

재생 근관 치료

연세대학교 치과대학 치과보존학교실

정 일 영

ABSTRACT

Regenerative Endodontic Treatment

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei university
Il Young Jung, DDS, Ph.D.

The immature teeth with apical periodontitis present considerable challenges to clinicians. Therefore, new treatment protocols have been suggested to overcome the problems encountered in traditional methods. Regenerative treatment (revascularization) is one of such methods. Many case reports on the revascularization of infected immature teeth have been published, and in most of them, immature teeth with even a periapical abscess continued root formation after the disinfection of the root canal system. We now believe that this continued root formation is not an exceptional incident. As a result, it appeared that apexification has been giving way to a revascularization technique, which is a new option, in treating necrotic immature teeth. These new methods appear to be based on the healing potential of stem cells. The potential of healing or regeneration of stem cells, which are located around teeth, seems to be greater than we thought before. This review summarizes the current techniques for considering regenerative endodontic treatment procedures in treating the immature permanent tooth with pulp necrosis.

Key words : regenerative endodontic treatment, revascularization, Apexification, MTA

Corresponding Author

Il Young Jung, DDS, Ph.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei university

50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 120-752, Korea

Tel : 82-2-2228-3151, Fax : 82-2-313-7575, e-mail: juen@yuhs.ac

“재생 근관치료”는 근관 치료에 관심이 많은 치과의사들에게는 이미 매우 익숙한 방법이 되었지만, 아직도 적지 않은 치과의사들에게는 그 개념조차 가늠하기 쉽지 않은, 생소한 치료법이다. 현재는 주로 치수괴사가 일어난 미성숙 영구치의 치료에 사용되지만, 최근 발표되는 많은 연구들을 활용하면 앞으로 그 적응증이 더 확대 될 가능성이 있다. 먼저 이 방법이 왜 필요한

지를 증례를 통해서 살펴보자.

I. 증례

11세 여자 환자가 근관치료 마무리를 위해 본과에 내원하였다(그림1가). 방사선 사진에서 볼 수 있듯이

상악 좌측 중절치는 2년 전 외상으로 인해 치수가 과사되어 소아치과에서 비타펙스를 이용한 치근단형성술을 시행하였다. 치근단 형성여부를 확인해보니 거타파차 충전하기에는 치근단공이 너무 넓어 mineral trioxide aggregates(MTA)를 사용하여 충전하였다(그림1나). 충전 후 27개월에 찍은 사진에서 완전히 치유된 정상적인 치근단 부위를 확인 할 수 있다(그림1다). 그런데 환자는 6개월 후 다시 내원하여, 두 달 전에 친구와 놀다가 앞니를 부딪친 후 통증이 주기적으로 생긴다고 하였다. 방사선 사진을 촬영해 보니 6개월 전에는 보이지 않았던 치근단 병소를 볼 수 있었다(그림1라). MTA 충전으로 인해 재치료가 불가능하다고 판단하여 치근단 수술을 시도하였으나, 수술 도중 치근단 부위의 파절이 관찰되었다.

위의 증례와 같이 미성숙 영구치의 치수가 과사되면, 수산화 칼슘[Ca(OH)₂]을 근관 내에 넣고 근단부가 형성되기를 기다리는 치근단형성술(apexification)을 시도하는 것이 전통적인 방법이다. 그러나 이 방법은 시간이 오래 걸리는 단점이 있고, 이는 결국 임시 가봉의 탈락이나 치관 파절로 인한 근관의 재감염 같은 부작용도 자주 일어나 치료 실패로 이어질 수

있다⁹⁾. 또한 수산화칼슘을 장기간 사용할 경우 치근을 약화시켜 파절의 위험이 증가한다는 단점도 있다²⁾. 이러한 문제점 때문에 MTA를 사용하는 치근단형성술이 대신 시행되었다. 이 방법은 치료 기간을 줄이는 장점은 있으나 치근단형성술이 갖는 근본적인 문제점은 그대로 가지고 있는데, 바로 위의 증례가 대표적인 경우다. 즉, 치근단 형성술은 치근의 길이와 두께의 증가는 거의 일어나지 않아, 이후 충격을 받게 되면 쉽게 파절되는 단점이 있다. 위의 증례에서 볼 수 있는 치근단부 파절 뿐만 아니라 치경부 파절 또한 자주 일어난다. 한 연구에서는 외상으로 인해 치수가 과사된 미성숙영구치를 수산화 칼슘으로 치료한 경우, 치근의 발달 상태에 따라 좀 다르지만 30~70%까지 치경부 파절이 일어남을 보고하였다³⁾. 이러한 문제점 때문에 최근 재생근관치료가 주목을 받고 있다^{4~9)}. 재생근관치료 방법은 아직 좀 더 많은 연구자들에 의해 검증을 받아야 하는 부분도 존재하지만, 치근단부위의 치유는 물론 치근의 두께와 길이까지 모두 증가시킬 수 있어 기존의 치근단형성술을 대체할 수 있는 유익한 방법으로 관심을 받고 있다^{1, 10, 11)}.

