

치수 괴사를 동반한 미성숙 영구치의 치수 치료

연세대학교 치과대학 치과보존학교실

이채환

ABSTRACT

The endodontic treatment for immature permanent teeth with pulp necrosis

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei university

Chachwan Lee

Root canal treatment of immature permanent teeth with pulp necrosis presents clinical difficulties due to wide root canals and apical foramen. In addition, there is a high risk associated with a potential cervical fracture due to the thin dentinal walls even after successful root canal treatment. Thus, a notion of continued root development of the immature tooth has continuously explored. Regenerative endodontic treatment (RET) provides a biological treatment approach based on regeneration and revascularization principles. Unlike conventional apexification, RET promotes the growth and development of immature roots and the healing of the periapical lesion via disinfection of the infected root canal system. Therefore, RET may provide a positive effect on the long-term prognosis of immature permanent teeth with pulp necrosis.

Key words : Immature teeth, Regenerative endodontics treatment, Tissue engineering.

Corresponding Author

Chaehwan Lee, DDS, MS,  <https://orcid.org/0000-0003-4268-0617>

Department of Conservative Dentistry, Yonsei University College of Dentistry, 50-1, Yonsei-Ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea

E-mail : nbahwan@g.ucla.edu

I. 서론

치수 과사를 동반한 미성숙 영구 치아의 근관 치료는 두가지 임상적 어려움을 갖는다. 넓은 근관을 효과적으로 성형 및 세척하기 어려운 점과 치료 후 얇은 상아질 두께로 인한 치경부 파절의 위험성이다¹⁾. 재생근관치료 (Regenerative endodontic treatment)는 조직 공학 (tissue engineering)의 원리를 기반으로 하여 상아질과 치근뿐만 아니라 치수-상아질 복합체의 재생을 목적으로 하는 새로운 치료 방법이다²⁾. 이는 치수가 과사된 미성숙 치아에서 치수의 기능적 회복과 치근의 성장을 이끌어내는 최적의 치료적 접근이라 할 수 있다³⁾. 증례들에 따르면 재생근관치료 후 치근단 염증의 치유 및 미성숙 치아의 치근단 성장과 근관 벽 두께의 증가가 보고되고 있다. 본 논문에서는 재생근관치료와 수산화칼슘을 이용한 치근단폐쇄술의 차이를 설명하고 임상가를 위한 재생근관치료의 임상적 술식을 알아보도록 하겠다.

II. 조직 공학의 3 요소

재생근관치료의 근간이 되는 조직 공학에는 3가지 핵심 요소가 있다.

1. 줄기 세포 (Stem cells)

줄기 세포는 지속적으로 분열하는 미분화 세포로 재생근관치료에서는 성인의 줄기세포를 이용하게 된다. 이를 성체 줄기 세포라 하며, 이는 자신과 같은 또 다른 세포를 분열시켜 생성 할 수 있고 (self-renewal) 또한 특정 세포로 분화할 수 있지만 (differentiation) 분화 능력은 배아줄기세포에 비해 제한적이다. 현재까지 여러 유형의 성체 줄기 세포가 치아와 치아 주변 조직에서 발견되었다(Fig. 1).

2. 스캐폴드 (Scaffolds)

스캐폴드는 세포의 증식과 분화를 돕는 조직 내의 세포 외 기질 (Extracellular matrix)의 역할을 대신한다⁴⁾. 재생

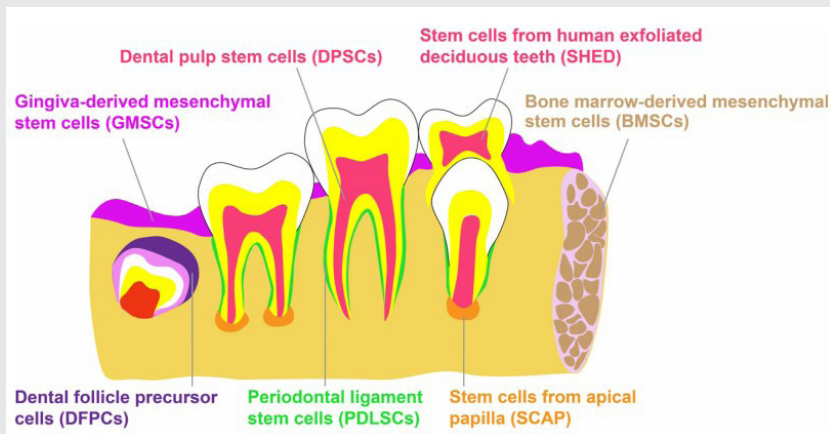


Figure 1. 치아와 치아주변조직의 중간엽 줄기세포²⁸⁾.

