투고일 : 2017. 6. 15 심사일 : 2017. 6. 16 게재확정일 : 2017. 6. 19

End or And... 근관치료시 천공의 수복

경희대학교 치과대학 치과보존학교실
장 지 현

ABSTRACT

Management of Endodontic Perforation

Department of Conservative Dentistry School of Dentistry, Kyung Hee University
Ji-Hyun Jang, DDS, Ph.D

Root canal perforations are defined as the communication between the pulp cavity, the periodontal tissue and alveolar bone. The occurrence of perforations during endodontic treatment is reported to range from 2.3%~12%, which is not a complication rarely happens. Perforations have iatrogenic or pathological etiologies that involve caries or resorption. It leads to inflammation and the destruction of periodontal fibers and alveolar bone, followed by periodontal defects. Mineral trioxide aggregate (MTA) is currently the most indicated material for repair of root perforation, because of its favorable biocompatibility and sealing ability. Using magnification with dental operating microscope enhance the accessibility and visibility to manage the root perforation. It is important to diagnose and repair perforations immediately if possible.

Key words : Endodontic root perforation, Mineral trioxide aggregate, endodontic microscope

Corresponding Author
Ji-Hyun Jang, DDS, Ph.D
Assistant Professor, Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Kyung Hee University,
26 Kyungheedae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, 02447, Korea
Tel : 82-2-958-9397, e-mail : jangjihyun@khu.ac.kr

Ⅰ. 서론

근관치료 영역에서의 '천공(Endodontic perforation)'이란 치질이 뚫리거나 삭제 혹은 병적인 흡수에 의해서 치질이나 그 치근에 생긴 인공적인 개구부(aperture)를 말하는 것으로, 근관과 치주조직 사이에 교통이 생기는 것을 말한다. 이는 근관치료 중 발생할 수 있는 합병증 가운데 하나로 적절한 수복이 이루어지지 못하면 근관계가 치주 결손부 또는 근단부위의 감염 병소와 개통되고, 지속적 감염의 원인이 되어 근관치료의 실패를 야기한다. 그러므로 천공을 적절하게 수복하는 것은, 그 치아가 challenge를

극복하지 못하고 발치하게 될 지("End") 혹은 이를 극복해 save하게 될 지("And")를 가르는 예후에 직접적 영향을 미치는 요인이라 할 수 있다[1, 2]. 본 연구에서는 천공의 분류, 진단, 예후 및 수복의 방법 등에 관하여 고찰하고자 한다.

1. 천공의 분류

치근천공은 원인에 따라 근관치료 과정 중에 발생하는 의원성 천공(iatrogenic perforation)과 치아 및 치근부위에 발생하는 우식증, 흡수성 병소 등으로 인한 병리적 천공(pathologic perforation)으로 분류할 수 있다[1].

1) 의원성 천공

의원성 천공은 주로 근관치료 과정 중에 발생하게 되며, 그 발생빈도가 약 2.3~12%로 보고되고 있다[3]. 이는 임상적 관점에서 볼 때, 적지 않은 빈도라 할 수 있다. 의원성 천공은 근관의 세정 및 과도한 기구조작에 의한 치질 약화, 근관 성형 및 확대 또는 포스트 공간 형성 과정, 근관 입구의 확장을 위한 GG bur 사용 시 기구의 부적절한 방향 설정 등에 의해 발생한다. 그러나, 이러한 사고의 원인을 단순하게 술자의 숙련도 부족으로 탓할 수만은 없으며, 근관치료 과정 중에 천공을 피하기 어려운 경우 또한 종종 존재한다. 석회화가 심한 근관에서의 근관 탐색, 심한 만곡에서의 근관치료, c형 근관과 같은 해부학적 치근 형태의 취약성, 치아의 위치 및 형태 이상으로 인한 접근의 제한 등이 이에 해당하며, 이러한 경우에는 임상적 숙련도 여부에 관계없이 누구라도 치근 천공을 맞닥뜨리게 될 수 있다[3~5].