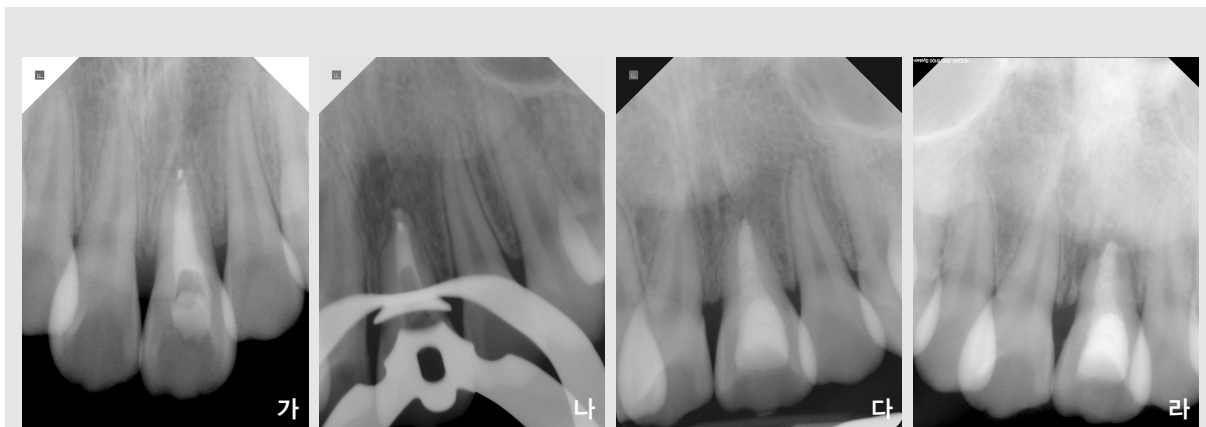


그림1. (가) 11세 여자 환자로, 2년 전 상악좌측 중절치 부위의 외상으로 인해 비타펙스를 이용한 치근단형성술을 받았다. (나) 비타펙스를 제거한 후 근관 세정을 더 실시한 후 mineral trioxide aggregates (MTA)를 사용하여 충전하였다. (다) 충전 후 27개월에 찍은 사진에서 완전히 치유된 정상적인 치근단 부위를 확인 할 수 있다. (라) 환자는 6개월 후 동통을 호소하며 다시 내원하였다. 방사선 사진에서 치근단 병소가 다시 나타난 것을 확인할 수 있으며, 치근단 수술을 통해 확인한 결과 치근 파절로 인한 병소가 나타난 것임을 알 수 있었다.

II. 재생근관치료란?

근관치료와 관계된 모든 조직 재생을 재생근관치료라고 할 수 있지만 본 글에서는 그 의미를 축소해서 치수가 괴사된 근관 내에, 치수 혹은 그와 유사한 조직을 재생시켜 치근의 두께와 길이 성장을 동시에 얻는 치료만을 지칭하도록 하겠다. 영어로 직역하면 'regenerative endodontic treatment'라고 할 수 있는데, 영어로 된 논문에서 보면 아직 용어가 정확히 통일 되지 않았고, 실제로는 'revascularization'이라는 말이 많이 사용된다. 이는 아직 재생시킨 조직의 정확한 실체에 대해서 잘 모르기 때문이다. 때문에 필자가 지금부터 기술하는 치료도 '재혈관 화(revascularization)'라는 말이 더 적합한 말일 수도 있다. 그러나 지금 이 분야에서 궁극적으로 이루려고 하는 큰 흐름을 설명하기 위해 편의상 재생 근관 치

료라는 말을 사용 하겠다. 실제 임상에서 시행하는 재생근관치료는 두 가지 형태로 나누어 볼 수 있어, 이를 분리해서 설명하도록 하겠다.