근관치료는 상아질과 혈전⁵⁾ 또는 platelet-rich plasma, platelet-rich fibrin⁶⁾을 스캐폴드로 활용한다. 그러나 천연 (콜라겐, 히알루론산) 또는 합성 (폴리락트산, 삼칼슘 인산, 하이드록시 아파타이트) 재료로 만든 여러 유형의 생분해성 또는 비분해성 스캐폴드 또한 사용이 가능하다^{7,8)}.

3. 성장 인자 (Growth Factors)

성장 인자는 세포의 수용체에 결합하여 세포 증식 및 분화를 유도하는 신호 역할을 하는 단백질이다²⁾. 치수 및 상아질 형성의 주요 성장 인자의 예로는 골 형성 단백질 (bone morphogenetic protein)⁹⁾, 종양 증식 인자 베타 (transforming growth factor-beta)¹⁰⁾, 및 섬유 모세포 성장 인자 (fibroblastic growth factor) 등이 있다¹¹⁾. 현재 재생근관치료는 혈소판⁶⁾과 상아질¹²⁾에서 발견되는 성장 인자를 활용하고 있다.

위의 세가지 핵심 요소가 함께 역할을 하여, 스캐폴드로 재현된 microenvironment 내에 미분화된 줄기세포가 성장 인자의 도움을 받아 의도한 방향으로 분화를 시작하여 원하는 조직을 얻어내는 것이 조직 공학의 목적이다.

III. 치근단폐쇄술 vs 재생근관치료

역사적으로 수산화칼슘이 치수 괴사를 동반한 미성숙 치아의 치근단 폐쇄를 유도하기 위해 사용되어왔다¹³⁾. 수산화칼슘을 이용한 치근단폐쇄술의 성공률은 95%까지 보고되지만 이는 몇 가지 임상적 단점을 갖는다¹⁴⁾. 첫째로 석회화 장벽 형성에 장기간의 시간이 필요하고 (3~24 개월)^{13~15)}, 둘째로 수산화칼슘의 재접착을 위해 여러 번 내원을 해야한다는 점, 그리고 장기간의 수산화칼슘 침착이 상아질의 기계적 특성에 부정적 영향을 미치

는 점이다^{16,17)}. 상아질에 미치는 부정적 영향에 대해서는 논란이 있지만, 한 연구에서 수산화칼슘에 노출된 상아질의 카르복실레이트 및 인산염 그룹의 변성이 보고되었고¹⁶⁾, 다른 연구에서는 미성숙 치아의 경우 수산화칼슘 침착시 가장 높은 치아파절 빈도를 보고한 바 있다¹⁾.

이와 같은 임상적 단점 때문에 수산화칼슘을 대체하여 Mineral trioxide aggregate (MTA)를 이용한 당일 치근단폐쇄술(single-visit apexification)이 새로운 대안으로 이용되어 왔다. MTA를 치근단 주위 조직에 인접하게 배치하여 apical plug로 활용하면 백악질과 같은 경조직의 형성을 유도하고 수산화칼슘을 이용한 치근단폐쇄술에 비해 치료 시간 단축과 환자 내원 횟수 감소의 이점을 갖는다^{18,19)}. MTA를 이용한 치근단폐쇄술의 경우 성공률은 94%로 보고되고 있다²⁰⁾. 그러나 두가지 치근단폐쇄술 모두 치근의 성장을 유도하지 않으며 미성숙 치아는 치경부 파절에 취약한 상태로 남게 된다.

이와 대조적으로, 재생근관치료는 치근의 성장을 유도하므로 장기적으로 더 양호한 예후를 보인다.