2) 병리적 천공

병리적 천공의 원인은 치근 우식에 치질 천공, 원인불명의 내흡수, 그리고 치근 외흡수 등이 있다. 특히, 치주질환에 의한 root exposure로 인하여 시작된 치근 우식증은 진행의 속도가 빠르고, 위치의 특성상 치질이 약하기 때문에 천공에 취약하며, 우식의 단순한 제거 과정만으로도 치근 천공이 발생할 수 있고, 수복 과정 중에도 약화된 치질 구조로 인하여 천공이 발생할 수 있다. 광범위한 흡수성 병소 또한 약화된 치질 구조로 인하여 병소 부위의 제거 및 수복과정에서 천공이 발생할 수 있다.

2. 진단
Diagnosis of Root perforation

천공은 치수 근관계와 치주조직의 교통(communication)으로 근관과 치주방향에서 기구 접근및 다양한 방법을 통하여 진단할 수 있다. 근관 탐침을 이용한 술자의 촉감, 페이퍼 포인트에 묻어 나오는 근단물질의 양상, 근관기구 진행에 대한 환자의 반응, 기구의 진행에 따른 전자 근관장 측정기의 표시 및 방사선 사진(두 방향 이상에서 촬영된 치근단 방사선 사진 혹은 Cone-beam computed tomography(CBCT)등을 이용하여 천공을 진단할 수 있다.

전자 근관장 측정기에서 천공부위는 바로 치주와 개통되기 때문에 0 sign이 나타나게 된다. Crown을 제거하지 않은 상태에서 근관치료를 하는 경우에 특히 천공 발생의 risk가 큰데, 전자 근관장 측정기는 metal과 접촉하였을 때도 오류 싸인을 나타낼 수 있을 뿐만 아니라, 금관 내부가 어두워 근관을 탐색하는데 어려움이 있고, 근관 탐색과정에서 천공이 빈발하는 치경부 부위는 금관으로 인해 방사선 사진상에서 가려지기 때문이다. 그러므로, 치료과정 중 어려움이 있다고 생각되면 금관을 제거하는 것이 불필요한 치질의 과도한 삭제 및 천공을 예방하는 길이며, 우식을 남기지 않는 치료가 될 것이다.

수복물이 없는 경우, 광섬유로 빛을 협측 혹은 설측면에서 통과시켜 검사하는 것(transillumination test), 메틸렌 블루 용액으로 치수실 바닥을 염색하여 map을 확인하는 방법, NaOCl bubble test(근관내

NaOCl을 soaking하면 orifice부위에서 bubble이 형성됨)도 근관 위치 확인에 도움이 된다.

종종 치경부와 치근 중앙부의 천공은 결론적으로 나타나는 치주 결손과 관련이 있어 치주적인 평가가 요구되기도 한다. 임상적으로는 이들 방법을 종합적으로 이용하여 천공을 진단하게 된다.

3. 발생 위치에 따른 치근천공의 종류와 예방법 Prevention of Root perforation

치근천공은 발생 위치에 따라 치경부 천공(furcal perforation), 치근 중앙부 천공(strip perforation), 그리고 근단부 천공(apical perforation)으로 나눌 수 있다.

1) 치경부 천공

치경부 천공은 치수강 개방(access opening), 근관 탐색시 치아의 crowding이나 치축의 경사 변위 등으로 인하여 근관의 위치가 혼돈될 때, 기구를 치아의 장축에 평행하게 사용하지 않았을 경우, 근관의 석회화 등의 이유로 인하여 근관의 입구를 탐색하는 과정에서 무리한 치질을 삭제하면서 발생한다. 위치는 대개 furcation 부위나 치경부 측방면이 이에 해당된다.