1. 치수가 부분적으로 괴사된 경우

치근 형성이 완료된 치아에서 우리가 흔히 볼 수 있는 급성 치근단 농양은 일반적으로 치수가 완전히 괴사된 후 세균이나 독소가 치근단 주변 조직으로 확산되는 과정에서 나타난다¹²⁾. 그런데 미성숙 영구치와 같이 치근단이 넓게 열려 있는 경우, 심한 치근단 농양에도 불구하고 미성숙 치아의 치수 일부가 살아있는 경우가 있다³⁾. 사실 이런 경우는 치근단이 완전히 형성된 경우에도 볼 수 있다⁴⁾. 이런 경우는 특히 치외치(dens evaginatus)의 돌기가 부러져 갑자기 치수가 감염되었을 때 자주 볼 수 있는데, 많은 증례보고들은

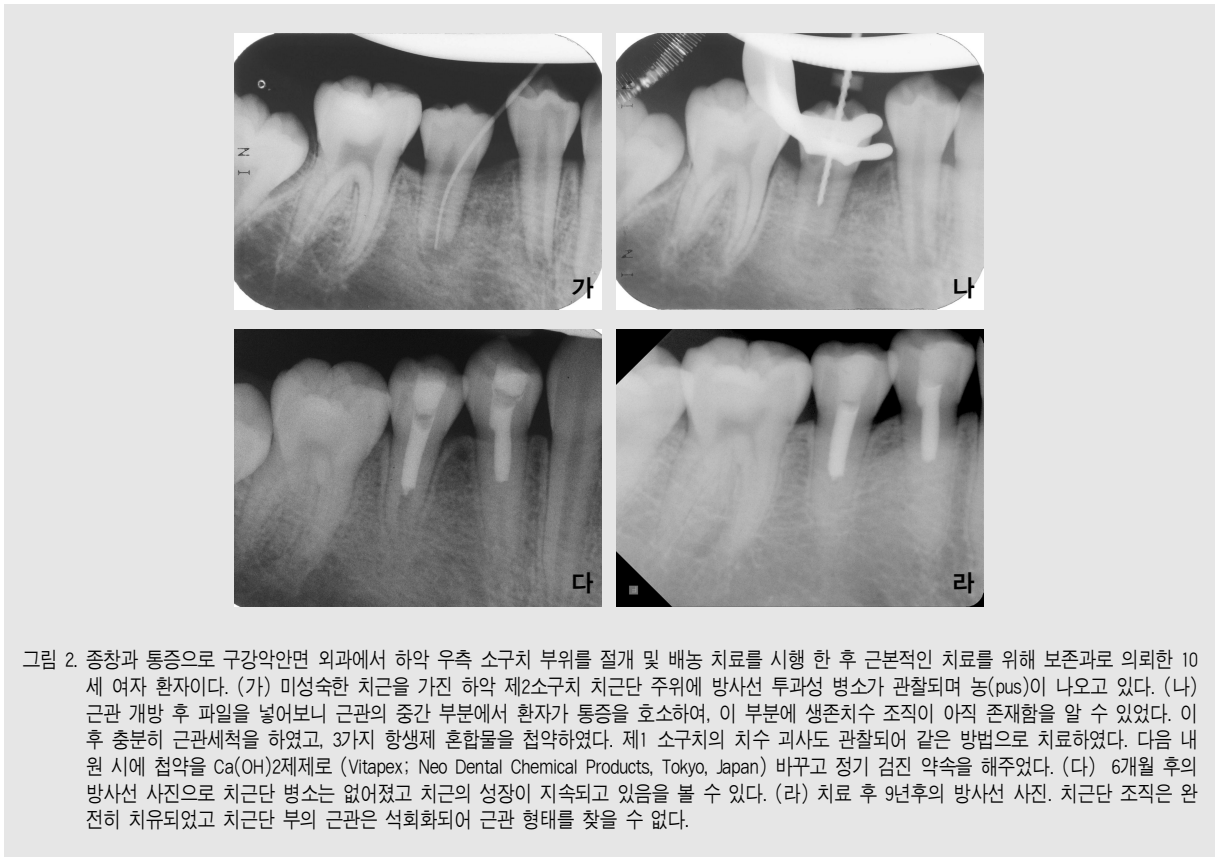


그림 2. 종창과 통증으로 구강악안면 외과에서 하악 우측 소구치 부위를 절개 및 배농 치료를 시행 한 후 근본적인 치료를 위해 보존과로 의뢰한 10세 여자 환자이다. (가) 미성숙한 치근을 가진 하악 제2소구치 치근단 주위에 방사선 투과성 병소가 관찰되며 농(pus)이 나오고 있다. (나) 근관 개방 후 파일을 넣어보니 근관의 중간 부분에서 환자가 통증을 호소하여, 이 부분에 생존치수 조직이 아직 존재함을 알 수 있었다. 이후 충분히 근관세척을 하였고, 37가지 항생제 혼합물을 침착하였다. 제1 소구치의 치수 괴사도 관찰되어 같은 방법으로 치료하였다. 다음 내원 시에 침착을 Ca(OH)₂제제로 (Vitapex; Neo Dental Chemical Products, Tokyo, Japan) 바꾸고 정기 검진 약속을 해주었다. (다) 6개월 후의 방사선 사진으로 치근단 병소는 없어졌고 치근의 성장이 지속되고 있음을 볼 수 있다. (라) 치료 후 9년후의 방사선 사진. 치근단 조직은 완전히 치유되었고 치근단 부의 근관은 석회화되어 근관 형태를 찾을 수 없다.