IV. 재생근관치료의 임상적 술식

재생근관치료는 최소 두 번 이상의 내원을 필요로 한다^{21,22)}. 다음은 현재 미국근관학회 (AAE)에서 권장하는 재생근관치료의 임상적 술식이다.

중요한 점은 치근단부의 출혈을 유도하여 스캐폴드를 생성할 경우 혈관 수축제가 없는 국소 마취제를 사용해야 한다는 점이다. 이를 통해 근단부에서의 출혈을 효과적으로 유도할 수 있다²³⁾.

치료 후 follow-up 중 지속되는 통증, 종창 또는 방사선투과도의 증가는 치료의 실패를 의미하며 치근단폐쇄술 또는 발치가 권장된다.

재생근관치료의 대표적인 성공 증례는 Song et al²⁴⁾과 Banchs and Trope⁵⁾의 증례보고에서 찾아볼 수 있

첫번째 내원

1. 국소마취 및 격리
2. 근관 세척 (근관당 1.5% NaOCl, 20ml, 5min 세척 후 근관당 17% EDTA, 20ml, 5min 세척): 줄기세포에 세포 독성을 최소화하기 위해 세척액의 치근단부 정출이 없도록 해야 한다.
3. 근관 건조 후 수산화칼슘이나 항생제 (예, Triple Antibiotics Paste) 사용.
* TAP를 사용하는 경우는 ciprofloxacin: metronidazole: minocycline 항생제를 1:1:1비율로 섞어 최종 농도가 1~5 mg/ml 가 되도록 한다.
4. 임시수복재료로 3-4mm 충전 (Cavit™, IRM™, GI, etc.)

두번째 내원 (1~4주 후)

1. 치아를 평가하여 임상적 증상이 있는 경우 근관 내 첩약 반복
2. 임상적 증상이 없는 경우 혈관 수축제가 없는 국소마취제(3% mepivacaine) 사용하여 국소마취 및 격리
3. 근관 세척 (17% EDTA, 20ml)
4. 근관 건조
5. 파일의 끝을 구부린 다음 치근단공을 2mm 정도 넘어가게 over-instrumentation을 시행하여 출혈을 유도한다.
혈병을 대신하여 platelet-rich plasma (PRP), platelet rich fibrin (PRF) 또는 autologous fibrin matrix (AFM) 도 사용 가능하다.
6. CEJ까지 출혈 유도
7. 필요한 경우 흡수성 막 (CollaPlug™, Collacote™, CollaTape™)을 혈병 위에 위치시킨 후 MTA로 수복 (3mm)
8. MTA 상방에 3-4mm GI 수복.
* MTA에 의한 변색을 방지하기 위해 전치부의 경우 MTA 대체제로 (Biodentine®, Septodont, Lancasted, PA, USA나 EndoSequence® BC RRM-Fast Set Putty, Brasseler, USA)를 사용할 수 있다.

다(Fig. 3).

치수 과사를 동반 한 미성숙 영구치에 대한 재생근관 치료의 임상 사례 연구의 대부분 긍정적인 임상 결과를 보여주었다(임상 징후 및 증상 없음, 치근단 병소의 치유, 지속적인 치근 발달 및 근관 벽 두께 증가)^{21,22,25}. 또한 재생근관치료 또는 치근단폐쇄술로 치료한 61개 미성숙 치아에 대한 후향적 연구에서도 재생근관치료시 치근단폐쇄술에 비해 치근 길이와 두께가 현저하게 증가하는 것으로 나타났다²⁶.

V. 결론

재생근관치료는 기존의 근관 치료에 새로운 방향을 제시해주고 있다. 조직 공학 및 생물학적 원리를 활용하여 치수 과사를 동반한 미성숙 영구치의 지속적인 치근 성장, 상아질 벽의 두께 증가 및 근단 폐쇄를 유도할 수 있다. 나이가 면역 반응과 함께 감각 뉴런을 통해 조직 손상 신호를 보낼 수 있는 치수-상아질 복합체의 재생을 향한 첫 임상 술식이라는 점에 의의가 크다. 이러한 임상적 발전은 근관 치료의 궁극적인 목표인 자연 치아를 보존하고 기능을 유지하는데 도움이 될 것이다.