위치의 특성상 치경부 천공은 미세현미경(Dental operating microscope, DOM)을 사용하여 시야가 확보되는 부위이다. 천공의 부위가 크지 않고, 조기 진단하여 즉시 수복된다면 예후가 양호한 편이다. 그러나, 일반적으로는 치경부 천공의 예후는 나쁜 편인데, 치주부착부위가 손상되어 천공 부위가 구강내와 개통되거나, 천공 부위가 오래되어 이미 감염이 일어난 경우에는 비외과적 수복(근관 내부를 통한 접근으로 치료하는 것)은 감염을 잘 통제하기 어렵기 때문에 치료의 성공적 결과를 보장하기 어렵다.

2) 치근 중앙부(측방) 천공

포스트 형성 과정 중에 나타나는 치근 천공은 가장 흔한 치근 측방천공의 원인이다. 불행하게도 치근의 측방천공이 발생하는 경우 대개 수복이 어렵고 예후가 불량하므로, 예방을 위하여 노력하여야 한다[6].

Fig. 1. 치경부 천공의 MTA 수복 (Dr.최성백 증례)
미세현미경 관찰 하에 치근 이개부와 근심 치수강 wall부위에 과잉 충전된 GP cone을 제거하고 MTA를 이용하여 수복하였음.

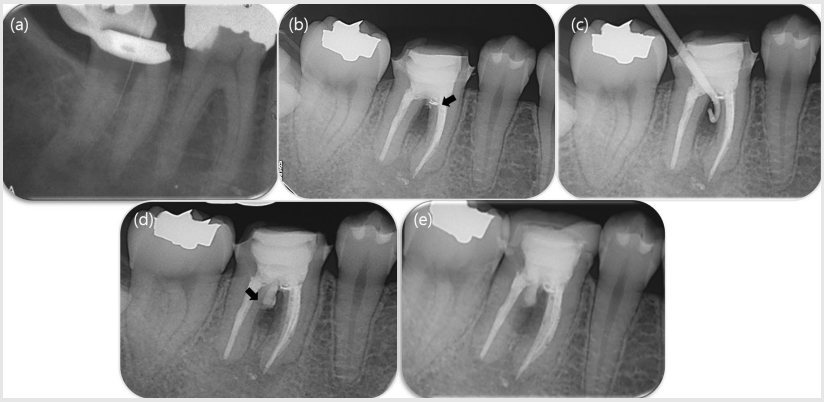

Fig. 2. 치경부 천공의 MTA 수복 (Dr. 김세훈 증례)
치근 이개부에 천공이 존재하여 (a), 미세 현미경 관찰 하에 MTA를 이용한 비외과적 천공 수복을 시행하였으나 (b), 수개월 후 누공이 재발하였다 (c). 피판 거상 후, 염증을 제거하고, 추가적으로 발견된 천공부위를 재수복 (화살표) 하였으며 (d), 수술 후 불편감 소실되어 3개월차 유지되고 있다 (e). 그러나, 천공 후 이미 치주조직의 소실이 진행되었고, 수복이 이루어진 시기가 상당히 지연되어 치아의 양호한 예후를 기대하기 어렵다.

포스트를 시행하기 전에 방사선 사진을 보고 어느 정도 깊이까지 포스트를 위치시킬 것인지를 결정하여야 하는데, 이 과정에서 근관의 만곡도를 잘 관찰하여 포스트가 근관을 벗어나지 않도록 주의해야 한다. 또한 상악 소구치 등 치근면의 홈이 존재하는 경우 얇은 홈(fluting) 부위가 danger zone으로 천공에 취약하므로 주의해야 한다.

포스트 공간을 형성할 때는 heat carrier를 이용하여 상부의 GP cone을 먼저 어느 정도 제거하고, 그 다음에 GG bur나 Peeso bur등을 사용하여 좀더 깊은 수준의 GP cone을 제거한다. 이렇게 먼저 GP cone을 제거하여 guide path를 잡아주는 것은 포스트 공간 형성시 발생하는 천공의 가능성을 상당히 낮춘다. 그리고 나서 포스트 키트에서 제공하는 bur를