이런 경우 괴사되지 않은 치수는 남겨두고 근관 내 감염원(괴사된 치수와 미생물 등)만 제거한다면 남아 있던 치수 조직이 스스로 증식하며 치유될 수 있음을 보여주었다^{4, 7, 15)}. 즉, 근관 내 환경이 좋아지면서 살아남은 치수의 줄기세포가 치수세포로 분화하면서 괴사된 치수조직 일부를 대체한 것이다⁶⁾. 이렇게 근관 내에 치수조직이 일부 살아 남아있는 경우 치료한 예를 그림 2에서 볼 수 있다.

2. 치수가 완전히 괴사된 경우

치수가 부분적으로 남은 경우에 비해 쉽지는 않지만 미성숙 영구치의 치수가 완전히 괴사된 경우에도 치수 재생을 통해 치근의 두께와 길이 성장을 유도 할 수 있다. 하지만 이런 증례의 어려움은 치수 괴사로 인해 줄기 세포는커녕 근관 내에 그 어떠한 생존 조직도 없다는 점에 있다. 하지만 치수뿐만 아니라 미성숙치아의 치근단(apical papilla)에도 줄기세포가 존재하는데, 이 줄기 세포를 SCAP(stem cells from apical papilla)이라고 한다¹⁷⁾. 치수가 모두 괴사된 경우 바로 이 SCAP을 이용하면 치수재생을 시킬 수 있다. 또한, 그림 2의 증례처럼 치수가 부분적으로 남아있

는 경우에도 SCAP이 치수줄기 세포와 함께 치수 재생에 관여 할 수도 있다¹³⁾. 경우에 따라서는 치근단 염증이 심해 원래 형태의 SCAP은 모두 없어질 수 있는데, 이런 경우라도 줄기세포를 얻을 수 있다. 먼저 치주인대 내에도 줄기세포(periodontal ligament stem cells, PDLSCs)가 있다는 사실은 이미 잘 알려져 있으며⁸⁾, 최근에는 치수염이나 치수괴사로 인해 생긴 치근단 염증 조직에도 줄기세포(inflamed periapical progenitor cells, iPAPCs)가 존재함이 보고되었다¹⁹⁾. 따라서 우리가 기존에 생각했던 것보다 더 다양한 곳에서 줄기세포를 얻을 수 있으며, 이를 Egusa 등¹⁸⁾과 Hargreaves 등²⁰⁾이 잘 정리하여 놓았는데, 이중 일부를 그림 3에 요약하였다. 이 그림을 보면 우리 치과의사들이 시행하는 임상도 줄기세포와 매우 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

문제는 이런 줄기 세포를 어떻게 근관 내로 유도해서 증식하게 하는가이다. 당연히 기다리기만 해서는 되지 않는다. 현재는 근단부 조직을 파일로 찢어서 근관 내로 출혈을 유도하는 방법을 주로 사용 한다^{5, 7)}. 이렇게 하면 피와 함께 많은 줄기세포(SCAP, PDLSCs, iPAPCs)를 근관 내로 이동시킬 수 있다²¹⁾. 또한 응고된 피는 세포가 증식하는데 필요한 골격체

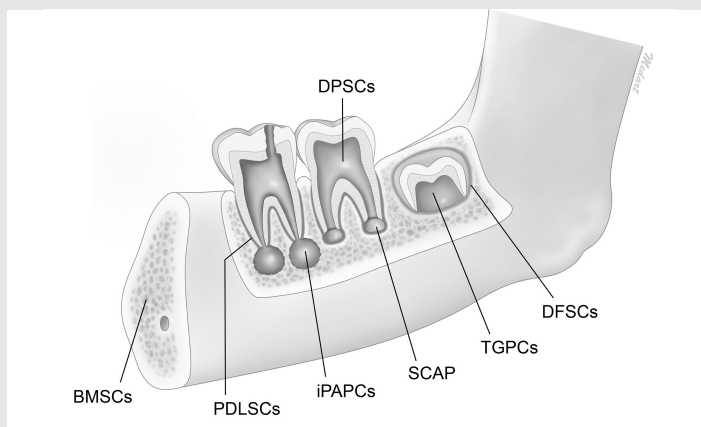


그림3. 구강 내에서 성체 줄기 세포를 얻을 수 있는 곳을 도식적으로 나타낸 그림이다. 그림 왼쪽부터 골수간세포[bone marrow stem cells (BMSCs)], 치주인대 줄기세포[periodontal ligament stem cells (PDLSCs)], inflamed periapical progenitor cells (iPAPCs), dental pulp stem cells (DPSCs), stem cells of the apical papilla (SCAP), tooth germ progenitor cells (TGPCs), dental follicle stem cells (DFSCs).