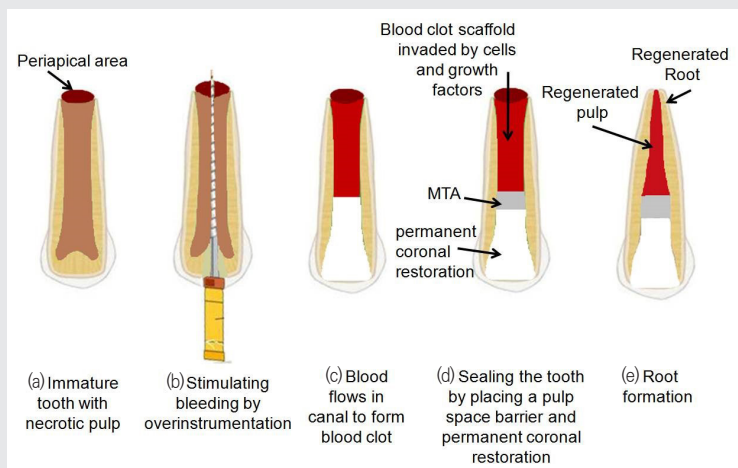


Figure 2. 재생근관치료의 개략적 술식²⁹⁾

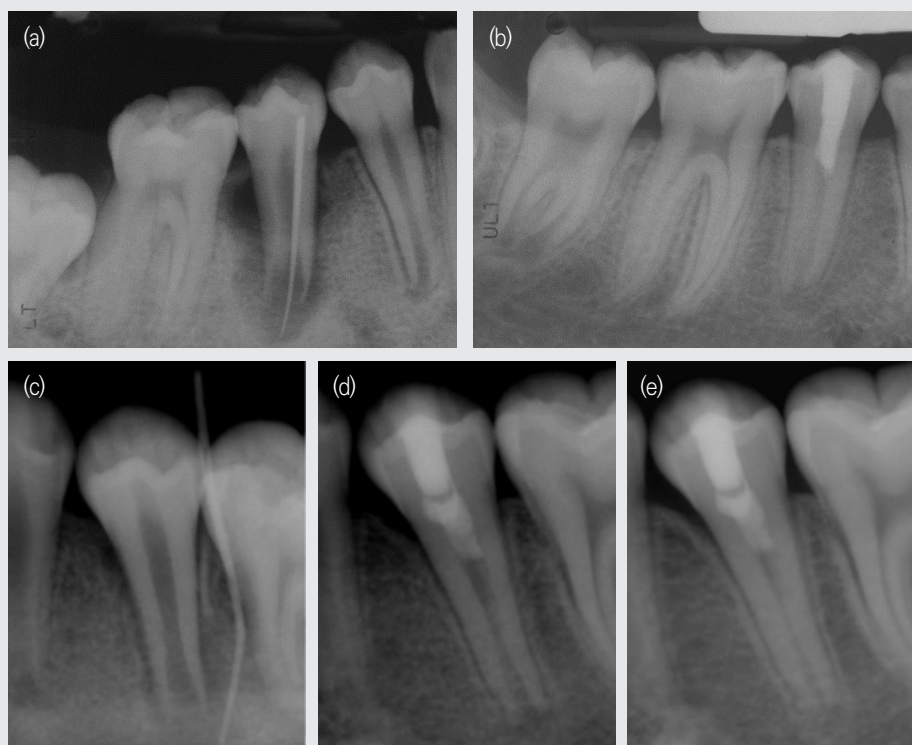


Figure 3. 재생근관치료 증례. a. Pre-op, b. 2-year follow-up⁵⁾, c. Pre-op, d. 6-month follow-up, e. 15-month follow-up²⁴⁾.