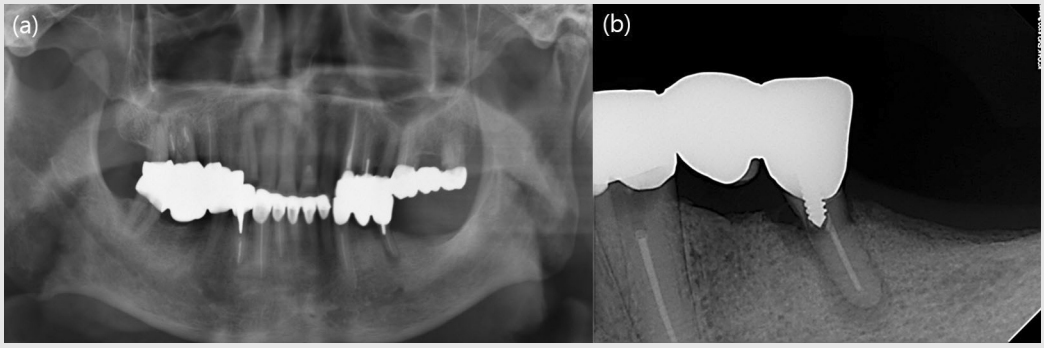

Fig. 3. 치근 중앙부 천공
포스트 공간 형성과정 중에 천공이 발생하였거나, 혹은 포스트 공간 형성 중에는 없었다 하더라도 약화된 치질로 인하여 결국 기능력에 의하여 천공이 발생된 것으로 생각된다. 위의 증례처럼 인접치가 없는 경우 치근의 방향을 가늠하기 어렵기 때문에 포스트 공간 형성시 주의를 요한다. 포스트의 적절한 길이 설정도 중요한데, 골조직에 둘러싸인 치근 길이의 1/2~3/4는 되어야 파절 저항성을 가진다. 위의 증례에서와 같이 부적절한 포스트의 길이 설정시 포스트의 말단부가 fulcrum으로 작용하여 기능력이 가해질 때마다 얇은 치근부위에 하중이 가해져 초기에 천공이 없었다 하더라도 결국 실패에 이르렀을 수 있다.

이용하여 preparation하는 것이 천공의 위험을 낮추는데 도움이 된다. 또한 치근의 크기를 고려하여 size를 적절히 선택해야 하는데, 너무 큰 사이즈를 선택하면 path가 잘 설정되었더라도 strip perforation이 발생할 수 있다.

초기에 발견된 작은 치근 천공은 포스트 공간에 MTA를 적용하여 수리할 수 있다. 그러나 천공의 크기가 크고 이미 감염이 일어난 지 오래 경과되었다면 결손부로의 접근도 어렵고, 외과적 수술로도 접근을 위하여 치주 부착부위의 희생해야 하는 부위가 너무 넓고, 치근이 짧아져 대개 치료가 어렵다[7].

3) 근단부 천공

근단부 천공은 해부학적 특이성이나 접근의 어려움이 없는 일반적인 근관치료 과정에서도 흔하게 발생할 수 있어 주의를 요한다. 근첨공 개방(apical patency) 확인 및 recapitulation은 근관치료시 근관 성형 과정에서 발생하는 debris를 제거하고, 감염의 해소를 위해서 반드시 필수적인 과정이며, 이를 통하여 근관의 만곡도를 따르는 근관 성형이 가능하게 된다. 그러나, 적절한 위 과정이 동반되지 않는 근관 성형은 근단부에 삭편의 축적으로 인한 ledge를 형성하고, 근관장의 길이를 짧게 할 수 있다. File sequence에 따르지 않는 급격한 파일사이즈의 신장, 만곡 근관에서의 큰 사이즈의 stiff한 SS file 적용과 같은 무리한 기구조작은 근단부에 Zip이나 ledge을 초래할 수 있다. 이러한 기구조작 방향의 deviation은 또한 근관 성형시 근단부 변위(transporation)을 유발한다. 이러한 zip, ledge 및 근단부 변위 등은 천공의 원인이 될 수 있다.