그림 4. 10세 여자 환자로 3개월 전에 개인원에서 응급처치를 받았다. (가) 미성숙 치근을 가지는 #35치아 주위에 치근단 병소도 보인다. (나) K 파일을 근관 내에 넣어보니 아무런 저항 없이 치근단 조직까지 들어갔으며, 치근단 조직에 닿고 나서야 환자는 통증을 호소하였다. NaOCl을 이용한 철저한 근관 세정 후 항생제 혼합물을 약제로 넣었다. (다) 1주일 후 내원한 환자의 상태는 양호하였다. 다시 근관을 개방하여 안의 모든 약제를 제거하였다. 근관 내가 비어있었기 때문에 #30 파일을 사용해서 치근단 조직에 출혈을 유도하였다. 이후 응고되어 혈전이 생길 때까지 약 15분 정도 기다린 후 조심스럽게 MTA를 충전하였다. (라) 1년 후 방사선 사진으로 치근단 병소는 모두 사라지고 혈전이 있었던 근관 내부가 석회화 된 것을 볼 수 있다. (마) 8년 후의 방사선 사진. 치근단 조직은 여전히 건강하며 근관은 거의 석회화되었다.

(scaffold)로 사용할 수 있다는 장점과 함께 적지만 세포 성장에 도움이 되는 성장인자(growth factor)도 제공할 수 있어 재생에 유리한 환경을 만든다²²⁾. 치근단 주위 조직에 존재하는 줄기세포를 근관 내로 유도해서 치료한 증례는 그림 4에서 볼 수 있다.

3. 재생근관 치료의 단계별 술식

이 치료법은 아직까지 완성된 술식이 아니기 때문에 앞으로 조금씩이라도 계속 바뀔 가능성이 높다. 지금 소개하고자 하는 술식은 그 동안 필자의 임상 경험과 미국 근관치료협회[American Association of Endodontics(AAE)]의 지침을 바탕으로 간략하게 정리한 것이다^{7, 23)}.

1) 증례 선택

- 미성숙 치근을 갖는 영구치에서 치수괴사가 일어난 경우

임상가들은 재생근관 치료의 대안으로 치근단형성술이 있음을 분명히 알아야 한다. 그러나 치근의 두께와 길이의 성장이 필요하다고 판단할 경우 재생근관치료를 우선적으로 고려한다.

2) 치료 첫 날

- ① 국소마취, 러버댐, 근관 개방 그리고 배농

환자의 상태에 따라서 국소마취를 일부러 안 하기도 하지만(근관 내에 생존한 치수조직이 있는지를 확인하기 위해서) 미성숙 치아를 가진 소아들은 치료에 대한 두려움이 많으므로 효과적인 국소마취가 꼭 필요한 경우도 있다. 근관세척을

비교적 오래 시행하여야 하기 때문에 러버댐 장착은 필수이다. 이 후 근관 개방을 조심스럽게 시행하는데, 삼출물이 많이 나오는 경우는 충분히 배출시켜 근관 세척이나 약제를 넣는데 방해가 되지 않게 한다.

② 근관 내 살아있는 조직 유무 확인

수술 현미경이 있으면 직접 근관 내를 관찰하여 조직 유무를 확인 할 수 있다. 또한 마취를 하지 않은 경우라면 파일을 넣었을 때 환자가 통증을 호소하는지 여부로 생존조직의 유무를 확인하기도 한다.

③ 근관세정

증례2와 4의 경우처럼 근관의 크기가 충분히 크면 굳이 파일로 근관을 성형하려고 시도하지는 않는다. 다시 말해 근관성형 없이도 세정액이 치근단부까지 충분히 들어간다고 판단하면 파일을 이용한 근관 성형과정은 생략한다. 그러나 만약이 존재하는 대구치 치근의 경우 근관 성형이 필요한 경우도 있다. 사용하는 세정액은 근관 내 괴사조직과 미생물을 제거하면서도 주위의 줄기세포에 대한 유해작용이 작아야 한다. 초기에는 고농도(5%)의 차아염소산나트륨(NaOCl)을 많이 사용하였으나 최근에는 줄기세포에 대한 독성을 줄이고자 그 보다 낮은 농도의 세정액을 사용하는 경향이 있으며 AAE에서는 1.5% NaOCl을 권하고 있다. 또한 치수가 모두 괴사된 경우 세정액이 근관 밖으로 빠져나가지 않게 조심하여야 한다. 세정 시간은 근관 내 상태에 따라 다를 수 있는데 5분에서 30분 정도를 권한다.

