

# 4

## MTA의 구성 성분과 수화(경화) 작용

궁금해하는 선생님도 계시고 그렇지 않은 선생님도 계시지만, 가끔 MTA의 성분이 무엇인지에 대해 질문을 받을 때가 있다. 그런데 사실 MTA의 성분은 중요하다. 왜냐하면 MTA의 고유한 성질들이 화학적 성분과 그 경화 작용으로 설명되기 때문이다. 치과의사에게 MTA가 매우 고맙고 유용한 존재가 된 것은 사실상 MTA가 개발됨으로써 치근 천공부 등의 처치를 너무나 말끔하게 잘 할 수 있도록 되었기 때문이다.

MTA의 개발 이전을 생각해 보면 천공부의 처치에 GI(glass ionomer), IRM(intermediate restorative material), 아말감 등을 사용했는데, 사실 결과가 좋지 못한 경우가 많았다. 일단 치근 천공을 시켜본 분들은 알지만 천공이 한 번 일어나고 나면 천공부로 계속 출혈이 되기 때문에 지혈과 습기 조절이 매우 어렵다. 그래서 그 어떤 재료를 사용해도 잘 밀폐시킬 수 없기 때문에 근관계와 치주조직 사이에 세균의 누출이 일어나서 치료가 실패하는 경우가 많았다. 필자도 천공의 시절 천공을 많이 시켰는데 치근 천공이 되고 나면 환자에게 예후를 설명해 주는 데도 자신이 없었고, 며칠 동안 노심초사하면서 지옥 같은 나날을 보냈던 기억이 난다. 그런데 MTA가 나오면서 이러한 천공에 대해 치과의사들이 보다 더 자신 있게 대처할 수 있게 된 것만은 사실인 것 같다.

그림 1-4는 어느 개인치과에서 의뢰된 증례였다. 필자는 처음에 보고 “MB1(1<sup>st</sup> mesiobuccal canal)과 MB2(2<sup>nd</sup> mesiobuccal canal)가 참 잘 찾아져 있네.”하고 감탄하였는데 MB2의 위치에 뭔가 붉은색이 비쳐서 보니 출혈이 되고 있었다. 아마도 의뢰한 선생님이 너무 열심히 MB2를 찾다가 과도한 열정으로 화를 부른 것 같았다. 이런 경우 예전 같으면 출혈되고 있는 부위에 아말감이나 GI, 레진 등으로 치료하였을 텐데, 사실 이렇게 출혈이 되는 부위에서 앞의 재료들은 천공 부위를 잘 밀폐시키지 못하는 경우가 많아서 천공은 곧 근관치료의 실패 또는 발치로 이어질 확률이 높았다.

그림 1-5는 천공 부위를 MTA로 밀폐하고 난 후의 모습이다. 천공 부위에 따라서 항상 MTA로 잘 밀폐가 된다고는 할 수 없지만, 이와 같이 천공 부위가 눈에 잘 보이고 접근이 쉬운 경우는 MTA를 사용한 천공부의 수복을 너무나 쉽게 할 수 있고 예후도 매우 좋다.



그림 1-4

근심 협착 부위에 제2근심 협착 근관(MB2)을 찾으려다 만들어진 것으로 보이는 천공 부위가 확인된다(빨간 화살표).

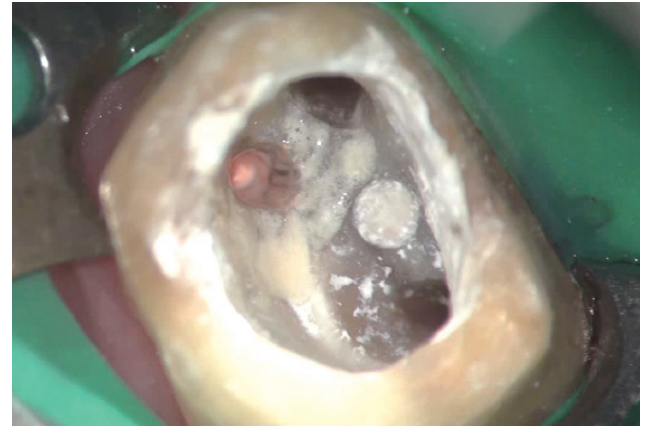


그림 1-5

천공 부위를 ProRoot MTA를 사용하여 처치하였다. 이렇게 접근성이 좋은 부위의 천공은 MTA로 처치하는 데 아무런 무리가 없다.