근관장의 길이는 근관 성형에 따라서, 혹은 참조점(reference point)에 따라 시시때때로 변화하기 때문에 처음 IAF 파일을 적용하여 근관장을 측정한 이후에도 수회, 특히 내원 간격마다 측정을 반복할 필요가 있다. 특히, 근관의 만곡이 있는 경우 혹은 하악 대구치나 상악 대구치의 근관치료시 straight line access를 위한 치질의 삭제를 시행하면 근심 근관의 cervical dentin제거에 따른 근관장 1mm이상의 변화가 있을 수 있다. 근관장의 길이 변화로 인하여 본인이 초기에 설정한 근관장의 길이가 때로는 over-instrumentation과 근단부 천공을 유발할 수 있으므로 주의해야 한다.

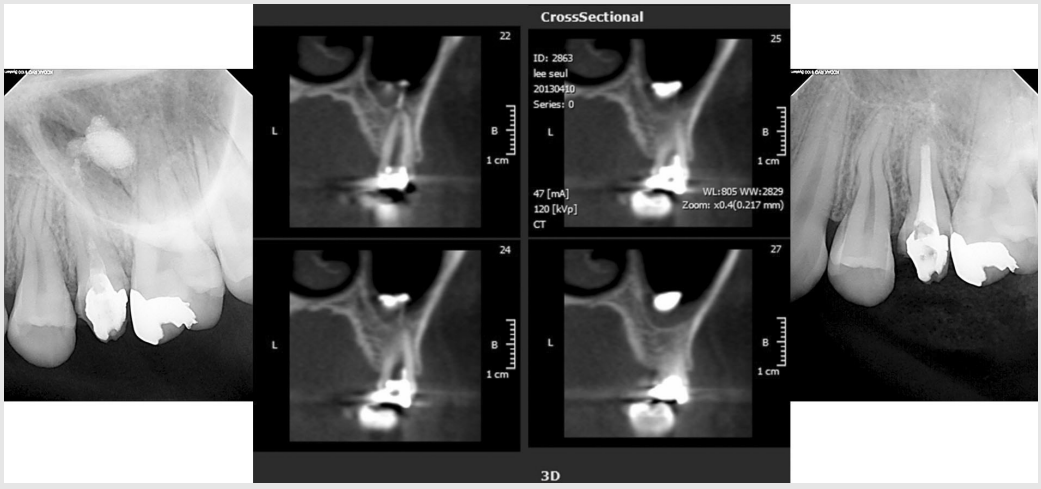

Fig. 4. 근단부 천공
잘못된 근관장의 설정과 과도한 근관 성형으로 인하여 수산화칼슘 첩약제가 근단공을 통하여 상악동에 유입되었다. 근단부는 collagen matrix로 barrier를 형성하고 MTA로 근단부 1/3을, 나머지 상부는 GP cone으로 충전하였다. 과충전된 수산화칼슘 첩약제는 외과적 접근을 통하여 제거하였다.

근단부 천공의 또 다른 발생요인으로 NiTi file 사용시 발생하는 screw-in effect가 있다. 유연한 NiTi 회전식 기구라 할지라도 삭제효율이 높은 파일, 파일의 단면적이 넓은 경우, 기구의 taper등의 요인으로 근관 형성시 근단부 1/3 부분에서 회전기구가 근관에 끼이면서 깊이 물려 파고 들어가는 screw-in effect가 발생할 수 있는데[8], 이 또한 치근첨 협착부 apical constriction을 파괴하면서 근단부 천공의 원인이 된다. 이를 방지하기 위해서는 NiTi file을 사용하기 전에 적절한 glide path를 확보하고, 충분한 근관 세정액을 적용하고, 수시로 근관내 세정액을 교환(flushing)하여 상아질 삭편이 근관 내에서 윤활을 방해하지 않도록 하여야 한다. NiTi file의 성형시 file flute의 삭제편을 잘 제거하고, 삭제편이 묻어나오는 위치를 통해 간접적으로 삭제되는 부위를 확인하는 것 또한 근관 성형시 기구가 받는 응력을 최소화하고, 근단부 천공을 예방하는데 필수적이다.

