

OrthoMTA, ProRoot MTA 그리고 Portland cement의 경화 팽창과 경화 시간 비교

강지예 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

현재 시판되고 있는 ProRoot white MTA(Dentsply Tulsa, U.S.A)는 portland cement와 비슷한 성분으로 수분의 첨가로 인하여 경화 팽창하는 성질이 있고, 긴 경화 시간을 갖는다. 본 연구는 최근 개발된 OrthoMTA(BioMTA, Korea), 기존의 ProRoot white MTA(Dentsply Tulsa, U.S.A) 그리고 White portland cement(Union, Korea)를 대상으로 2008년에 개정된 치근관 충전재(KS P ISO 6876)의 요구 사항 중에서 경화 팽창과 경화 시간에 대한 연구를 하였다. 연구 결과, OrthoMTA의 경화 팽창률은 $0.08 \pm 0.02\%$ 이었고, ProRoot white MTA, White portland cement는 각각 $0.28 \pm 0.06\%$, $0.80 \pm 0.25\%$ 였다($p < 0.05$). 경화 시간은 각각 307.78 \pm 3.83분, 150.44 \pm 2.35분, 235.33 \pm 9.07분으로, ProRoot white MTA가 가장 짧았고, OrthoMTA가 가장 길었다($p < 0.05$).

주요어: Mineral trioxide aggregate, 경화 팽창, 경화 시간, OrthoMTA, ProRoot MTA

I. 서 론

1993년 Torabinejad^{1,2)}에 의해 처음 소개된 mineral trioxide aggregate(MTA)는 밀폐력이 우수하고 생체 조직에 대한 친화성이 탁월하기 때문에 치근단 충전에 유리하며, 혈액이나 조직액 등의 존재 하에도 경화가 가능하고, 세포 증식을 활성화시키며, 골 형성을 유도한다³⁻⁵⁾.

현재 시판되고 있는 MTA는 비스무트 산화물(bismuth oxide)을 제외하면 Portland cement(PC)와 비슷한 성분이며, 치근단 충전 및 치수 복조술, 치수 절단술, 치근단형성술, 내흡수 및 천공 부위의 수복 등 다양한 치료에 사용될 수 있다⁶⁻¹¹⁾.

MTA의 단점으로는 높은 가격, 조작의 어려움, 변색 가능성, 크롬 등의 중금속 함유 그리고 제거가 어렵다는 점이 있다⁷⁾. 또한 긴 경화 시간이 MTA의 단점으로 보고되었는데, Gandolfi 등¹²⁾은 MTA의 최종 경화 시간을 170분이라고 보고하였으며, Ber 등¹³⁾은 202분의 경화 시간을 발표하였고, Islam 등¹⁴⁾은 white MTA(WMTA)와 gray MTA(GMTA)의 경화 시간이 각각 140분, 175분이라고 결론지었다. 이러한 긴 경화 시간으로 인하여 상부 수복을 위한 추가적인 내원이 필요하고, 느린 경화 과정 중에 물성의 변화가 생길 수 있으며, 충전 직후 세척

액에 의해 용해될 가능성이 높다¹⁵⁾.

MTA는 수분의 첨가로 인하여 경화 팽창하는 성질이 있는데 이로 인하여 우수한 밀폐력과 변연 적합성을 나타낸다¹⁻³⁾. 하지만 이러한 팽창이 과도할 경우 취약한 치근단부의 파절을 야기할 수 있으며, 체적 안정성이 저하된다^{10,16)}. Gandolfi 등¹²⁾은 WMTA의 0.77% 팽창을 확인하였고, Islam 등¹⁴⁾과 Chng 등¹⁷⁾은 GMTA와 WMTA가 각각 0.28%, 0.3%의 팽창을 나타내었다고 보고하였다. Wiltbank 등¹⁸⁾은 30일 동안 MTA의 0.7% 부피 증가를 발표하였으며, Storm 등¹⁹⁾은 멸균 증류수에서 GMTA의 1.02%, WMTA의 0.08%, PC의 0.29% 팽창을 보고하였다.

현재 MTA의 장점에 관한 연구는 많이 보고되었으나 단점에 관한 연구는 부족한 실정이며, 현재까지 보고된 MTA의 물리적 성질에 대한 연구들은 측정 방법이나 기구에 있어서 표준화되어 있지 못하고, 이상적인 규격 또는 제한점이 제시되어 있지 않다.

이에 저자는 최근 개발된 OrthoMTA와 기존의 ProRoot MTA, 그리고 PC를 대상으로 MTA의 경화 시간과 경화 팽창에 대한 연구를 하였다.