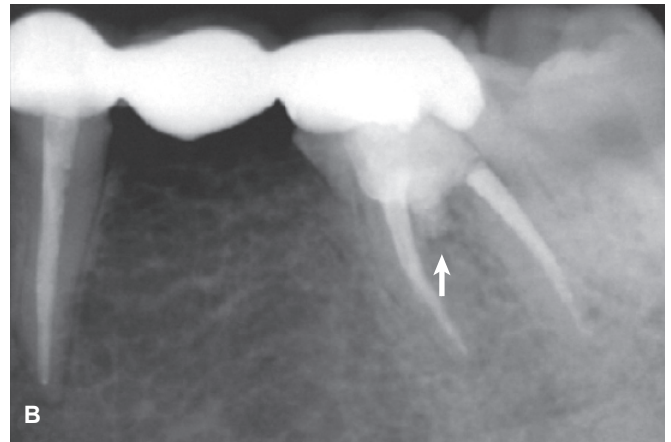
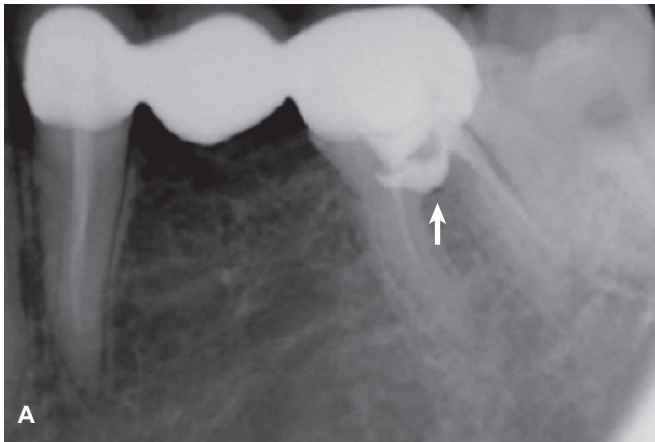


그림 1-6

치근분지부의 천공을 보여주고 있으며(A) 천공을 MTA로 처치하고 난 후 3년 경과 후의 모습(B). 환자는 증상이 없으며 치주조직도 건강하게 유지되고 있다.

사실 MTA로 천공부를 처치하고 나서 천공부의 처치가 제대로 잘되었는지, 안 되었는지를 바로 알 수 있는 방법은 없는 것 같다. 시간이 지나도 천공부의 골소실이 나타나지 않고, 건강하게 유지가 되면서, 환자도 증상이 없어야만 처치가 잘되었다고 할 수 있을 것이기 때문이다. 다른 모든 것이 그렇지만 MTA를 사용한 천공부의 처치도 시간의 검증을 통해서만 올바른 평가를 받을 수 있다. 그림 1-6은 서울대학교 금기연 교수님의 증례로서 치근 천공부를 MTA로 처치하고 3년여 동안 추적 관찰한 증례이다. 그림 1-6B에서 MTA가 천공부를 잘 처치하고 있고, 일부 MTA가 천공부 밖으로 빠져 나가 있지만 3년이 지났음에도 불구하고 치근분지부에 골소실이 전혀 없이 치주조직이 건강하게 유지되고 있는 것을 볼 수 있다. 아마도 MTA가 아닌 다른 재료로 충전하였던

라면 완전한 밀폐가 어려워서 치근분지부에 골소실이 나타났을 것이라 생각한다.

\* MTA의 물리화학적 성질 및 생체친화성에 대한 연구. 장석우, 오택석, 유현미, 박동성, 배광식, 금기연. 대한치과의사협회지. 2012 Vol.50, No.3 148-155.

앞의 두 증례(그림 1-4~1-6)에서 보는 것처럼 천공이 일어나도 MTA를 이용해서 잘 처치만 해 준다면 장기적으로 예후에 아무 영향을 미치지 않는 경우가 많다. 물론 MTA라고 해서 완전히 만능인 것은 아니다. 천공부의 위치와 접근의 용이성에 따라서 MTA를 적용하기 매우 어려운 경우도 있기 때문이다. 하지만 치과의사들이 현미경이나 루페 등을 사용해서 충분한 시야와 접근성을 확보할 수만 있다면 이제는 어지간한 천공은 어느 정도 잘 처치할 수 있게 된 것만은 분명한 사실인 듯하다.