4. 천공의 예후
Prognosis of perforation

천공의 예후를 결정하는 요소로는 천공의 위치, 천공의 처치 전까지 소요된 시간, 결손부를 수복할 수 있는 가능성, 미생물로 인한 기존의 오염 정도 등이 있다.

〈위치에 따른 천공의 예후〉

일반적으로 천공의 위치는 치근단에 가까울수록 예후가 좋다. 그러나, 한편으로는 치근단에 가까울수록 수복의 난이도 또한 높다. 만약 결손부가 다근치 치근이개부에 있거나 치경부 1/3에 위치하는 치경부 천공의 경우에는 시야 확보에 용이하고, 수복을 위한 접근에 유리하다. 치근 중앙부 천공, strip 혹은 post공간 형성 과정중의 천공의 경우에는 치료의 난이도가 증가하게 된다. 근단부 천공은 비외과적 처치는 거의 불가능하며, 외과적 근관치료를 필요로 하게 된다.

〈수복시기에 따른 천공의 예후〉

지연된 수복은 치주조직의 파괴의 원인이 되며, manage하기 어려운 근관-치주 병소를 일으키기 때문에 가능한한 빨리, 즉시 처치하는 것이 예후에 더 유리하다. 천공의 수복에 있어서 가장 중요한 요소는 천공 부위의 미생물 감염의 제거와 적절한 sealing이다. 이러한 여러 가지 요소를 고려할 때, 현재까지 가장 천공의 수복에 추천되는 수복재는 MTA라고 할 수 있겠다.

5. 천공의 수복
Management of Perforation

근관계와 치근 주위 조직간의 개통을 차단하는 천공의 수복재료로써 다양한 재료들이 제시되어 왔다. 수복재로 분류되는 거의 모든 재료들이 전통적으로 사용되어 왔으나, 최신 근관치료학에서는 대표적으로 천공의 수복에 사용되는 재료들은 Super EBA, IRM, 글라스아이오노머, 복합레진, MTA 등이 제시되고 있으며, 이들 재료는 비외과적 또는 외과적 방법으로 적용되게 된다.

〈Mineral trioxide aggregate, MTA〉

MTA는 1993년에 Dr. Torabinejad에 의해 개발되어 root perforation[9]과 root-end filling material[10]에 기존의 재료를 대신 하여 활용할 수 있는 sealing ability가 뛰어난 endodontic material로 처음 소개되었다. 그로부터 어느덧 25년이 흐른 지금, MTA는 시장에 나온 상용화된 제품의 종류만도 수종에 이르며, 근관치료 영역에서 연구와 임상을 막론하여 가장 널리 활용되고, 인기있는 재료로 자리매김하였고, 천공 수복의 장기간의 우수한 임상결과를 나타내었다[11, 12].

MTA는 천공시 사용될 경우 아말감이나 super EBA에 비하여 우수한 sealing ability를 나타내며, 세포독성이 낮다. 또한 MTA수복 부위 주변으로 백악

질과 유사한 조직이 생기는 특징(biocompatibility)을 가지는데, 이는 치주조직의 이상적인 치유에 필수적인 고유의 장점이다. MTA의 단점은 약 3시간에 달하는 긴 경화시간과 치아에 변색을 일으킨다는 점, 제거를 위한 용매가 없는 점 등이 있는데, 특히 경화시간이 길다는 점은 천공의 임상적 수복시에 문제가 되는데, 치경부 외흡수나 치은을 횡단하는 천공이 존재할 경우에는 완전한 setting이 일어나기 힘들어 MTA의 사용이 부적절하다[13].

