* 2011; 37(3): 92-8.
- Orucoglu H, Cobankara FK. Effect of unintentionally extruded calcium hydroxide paste including barium sulfate as a radiopaquing agent in treatment of teeth with periapical lesions: Report of a case. *J Endod* 2008; 34(7): 888-91.
- Vernieks AA, Messer LB. Calcium hydroxide induced healing of periapical lesions: A study of 78 non-vital teeth. *J Br Endod Soc* 1978; 11(2): 61-9.
- Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967; 723-44.
- Gatewood RS. Endodontic materials. *Dent Clin North Am* 2007; 51(3): 695-712.
- Ardila CN, Wu MK, Wesselink PR. Percentage of filled canal area in mandibular molars after conventional root-canal instrumentation and after a noninstrumentation technique (NIT). *Int Endod J* 2003; 36(9): 591-78.
- Jacob GM, Kumar A, Varughese JM, Varghese NO, Hari Krishna Varma PR, Komath M. Periapical tissue reaction to calcium phosphate root canal sealer in porcine model. *Indian J Dent Res* 2014; 25(1): 22-7.
- Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2004; 15(6): 348-81.
- Oliet S. Single-visit endodontics: a clinical study. *J Endod* 1983; 9(4): 147-52.
- Baraba A, Zeljezic D, Kopjar N, Mladinic M, Anic I, Miletic I. Evaluation of cytotoxic and genotoxic effects of two resin-based root-canal sealers and their components on human leucocytes in vitro. *Int Endod J* 2011; 44(7): 652-61.
- Mestieri LB, Gomes-Cornelio AL, Rodrigues EM, et al. Biocompatibility and bioactivity of calcium silicate-based endodontic sealers in human dental pulp cells. *J Appl Oral Sci*. 2015; 23(5): 467-71.
- Chang MC, Lin LD, Chen YJ, et al. Comparative cytotoxicity of five root canal sealers on cultured human periodontal ligament fibroblasts. *Int Endod J* 2010; 43(3): 251-7.
- Rodriguez-Lozano FJ, Garcia-Bernal D, Onate-Sanchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Forner L, Moraleda JM. Evaluation of cytocompatibility of calcium silicate-based endodontic sealers and their effects on the biological responses of mesenchymal dental stem cells. *Int Endod J* 2017; 50(1): 67-76.
- https://www.dentsply.com/content/dam/dentsply/pim/manufacture/Endodontics/Obturation/Sealers/AH_Plus____AH_Plus_Jet/AH-Plus-akx2gja-scientific-en-1402. Accessed at 2018/1/22.
- Flores DS, Rached FJ Jr, Versiani MA, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Pecora JD. Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *Int Endod J* 2011; 44(2): 126-35.
- De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J* 2000; 33(1): 25-7.
- Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT, Santana da Silva. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88(2): 221-5.
- Brackett MG, Martin R, Sword J, et al. Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod* 2006; 32(12): 1188-90.
- DiRenzo A, Gresla T, Johnson BR, Rogers M, Tucker D, BeGole EA. Postoperative pain after 1-

참 고 문 헌

- and 2-visit root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93(5): 605-10.
23. Serper A, Ucer O, Onur R, Etikan I. Comparative neurotoxic effects of root canal filling materials on rat sciatic nerve. *J Endod* 1998; 24(9): 592-4.
24. Ahlgren FK, Johannessen AC, Hellem S. Displaced calcium hydroxide paste causing inferior alveolar nerve paraesthesia: report of a case. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96(6): 734-7.
25. Byun SH, Kim SS, Chung HJ, et al. Surgical management of damaged inferior alveolar nerve caused by endodontic overfilling of calcium hydroxide paste. *Int Endod J* 2016; 49(11): 1020-9.
26. Brodin P. Neurotoxic and analgesic effects of root canal cements and pulp-protecting dental materials. *Endod Dent Traumatol* 1988; 4(1): 1-11.
27. Grossman L. Obturation of root canal. In: Grossman L, ed. *Endodontic Practice*. 10th ed. Philadelphia, PA: Lea and Febiger; 1982: 297.
28. Huang FM, Chou MY, Chang YC. Induction of cyclooxygenase-2 mRNA and protein expression by epoxy resin and zinc oxide-eugenol based root canal sealers in human osteoblastic cells. *Biomaterials* 2003; 24(11): 1869-75.
29. Wolf M, Kupper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M. 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clin Oral Investig* 2014; 18(1): 155-61.
30. Tai KW, Huang FM, Chang YC. Cytotoxic evaluation of root canal filling materials on primary human oral fibroblast cultures and a permanent hamster cell line. *J Endod* 2001; 27(9): 571-3.
31. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod* 2013; 39(10): 1281-6.
32. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg Chem Appl*. 2017; Article ID 2582849:1-8.