그림 1-7의 환자는 #37 치아의 치은부종으로 내원하였는데, 한눈에도 부어오른 잇몸으로 몹시 불편한 상태였다. 환자는 재신경치료를 하면 치아를 살릴 수 있다고 들었다고 하면서 재신경치료를 해달라고 하였다.

환자의 해당 부위의 구내 방사선 사진 촬영 결과, #37 치아에 광범위한 치근단 병소가 형성되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(그림 1-8). 예전 근관 충전 상태는 불완전해 보였기 때문에 근관치료를 제대로 잘해 준다면 치근단 병소를 완전히 낫게는 못해도 적어도 어느 정도 줄여줄 수는 있지 않을까 하는 생각에 환자에게 재근관치료를 해보자고 권유하였다. 물론 예후는 매우 의문스럽다고 판단하고 환자에게 수술 및 발치 가능성도 미리 설명하였다.



그림 1-7

#37 치아 주위의 치은부종과 함께 해당 치아는 심한 동요도를 보이고 있다.



그림 1-8

그림 1-7과 같은 환자의 구내 방사선 사진. 이전에 근관치료가 되어 있는 상태와 함께 매우 큰 치근단 병소를 확인할 수 있다.

같은 날 촬영한 파노라마 사진에서 #37 치근단 병소가 얼마나 큰지 확인할 수 있다(그림 1-9). 이러한 경우 치근단낭일 가능성도 배제할 수 없기 때문에 재근관치료 후 치유 상태를 보아서 추가적으로 수술을 하게 될 수도 있다고 환자에게 다시 한 번 설명하였다.

병소가 너무 크기 때문에 병소가 어느 정도 범위인지 좀 더 자세히 보기 위해서 CBCT(cone beam computed tomography) 촬영을 하였는데 여기서 뜻밖의 사실을 발견할 수 있었다(그림 1-10). #37 치아의 근심 치근의 중간쯤 되는 부분에서 근관과 치주조직의 개통된 부분을 관찰할 수 있었던 것이다(그림 1-10, 빨간 화살표). 아마도 천공부가 존재하고 있는 것이 아닌지 의심이 되었다. 근관 내에 들어있는 수산화칼슘이 천공부를 통해 약간 밖으로 빠져나가 있는 듯한 양상이 관찰되었다. 근관치료를 하기 전에 여러 가지로 대비를 해야 되는 상황이었다.

현미경을 사용하여 근관을 들여다보니 근심 근관의 치근분지부 쪽에서 출혈이 되는 소견을 관찰할 수 있었고, CBCT에서 확인한 것처럼 천공 부위가 존재하는 것으로 판단하였다. 그래서 천공 아래 부위의 근관을 통상적인 거타퍼차를 이용해서 근관 충전한 후 천공부를 포함한 근관의 윗부분을 ProRoot MTA를 사용하여 충전하였다.

그림 1-11의 좌측에서 보이는 바와 같이 하악 대구치 근심 치근의 치근분지부 쪽은 치질의 두께가 매우 얇아서 근관 형성을 하는 중에 이 부분이 치과의사도 모르게 천공되는 경우가 있다. 본 증례도 비슷한 증례로 생각되는데, 그림 1-11의 우측에서 설명된 것과 같은 방법으로 근관의 하방은 거타퍼차, 근관의 상방은 MTA를 사용하여 근관 충전을 시행하였다.