〈천공의 수복 방법〉[14, 15]

수복재료로 천공부위를 수복하는 과정 중에 근관입구가 봉쇄될 수 있기 때문에, 근관을 먼저 negotiation한 후, 미리 성형 및 확대를 시행한다. 천공부위를 NaOCl을 이용하여 충분히 세정하는데, 천공 부위가 너무 큰 경우에는 NaOCl용액이 합병증을 유발할 수도 있기 때문에 저농도(2.5% 혹은 그 이하) NaOCl을 사용하거나 saline용액을 세척액으로 사용한다. 결손부위가 깨끗해지면 쉽게 제거될 수 있는 물질 cotton, GP cone, paper point, collagen 조각 등을 이용하여 근관입구가 폐쇄되지 않도록 준비하고, 수복을 진행한다.

1) Internal matrix technique

: 결손부위가 큰 경우에는 수복재료가 overfill되지 않도록 matrix가 필요할 수 있는데, 보통 Collatape, Collacote와 같은 흡수성 collagen, Gelfoam과 같은 gelatin matrix가 일반적으로 사용된다. 천공부위에 맞게 준비한 matrix를 위치시키고 plugger를 이용하여 defect의 borderline이 형성되었는지 확인한다. Matrix를 위치시킨 천공부위를 다시 세정 및 소독하고, 건조 후 수복재료(glass ionomer, composite 등)를 적용한다.

2) MTA technique

: MTA를 제조사의 지시에 따라 증류수와 혼합하고, 수복재료를 아말감 캐리어나 시린지를 이용하여 운반하고 plugger를 사용하여 condensation한다. MTA를 수복재료로 사용시 paper point의 뒷부분을 이용하여 compaction해주면 물을 흡수하면서 다질 수 있어 유용하다. MTA적용 후에는 MTA의 경화를 위하여 wet cotton pellet을 재료 상부에 위치시키고 임시재료 caviton등으로 가봉한다.

다음 내원시에 endodontic explorer등의 기구를 이용하여 MTA의 경화를 확인하고, 경화된 MTA상부에 internal matrix technique와 마찬가지로 수복재료를 적용한다.

〈Microscopic endodontic treatment〉

최신 근관치료학 분야에서 임상적 술식의 advance에 가장 크게 기여한 장비는 NiTi 전동기구, 전자 근관장 측정기, CBCT, 그리고 미세현미경을 들 수 있을 것이다. 치근단 절제술을 포함한 외과적 근관치료, 지속된 근관치료에도 낫지 않는 만성 병소를 가지는 치아는 최신 장비들 특히 CBCT와 미세현미경을 활용한 진단과 치료를 통하여 치료의 질(quality) 향상에 기여하며 예지성 높은 치료 tool로 점차 임상에 확대되어 사용되고 있다[16].

미세현미경을 근관치료 영역에 도입하였을 때 가장 큰 장점은 시술야의 확대(Magnification), 개선된 조명(Illumination), 그리고 이로 인한 Micro-instrument의 사용을 통한 정교하고 정확한 시술이 가능한 점이라 하겠다. 예전에는 육안으로 잘 진단되지 않아 손의 감각 및 임상적 경험에 의존하여 추측으로 하던 진단과 시술 과정을 벗어나서 정확한 검사 및 객관적 진단 하에 정밀한 시술이 가능하게 된 것이다. Microscope을 근관치료시 사용했을 때, 근관계의 형태 및 해부를 더 잘 확인하고 치료함으로써 치료의 예후가 향상되고, 더 양호한 치료 결과를 보이는 것으로 보고되었다[17].

미세현미경은 임상적으로 근관치료 영역에서 진단, 천공의 수리, 미성숙 영구치의 치료, 분리된 기구 및 충전물질의 제거, 내흡수 및 외흡수의 치료, 치근단수술시 진단과 치료 등 다양하게 활용될 수 있다. 또한, 석회화 근관, missing canal, 비정상적 해부학적 형태의 근관 및 malpositioned tooth와 같이 근관치료의 난이도가 높을수록 근관치료 과정 중에 미세현미경을 적용하는 것이 치료의 질과 예후를 향상시킨다[18]. 그 밖의 다양한 치과적 질환의 진단 및 치료영역시에도 시야한정의 문제를 해결함으로써 다양하게 활용되고 있다. 특히, 천공의 수복 및 흡수성 병소의 처치와 같은 근관치료 과정 중의 challenge를 manage함에 있어서도 정밀한 disinfection 및 filling material의 적용이 치료의 예후와 직결되기 때문에 근관치료시 미세현미경의 사용은 유의미하게 치료의 예후를 향상시킬 수 있으며, 적극적으로 권장되는 바이다.