④ 근관 내 첩약(intracanal medication)

현재 재생근관치료의 첩약으로 두 가지를 주로 사용하는데, 하나는 통상적인 근관치료에서도 많이 사용하는 수산화 칼슘이며, 다른 하나는 3가지 종류의 항생제를 혼합한 것이다. 먼저 항생제 첩약을 설명하면 ciprofloxacin: metronidazole: minocycline을 1:1:1로 혼합하여

사용하는데²⁴⁾, 현재에는 상품화된 것이 없어 약국에서 구입한 항생제를 분말로 만들어 각각 보관하고 있다가 환자가 오면 증류수와 함께 섞어서 사용해야 하는 번거로움이 있다. 또한 항생제를 고농도로 사용할 경우 줄기세포에 대한 독성이 수산화칼슘보다 더 크다는 단점도 보고되었기 때문에 주의가 필요하다²⁵⁾. 잘 알려져 있듯이 미노사이클린의 경우 치아를 변색시키는 단점도 있어 전치부에서는 사용을 매우 주의하여야 한다⁸⁾.²⁶⁾ 수산화칼슘은 3가지 항생제 혼합물에 비해 줄기세포에 대한 독성은 적으나 상아질의 유기물을 변성시켜 줄기 세포 부착에 좋지 않은 환경을 만들 수 있다²⁷⁾. 따라서 현재로서는 술자 개인의 선호도에 따라 첩약을 선택하는 형편이며, 수산화칼슘을 사용할 경우, 상품화된 제품 보다는 제거가 용이한 수용성 제제를 사용한다.

⑤ 일반적인 근관치료 때처럼 충분한 두께(3mm 이상)의 가봉(temporary filling)을 해서 다음 내원 시까지 재감염을 막아야 한다.

3) 치료 두 번째 날

일반적으로 1주일 이후 1달 이내에 두 번째 약속을 잡는다.

① 환자 상태 평가

지난번 치료 후 환자의 상태가 호전되었는지를 평가한다. 통증이나 감염의 증상이 있는지, 누공(sinus tract)이 있었다면 없어졌는지를 확인한다. 만일 감염의 증상이 아직 남아있으면 첫 날에 한 것처럼 근관 내 세정과 첩약을 다시 한 번 반복한다.

② 국소마취와 러버댐

두 번째 날 국소마취는 좀 더 고려할 사항이 있다. 만일 치근단 조직을 파일로 찢러 출혈을 야기시키는 치료를 계획하였다면 혈관수축제가 들어 있는 일반적인 국소마취제는 사용하지 않는 것이 좋다. 혈관수축제로 인해 출혈이 잘 일어나지 않

임상가를 위한 특집 1

을 수 있기 때문이다. 국내에서 구입 가능한, 혈관수축제가 들어있지 않은 국소마취제로는 3% 메피바케인(mepivacaine)이 있다.

③ 근관세척

근관을 충분히 세척하여 지난 번에 넣었던 근관 내 약제를 완전히 제거한다. 이 때 사용하는 세척제에 대한 연구는 아직 충분하지 않으나, 최종 세척제로 17% EDTA를 사용하는 것이 줄기세포 재생을 위해 유리하며 이는 본 교실에서 시행한 실험실 연구에서도 확인할 수 있었다²⁸⁾. 대략 20ml 정도, 충분히 사용하길 권장한다.

④ 근관 내로 출혈 유도

근관 내에 조직이 있는 경우라면 반드시 출혈을 시켜야 할 필요는 없으며, 이 때는 어느 정도까지 치근을 강화시킬지를 생각하여 출혈 여부를 결정한다.(즉 남아 있는 치수 조직의 치경부 쪽 치근도 강화시키려고 할 때만 출혈을 유도한다.) 근관 내에 조직이 전혀 없는 경우라면 당연히 출혈을 시켜 치근 밖의 조직 세포들이 치근 안으로 들어오게 하여야 한다. K 파일을 사용해서 치근단 부위 2mm 정도 깊이로 찌르고 살짝 회전시켜 상처를 만든다. 이 때 출혈이 근관 내로 되는데 MTA를 다질 수 있을 정도로 굳을 때까지 기다린다.