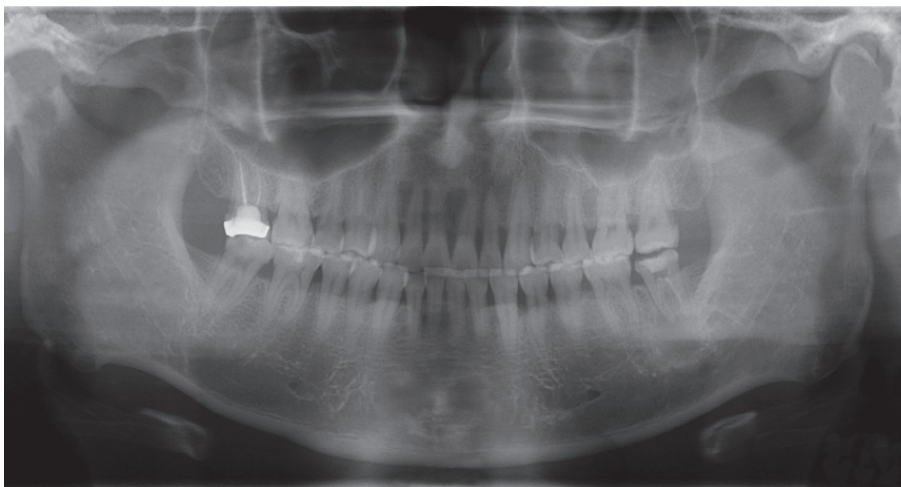


그림 1-9

같은 날 촬영한 파노라마 사진. #37 치근단 병소의 크기를 가늠해 볼 수 있다.



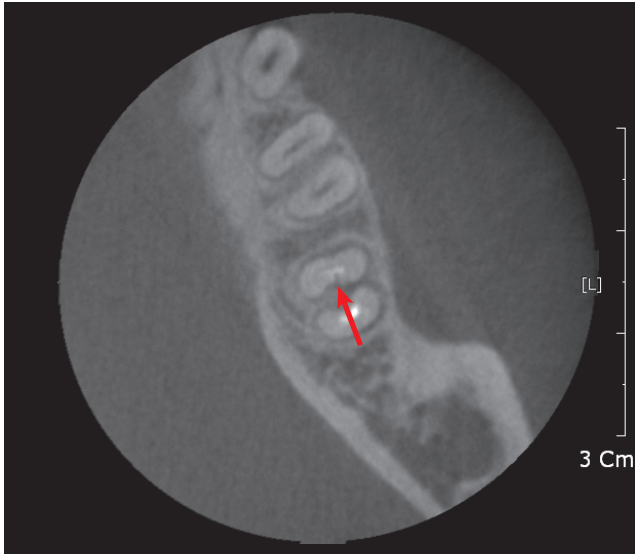


그림 1-10

#37 부위의 CBCT 사진. 치근 부위에 strip perforation이 의심되는 소견이 보인다(빨간 화살표).

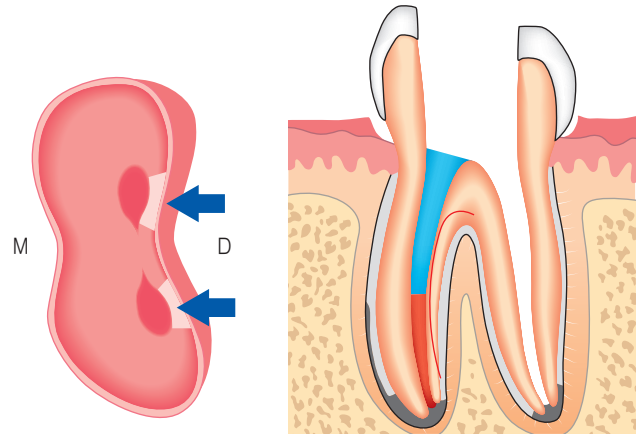


그림 1-11

하악 대구치의 근심 치근 중 치근분지부 쪽은 치질이 매우 얇아서 근관 형성이 조금만 과도하면 strip perforation을 일으키게 되는 경우가 있다. 이러한 경우 천공의 하방은 거타파차로 충전하고 충전 부위는 MTA로 충전하는 것을 고려해 볼 수 있다.



그림 1-12

근관 충전 후의 모습. 천공부의 하방은 거타파차로, 천공부를 포함한 상부는 ProRoot MTA를 사용하여 충전하였다.

근관 충전 후 MTA가 치근 밖으로 약간 밀려나간 부분이 관찰된다. 다행히 근관 충전 이전 수회에 걸친 근관 형성과 근관 세정 후 환자는 치은부종도 가라앉고 전혀 증상이 없는 상태였다(그림 1-12). 이제 MTA까지 사용하여 근관 충전을 해 주었으니 술자로서는 할 수 있는 치료는 다 해준 것이고, 환자도 증상이 없으니 아직까지는 서로 행복한 상태이며, 다시 증상이 나타나지 않기를 바라면서 경과 관찰을 해야 하는 단계가 되었다.