Ⅱ. 결론

Endodontic perforation은 치료 이전에 병리적 원인(흡수성 병소 및 치근우식증) 혹은 치료과정 중에 의원성 원인으로 인해 발생할 수 있는 가장 당황스러운 임상적 complication중의 하나라 할 수 있으며, 이는 지속되는 chronic infection이나 궁극적으로는 치아의 상실을 초래할 수도 있다. 신중한 treatment planning, magnification의 활용 및 충분한 근관 세척액의 사용, 유연한 NiTi file의 사용이 치근 천공을 예방할 수 있는 방법이라 하겠다.

천공이 발생하였을 경우, 치료의 일차적 목적은 periodontium의 long-lasting injury를 최소화하는 것으로, 가능한한 빠른 진단과 수복이 치료의 예후에 가장 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 그러므로 임상가들은 perforation에 대하여 잘 이해하고, 천공이 발생하지 않도록 임상 과정시 예방 및 주의를 기울이며, 발생된 천공에 대하여 적절하게 management할 수 있어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Alhadainy HA. Root perforations. A review of literature. Oral surgery, oral medicine, and oral pathology. 1994;78:368-374.
2. Sinai IH. Endodontic perforations: their prognosis and treatment. Journal of the American Dental Association. 1977;95:90-95.
3. Igor Tsesis, Zvi Fuss. Diagnosis and treatment of accidental root perforations. Endodontic topic. 2006;13:95-107.
4. Moreinis SA. Avoiding perforation during endodontic access. Journal of the American Dental Association. 979;98:707-712.
5. Abou-Rass M, Jann JM, Jobe D, Tsutsui F. Preparation of space for posting: effect on thickness of canal walls and incidence of perforation in molars. Journal of the American Dental Association. 1982;104:834-837.
6. Souza EM, do Nascimento LM, Maia Filho EM, Alves CM. The impact of post preparation on the residual dentin thickness of maxillary molars. The Journal of prosthetic dentistry. 2011;106:184-190.
7. Gutmann JL, Lovdahl PE. Problem solving in Endodontics: Prevention, Identification, and Management: Fifth edition (Elesvier) 2014;484-491.
8. Ha JH, Jin MU, Kim YK, Kim SK. Comparison of screw-in effect for several nickel-titanium rotary instruments in simulated resin root canal. Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry. 2010;35:267-272.
9. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. Journal of endodontics. 1993;19:541-544.
10. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. Journal of endodontics. 1993;19:591-595.
11. Roda RS. Root perforation repair: surgical and nonsurgical management. Practical procedures & aesthetic dentistry. 2001;13:467-42.
12. Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. Journal of endodontics. 2004;30:80-83.
13. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review?part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. Journal of endodontics. 2010;36:400-413.
14. Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C. Textbook of Endodontology. second edition (Wiley-Blackwell) 2010; 189,344.
15. Ibarrola JL, Biggs SG, Beeson TJ. Repair of a large furcation perforation: a four-year follow-up. Journal of endodontics. 2008;34:617-619.
16. Taschieri S, Del Fabbro M, Weinstein T, Rosen E, Tsesis I. Magnification in modern endodontic practice. Refu'at ha-peh veha-shinayim (1993). 2010;27:18-22, 61.
17. Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the Cause of Failure in Nonsurgical Endodontic Treatment by Microscopic Inspection during Endodontic Microsurgery. Journal of endodontics. 2011;37:1516-1519.
18. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature?Part 1: Comparison of Traditional Root-end Surgery and Endodontic Microsurgery. Journal of endodontics. 2010;36:1757-1765.