만일 출혈이 되지 않는다면 치주치료에 사용되는 흡수성 차폐막을 근관 내에 넣어 골격체(scaffold)로 사용할 수 있는데, 그림 5에서 보여주는 증례에서는 바로 이 방법을 사용하였다. 출혈이 되지 않을 경우 사용할 수 있는 또 다른 방법으로, 치주 수술 시에 많이 소개된 platelet-rich plasma나 platelet-rich fibrin을 이용하는 것을 생각해 볼 수 있다²⁹⁾. 하지만 이런 방법의 효과에 대해서는 아직 의견이 분분하기 때문에, 현재로서는 적극 추천을 하고 있지는 않다.

⑤ MTA 충전

형성된 혈전이나 차폐막 위에 MTA를 충전한다. 특히 혈전은 매우 약하기 때문에 충전 시 매우 작은 힘을 사용하여야 한다. 또한 MTA는 치아 변색을 야기하기 때문에 특히 전치부에 사용할 때는 주의하여야 하며 백아범랑 경계 아래까지만 사용하여야 한다.

⑥ 치아 수복

보통은 충전된 MTA 위로 가봉을 한 후 다음 번 내원 시에 치아 수복을 마무리하지만 최근에는 곧바로 레진 수복을 하기도 한다.



그림 5. (가) 10세 여자 환자로 개인의원에서 근관 개방을 한 후 3개월 후에 본원을 방문하였다. 가봉이 되어있지 않아 근관 내는 오염되어 있었다. 미성숙 치근을 가진 #15치아 치근단 주위로 방사선 투과상을 볼 수 있다. 2.5% NaOCl을 이용한 근관 세정과 항생제 혼합물을 이용한 접약을 시행하였다. (나) 3 주 후 내원한 환자는 통증이 전혀 없는 양호한 상태였다. 근관 내에 전혀 살아있는 조직이 없었기에 K 파일을 이용하여 치근단 조직을 자극하여 출혈을 유도하였다. 그러나 출혈이 거의 일어나지 않아 되지 않았고 골격체(scaffold)로 차폐막(Collatape; Sulzer Dental Inc, Plainsboro, NJ)을 사용한 후 그 위에 MTA 충전을 하였다. (다) 2년 후의 방사선 사진으로 치근의 길이 성장과 함께 차폐막이 있었던 근관 내부도 석화가 된 것을 볼 수 있다.

4) 정기 점검

환자들의 나이가 대부분 어리기 때문에 많은 경우 3개월 정도면(늦더라도 6개월) 치근단 부위의 치유와 치근의 성장을 확인 할 수 있다. 치근단 부위의 치유는 대개 잘 일어나는 반면에 치근의 성장은 항상 일어나는 것은 아니다. 따라서 사전에 치근의 성장은 안 될 수도 있다는 점을 반드시 고지하여야 한다.

Ⅲ. 맺음말

의학계 전반에 걸쳐 재생의학에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이를 통해 얻은 지식은 우리 임상가들의 경험과 합쳐져서 과거에는 하지 못했던, 환자에게 유익한 치료법을 만드는 초석이 되고 있다. 물론

재생근관치료의 경우 정확하게 어떤 조직이 만들어지고 또 어떤 과정이 재생의 방향이나 질에 영향을 미치는가에 대해서는 아직도 많은 연구가 더 필요하다. 또한 실험실에서의 연구뿐만 아니라 장기적인 임상 연구 결과도 앞으로 더 뒷받침되어야 하는 숙제도 안고 있다. 하지만 지금까지의 임상 결과만으로도 이전의 치료법과는 분명히 다른 장점을 보여주고 있기 때문에 재생근관치료는 더 연구하고 발전시킬 만한 가치가 있는 치료법이라고 생각한다. 줄기세포 그리고 재생의학, 이 두 단어는 과거에는 일반 치과의사들과 거리가 먼 것으로 생각하였지만 이제는 그 어떤 과 의사보다도 가까워진 시대가 시작되었다. 이런 치료 방법은 우리 직업의 가치뿐만 아니라 환자의 건강도 궁극적으로 더 증진시킨다. 따라서 이 분야의 발전에 앞으로도 더 많은 관심을 가져주기를 필자는 당부하고 싶다.

공지사항

본 원고에 사용된 일부 증례는 필자가 이전에 발표한 글(Journal of Endodontics, 2008;34:876-87)에 실은 증례를 출판사의 허락을 받고 재 사용한 것입니다.