근관 충전 후 9개월이 지난 시점에서 방사선 사진을 촬영하였다. 다행히 환자는 아직까지 아무런

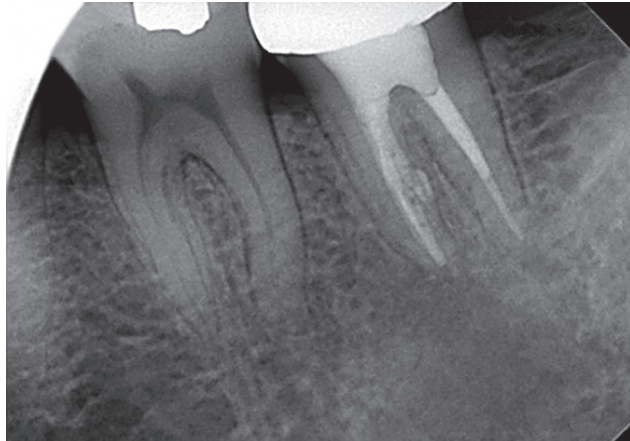


그림 1-13

근관 충전 후 9개월이 지난 시점에서의 방사선 사진. 치근단 병소의 감소를 보인다.

불편도 없었다. 크라운은 아마도 가까운 병원에서 한 듯하였다. 이런 경우 살짝 서운한 마음이 들기도 하지만, 환자가 안 아파서 좋고, 의사도 환자의 불평을 안 들어도 좋으니 좋은 게 좋은 것 같다. 근심 치근의 주위를 자세히 들여다보면 치근단 병소의 크기도 조금 줄어들고 있는 것처럼 보이고 무엇보다도 치근 주위를 둘러싸고 있는 치조백선(lamina dura)이 많이 재생되어 있는 것이 반갑다(그림 1-13). 치근 주위의 염증원이 제거되면 치근 주위에 소실되었던 치조백선이 다시 만들어지고, 치조백선의 재생은 병소의 치유가 진행되고 있다는 무엇보다 뚜렷한 근거가 될 것이다.

치료 전(그림 1-14)과 치료 후(그림 1-15)의 파노라마 사진을 비교해 보면 치료 전에 상당히 컸던 치근단부 병소가 치료 후에 그 크기도 줄어들었지만 방사선 투과 정도가 많이 감소되어 병소의 치유가 어느 정도 진행되고 있다는 사실을 알 수 있다.

아마도 근관치료를 하는 치과의사로서 받는 보상이라면 금전적으로는 말할 수 없고, 이렇듯 치료 후 나타나는 나만 아는 성취감 같은 것이 아닐까 싶다. 하지만 이 작은 성취감을 위해 정말 큰 노력과 때로는 짜증과 분노를 감수해야 할 때도 많다.

그렇다면 MTA와 예전에 사용하던 재료들과는 무엇이 다른 걸까? 사실상 완전히 다르다. 일단 화학적 구성 성분 자체가 완전히 다르다고 해야 할 것 같다. 우선 이전에 사용하던 레진이나 GI 같은 경우는 연고 형태의 재료가 중합 과정을 통해서 굳게 되는 것으로 치아와 재료 간의 계면은 GI의 경우는 화학적 결합, 레진의 경우는 미세한 물리적 결합에 의존하며, 아말감이나 ZOE(Zinc Oxide & Eugenol) 같은 경우는 마땅히 계면 형성 기전이라고 할 만한 것 자체가 없이 물리적으로 틈을 메꾸는 것에 의존하고 있다.