참 고 문 헌

1. Cvek M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol* 1992;8:45-55.
2. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod* 2007;33:377-90.
3. Hargreaves KM, Giesler T, Henry M, et al. Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *J Endod* 2008;34:S51-6.
4. Bohl KS, Shon J, Rutherford B, et al. Role of synthetic extracellular matrix in development of engineered dental pulp. *J Biomater Sci Polym Ed* 1998;9:749-64.
5. Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod* 2004;30:196-200.
6. Torabinejad M, Turman M. Revitalization of tooth with necrotic pulp and open apex by using platelet-rich plasma: a case report. *J Endod* 2011;37:265-8.
7. Gottlieb EL, Murray PE, Namerow KN, et al. An ultrastructural investigation of tissue-engineered pulp constructs implanted within endodontically treated teeth. *J Am Dent Assoc* 2008;139:457-65.
8. Chandrasekhar S, Murray PE, Namerow KN. Proliferation of mature ex vivo human dental pulp using tissue engineering scaffolds. *J Endod* 2011;37:1236-9.
9. Nakashima M. Bone morphogenetic proteins in dentin regeneration for potential use in endodontic therapy. *Cytokine Growth Factor Rev* 2005;16:369-76.
10. Chan CP, Lan WH, Chang MC, et al. Effects of TGF- β on the growth, collagen synthesis and collagen lattice contraction of human dental pulp fibroblasts in vitro. *Arch Oral Biol* 2005;50:469-79.
11. Ishimatsu H, Kitamura C, Morotomi T, et al. Formation of dentinal bridge on surface of regenerated dental pulp in dentin defects by controlled release of fibroblast growth factor-2 from gelatin hydrogels. *J Endod* 2009;35:858-65.
12. Smith AJ, Scheven BA, Takahashi Y, et al. Dentine as a bioactive extracellular matrix. *Arch Oral Biol* 2012;57:109-21.
13. Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Assoc* 1966;72:87-93.
14. Kerkis I, Kerkis A, Dozortsev D, et al. Isolation and characterization of a population of immature dental pulp stem cells expressing OCT-4 and other embryonic stem cell markers. *Cells Tissues Organs* 2006;184:105-16.
15. Webber RT. Apexogenesis versus apexification. *Dent Clin North Am* 1984;28:669-97.
16. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002;18:134-7.
17. Rosenberg B, Murray PE, Namerow K. The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dent Traumatol* 2007;23:26-9.
18. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, et al. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod* 1995;21:603-8.
19. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, et al. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J Endod* 1999;25:1-5.
20. Sarris S, Tahmassebi JF, Duggal MS, et al. A clinical evaluation of mineral trioxide aggregate for root-end closure of non-vital immature permanent incisors in children—a pilot study. *Dent Traumatol* 2008;24:79-85.
21. Law A. Considerations for regeneration procedures. *J Endod* 2013;39(3 Suppl):S44-56.
22. Geisler TM. Clinical considerations for regenerative endodontic procedures. *Dent Clin North Am* 2012;56:603-26.
23. Petrino JA, Boda KK, Shambarger S, et al. Challenges in regenerative endodontics: a case series. *J Endod* 2010;36:536-41.
24. Song M, Cao Y, Shin SJ et al. (2017) Revascularization-associated intracanal calcification: assessment of prevalence and contributing factors. *Journal of Endodontics* 43, 2025-33.
25. Hargreaves KM, Diogenes A, Teixeira F. Treatment options: biological basis of regenerative endodontic procedures. *J Endod* 2013;39(3 Suppl):S30-43.
26. Jeeruphan T, Jantararat J, Yanpiset K, et al. Mahidol study 1: comparison of radiographic and survival outcomes of immature teeth treated with either regenerative endodontic or apexification methods: a retrospective study. *J Endod* 2012;38:1330-6.
27. American Association of Endodontics, AAE Clinical Considerations for a Regenerative Procedure. American Association of Endodontics, ()
28. Shi, X., Mao, J. & Liu, Y. Concise review: pulp stem cells derived from human permanent and deciduous teeth: Biological characteristics and therapeutic applications. *Stem Cells Transl. Med.* 9, 445-464 (2020).
29. Bansal, R, Jain, A, Mittal, S, Kumar, T, Kaur, D. 2014. Regenerative endodontics: a road less travelled. *J Clin Diagn Res.* 8(10):ZE 20-ZE24.