참 고 문 헌

1. Jeeruphan T, Jantarat J, Yanpiset K, Suwannapan L, Khewsawai P, Hargreaves KM. 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: 1330-1336.
2. 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: 134-137.
3. 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.
4. Iwaya SI, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dent Traumatol* 2001; 17: 185-187.
5. Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod* 2004; 30: 196-200.
6. Thibodeau B, Trope M. Pulp revascularization of a necrotic infected immature permanent tooth: case report and review of the literature. *Pediatr Dent* 2007; 29: 47-50.
7. Jung IY, Lee SJ, Hargreaves KM. Biologically based treatment of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. *J Endod* 2008; 34: 876-887.
8. Reynolds K, Johnson JD, Cohenca N. Pulp revascularization of necrotic bilateral bicuspid using a modified novel technique to eliminate potential coronal discoloration: a case report. *Int Endod J* 2009; 42: 84-92.
9. Martin G, Ricucci D, Gibbs JL, Lin LM. Histological findings of revascularized/revitalized immature permanent molar with apical periodontitis using platelet-rich plasma. *J Endod* 2013; 39: 138-144.

참 고 문 헌

10. Bose R, Nummikoski P, Hargreaves K. A retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *J Endod* 2009; 35: 1343-1349.
11. Huang GT. Apexification: the beginning of its end. *Int Endod J* 2009; 42: 855-866.
12. Lin LM, Huang GT. Pathobiology of the Periapex In: Hargreaves KM, Cohen S, Berman LHs, eds. *Proceedings of the Cohen's pathways of the pulp*. Mosby Elsevier, 2011.
13. Huang GT, Sonoyama W, Liu Y, Liu H, Wang S, Shi S. The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering. *J Endod* 2008; 34: 645-651.
14. Lin L, Shovlin F, Skribner J, Langeland K. Pulp biopsies from the teeth associated with periapical radiolucency. *J Endod* 1984; 10: 436-448.
15. Chueh LH, Huang GT. Immature teeth with periradicular periodontitis or abscess undergoing apexogenesis: a paradigm shift. *J Endod* 2006; 32: 1205-1213.
16. Alongi DJ, Yamaza T, Song Y, Fouad AF, Romberg EE, Shi S, Tuan RS, Huang GT. Stem/progenitor cells from inflamed human dental pulp retain tissue regeneration potential. *Regen Med* 2010; 5: 617-631.
17. Sonoyama W, Liu Y, Yamaza T, Tuan RS, Wang S, Shi S, Huang GT. Characterization of the apical papilla and its residing stem cells from human immature permanent teeth: a pilot study. *J Endod* 2008; 34: 166-171.
18. Egusa H, Sonoyama W, Nishimura M, Atsuta I, Akiyama K. Stem cells in dentistry--part I: stem cell sources. *J Prosthodont Res* 2012; 56: 151-165.
19. Liao J, Al Shahrani M, Al-Habib M, Tanaka T, Huang GT. Cells isolated from inflamed periapical tissue express mesenchymal stem cell markers and are highly osteogenic. *J Endod* 2011; 37: 1217-1224.
20. Hargreaves KM, Diogenes A, Teixeira FB. Treatment options: biological basis of regenerative endodontic procedures. *J Endod* 2013; 39: S30-43.
21. Lovelace TW, Henry MA, Hargreaves KM, Diogenes A. Evaluation of the delivery of mesenchymal stem cells into the root canal space of necrotic immature teeth after clinical regenerative endodontic procedure. *J Endod* 2011; 37: 133-138.
22. Wigler R, Kaufman AY, Lin S, Steinbock N, Hazan-Molina H, Torneck CD. Revascularization: A Treatment for Permanent Teeth with Necrotic Pulp and Incomplete Root Development. *J Endod* 2013; 39: 319-326.
23. American Association of Endodontists (2013) AAE Clinical Considerations for a Regenerative Procedure. vol 2013
24. Hoshino E, Kurihara-Ando N, Sato I, Uematsu H, Sato M, Kota K, Iwaku M. In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. *Int Endod J* 1996; 29: 125-130.
25. Ruparel NB, Teixeira FB, Ferraz CC, Diogenes A. Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *J Endod* 2012; 38: 1372-1375.
26. Kim JH, Kim Y, Shin SJ, Park JW, Jung IY. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *J Endod* 2010; 36: 1086-1091.
27. Yassen GH, Chu TM, Eckert G, Platt JA. Effect of medicaments used in endodontic regeneration technique on the chemical structure of human immature radicular dentin: an in vitro study. *J Endod* 2013; 39: 269-273.
28. Pang NS, Lee SJ, Kim E, Shin DM, Cho SW, Park W, Zhang X, Jung IY. Effect of Ethylenediaminetetraacetic Acid on Attachment and Differentiation of Dental Pulp Stem Cells *J Endod*, in press.
29. Keswani D, Pandey RK. Revascularization of an immature tooth with a necrotic pulp using platelet-rich fibrin: a case report. *Int Endod J* 2013.