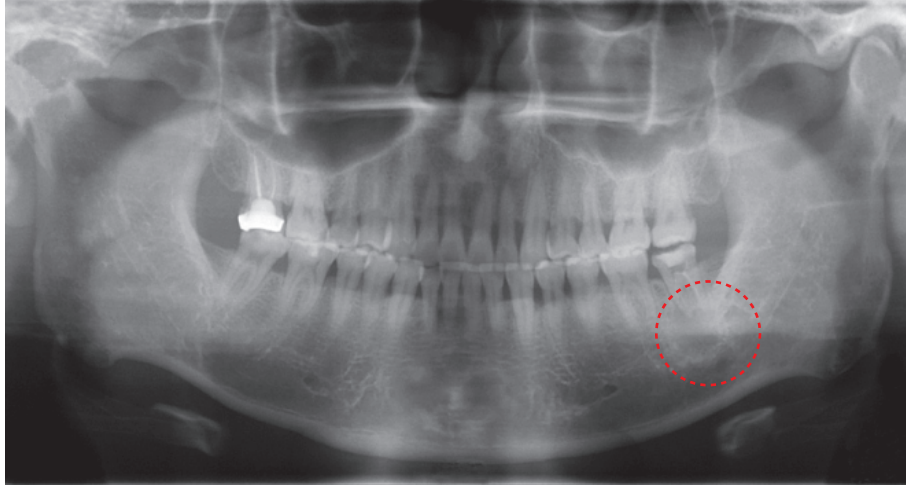


그림 1-14

같은 환자의 치료 전의 방사선 사진으로 #37 주위의 큰 방사선 투과상이 보인다(빨간 원).

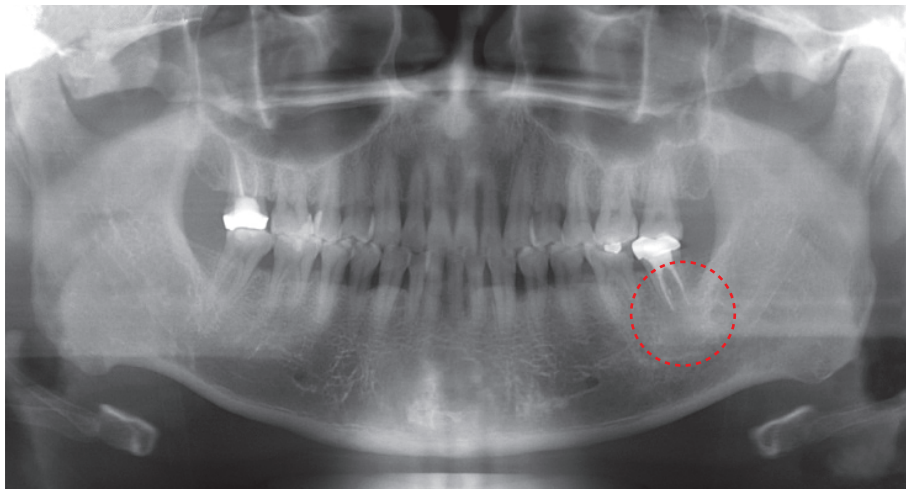


그림 1-15

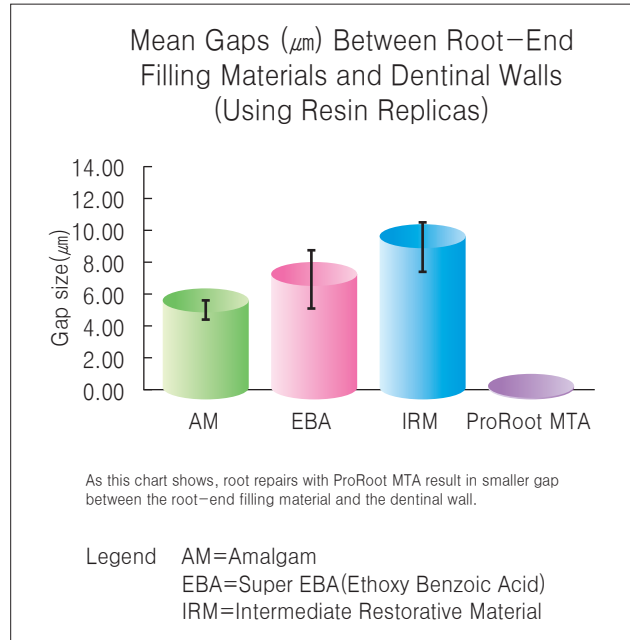
근관 충전 후 9개월이 지난 시점의 방사선 사진으로 #37 치근단 병소의 크기 감소를 확인할 수 있다(빨간 원).

제조사 자료(그림 1-16)를 살펴보면 역충전 재료로 사용되었을 경우 MTA와 상아질 간의 간극을 살펴보면 MTA(ProRoot MTA)는 거의  $0\mu\text{m}$ 에 가깝지만, 아말감이나 IRM, Super EBA(Ethoxy Benzoic Acid) 등은 상당한 간극을 보이고 있다. 간극이 크다는 것은 이 부분을 통해서 세균이 흘러나올 수 있다는 뜻이 되므로 간극이 작은 MTA가 다른 재료들에 비해서 치근단부 근관의 밀폐에 훨씬 더 유리할 것이라고 생각할 수 있다.

앞의 결과에서 보듯이 아말감이나 ZOE, IRM 등의 재료들은 사람의 치아를 구성하는 상아질과 일단 화학적으로 유사성이 전혀 없는 재료이기 때문에 상아질과 어떤 구조적 및 기능적 계면을 형

그림 1-16

제조사에서 제공하는 MTA의 밀폐성 관련 자료. MTA는 다른 재료들보다 치아와 재료 간 간격(gap)이 매우 작다고 한다.



성하기 어려워 보인다. 이런 점에서 MTA는 확실히 이전의 재료들과는 완전히 다른 면이 있다. 일단 MTA의 화학적 구성 성분을 알아보자.

### MTA의 화학적 구성 성분

화학적 구성 성분이라고 해서 어려울 것은 없다. 앞서 MTA가 포틀랜드 시멘트와 그 성분이 거의 비슷하다고 이야기한 적이 있는데 바로 그렇다. 그럼 포틀랜드 시멘트는 무엇으로 만들어져 있을까? 간단하다. 석회(CaO; 영어로 lime)와 규소(SiO<sub>2</sub>; 영어로 silica. Silica gel의 그 silica임)가 주성분이다. 석회(CaO)라고 하면 다른 것이 아니라 사람들이 사는 집의 벽을 바르는 재료이다. 지중해 연안에 있는 멋있는 집들의 벽을 바르는 재료가 바로 석회이다(그림 1-17). 이렇게 석회를 개서 바른 벽을 회벽이라고 하는데, 사실상 석회는 전통적으로 건축물의 외벽을 바르는 가장 흔한 재료로 쓰여 왔다. 그만큼 석회는 흔한 재료이다.

그렇다면 규소(SiO<sub>2</sub>)란 무엇일까? 규소는 치과 분야에서 다소 친근한데, 치과의사들이 많이 사용하는 치과용 복합레진의 강도를 높이기 위한 필러(filler)의 재료이다.

규소는 영어로 silica라고 하는데, 단단하고 반투명한 성질을 가지고 있기 때문에 이를 잘 빻아서 매우 미세한 가루로 만든 다음 복합레진의 기질에 넣어서 치과용 복합레진이 좀 더 기계적으





그림 1-17

왼쪽은 석회(CaO)이고, 오른쪽은 석회를 가루로 만들어 물에 개서 바른(회벽칠을 한) 집이다. 석회는 건물의 외벽을 칠하는 데 많이 사용되어 왔던 매우 흔한 재료이다.



그림 1-18

규소 덩어리의 모습.

로 강한 성질을 갖게 하는 재료이다(그림 1-18). 또 라면이나 인스턴트식품 포장지 안에 같이 들어 있는 실리카 겔의 실리카를 떠올려도 되겠다. 규소도 석회만큼이나 흔한 재료인데, 실리카의 실리콘(Si) 성분이 MTA의 우수한 성질을 만드는 데 화학적으로 큰 역할을 한다. 석회(CaO)와 규소(SiO<sub>2</sub>)의 결합, 즉 칼슘(Ca)과 실리콘(Si)의 결합, 이 흔한 재료들의 결합으로 흔치 않은 재료를 만드는 것은 무에서 유를 만드는 것만큼이나 창조적인 일인 것 같다.

석회와 규소, 이 두 가지의 산화물이 포틀랜드 시멘트와 MTA 공통의 주성분이다. 이 두 가지의 화합물과 미량원소를 섞어서 고열(1,450°C 정도)에서 가열하면 두 성분이 화학적으로 반응하여 괴(clinker)를 만들게 되고, 이 괴를 잘 빻아주면 포틀랜드 시멘트 또는 MTA의 주성분이 된다. 필자가 이렇게 천기누설을 하였으니 이제 선생님들 모두가 MTA를 만들어 쓰시는 것은 아닌지 모르겠다. 그런데 치과 재료로 쓰기 위해서는 방사선 불투과성이 필요하다. 왜냐하면 치아에 멋지게 MTA를 바르고 방사선 사진을 찍었는데 방사선 불투과성이 없으면 MTA가 잘 붙어 있는지 어떤지 알 수가 없기 때문이다. MTA(ProRoot MTA 등)에서 이러한 방사선 불투과성을 부여하는 성분이 산화비스무스(Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이다.

애초에 MTA가 Mineral Trioxide Aggregate라는 이름을 갖게 된 것도, 이걸 필자의 개인적 추측이기는 하지만, mineral(광물질), trioxide(세 가지 산화물), aggregate(혼합체), 즉 광물질의 산화물 세 가지를 섞은 것이라는 의미라고 하면 석회(산화칼슘)와 규소(산화실리콘) 및 산화비스무스 이렇게 세 가지의 산화물이 MTA의 주성분이기 때문에 이름도 mineral trioxide aggregate인 것이 아닌지 추측해 볼 수 있다. 방금 설명했듯이 석회와 규소 등이 고온에서 서로 반응하

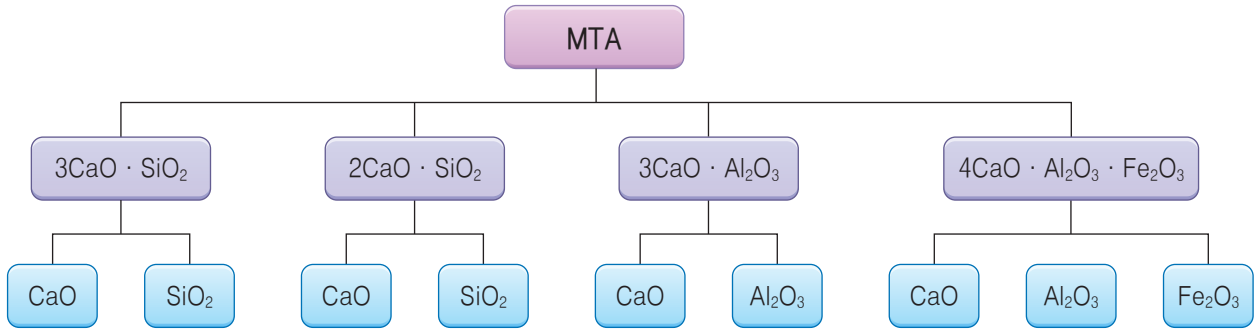


그림 1-19

ProRoot MTA를 기준으로 MTA의 성분을 도식적으로 나타낸 것이다. MTA는 기본적으로 석회(CaO)와 규소(SiO<sub>2</sub>) 및 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)과 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 등의 산화물들로 이루어져 있으며, 이 산화물들이 다시 합쳐져서 다음과 같은 좀 더 큰 화합물을 이루고 있는 구조로 되어 있다. 규산삼석회(3CaO · SiO<sub>2</sub>), 규산이석회(2CaO · SiO<sub>2</sub>), 알루미늄산삼석회(3CaO · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 철알루미늄산사석회(4CaO · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). [자료 출처: MTA와 포틀랜드 시멘트의 구성 성분 분석과 세포 독성에 관한 연구. 장석우, 유현미, 박동성, 오태석, 배광식. 대한치과보존학회지. 2008 Vol.33, No.4 369-376.]

게 되면 새로운 화합물을 형성하게 되는데 이것이 바로 규산칼슘(calcium silicate)이라는 화합물이며(그림 1-19), 규산칼슘이 바로 MTA의 가장 중요한 성분이라고 할 수 있을 것이다.

필자는 MTA의 화학적 구성 성분에 대해 조금 더 자세히 조사해서 논문을 쓴 적이 있는데, 과연 석회와 규소가 MTA의 주성분이라는 것을 확인할 수 있었다. 조금 더 자세히 이야기하면 Pro-Root MTA(tooth colored formula)의 경우 무게비로 석회가 47.18%, 규소가 19.42%로 이 두 성분의 합이 전체의 70%가량을 차지하는 것을 알 수 있었다.

\* MTA와 포틀랜드 시멘트의 구성 성분 분석과 세포 독성에 관한 연구. 장석우, 유현미, 박동성, 오태석, 배광식. 대한치과보존학회지. 2008 Vol.33, No.4 369-376.

그리고 앞의 석회, 규소, 산화비스무스의 세 성분 말고도 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 0.70%), 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 1.39%) 등의 미세 성분들이 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 미량원소는 MTA 파우더의 색을 결정하기도 하고, MTA의 경화 시간을 결정하기도 하며, 치아의 변색을 일으키기도 하여 미량원소라고 해서 무시할 수 없는 역할들을 하고 있다.