교신저자 : 김 종 수

충남 천안시 안서동 산 29 / 단국대학교 치과대학 소아치과학교실 / 041-550-1931 / jskim@dku.edu

원고접수일: 2011년 07월 04일 / 원고최종수정일: 2011년 08월 18일 / 원고채택일: 2011년 08월 20일

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

본 연구에서는 2009년에 시판되기 시작한 OrthoMTA (BioMTA, Korea)를 비교 평가하기 위하여 기존의 ProRoot white MTA(ProRoot WMTA, Dentsply Tulsa, U.S.A)와 mineral trioxide aggregate의 기초가 되는 성분인 White portland cement(WPC, Union, Korea)를 사용하였으며, 제원을 Table 1에 나타내었다.

2. 연구 방법

1) 경화 팽창 연구

OrthoMTA, ProRoot WMTA, WPC를 각각 2 g씩 사용하였다. 각 재료를 플라스틱 혼합용 용기에 담은 뒤, 상온에서 0.6 ml의 멸균 증류수와 15초 동안 혼합을 시행하여 혼수비를 0.3으로 만들었다. 분리가 가능하도록 설계된 직경 6 mm, 길이 12 mm 와동을 가진 스테인리스 스틸 몰드를 준비하였다 (Fig. 1). 1 mm 두께의 슬라이드 글라스 위에 폴리에틸렌 시트를 놓고 그 위에 몰드를 위치시킨 뒤, 와동 내에 기포가 생기지 않도록 재료를 채우고 몰드 위쪽으로 넘친 재료는 스파츨라로 제거하였다. 그 위에 폴리에틸렌 시트를 놓고 다른 슬라이드 글라스로 덮은 뒤 Fig. 2와 같이 클램프로 고정하였다. 혼합 시

작 5분이 지나면 고정된 상태의 몰드를 37℃, 상대 습도 95%의 항온항습기(Chang shin scientific, Korea)로 옮겨 경화시켰다. 제조사에서 제시한 경화 시간이 경과한 뒤, 보관한 몰드를 꺼내 600 grit 사포로 시편의 양쪽을 활택 연마하고, 몰드에서 시편을 분리하였다. 채득한 시편을 마이크로미터(Micrometer, Mitutoyo, Japan)에 삽입한 뒤, 시편의 초기 길이를 측정하였다(Fig. 3).

경화 팽창률은 초기 길이를 측정한 시편을 증류수에 넣고 항온항습기에서 30일간 보관한 뒤, 시편의 길이를 재측정하여 구하였는데, 초기 길이에 대한 길이 변화를 백분율로 계산하였다.

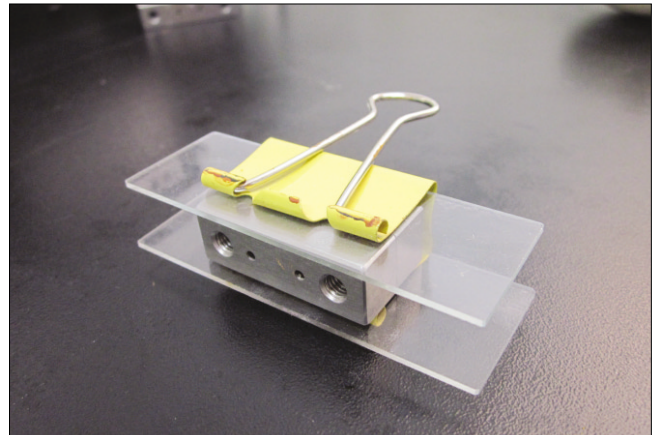


Fig. 2. Fixation with c-clamp.

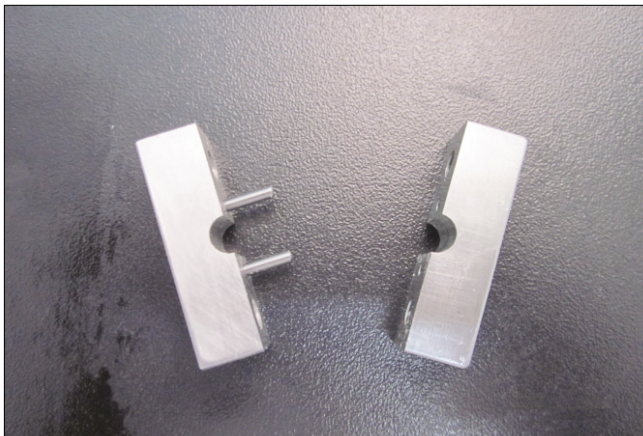


Fig. 1. The stainless steel mold using setting expansion experiment.



Fig. 3. The length measurement using the micrometer.

Table 1. Group distribution of experimental materials, composition and setting time recommended by manufacturer

| Groups | Material | Composition | Setting time (min) | Sample number |
|-----------|---|----------------------|--------------------|---------------|
| Group I | OrthoMTA (BioMTA, Korea) | Bismuth oxide 20% | 360 | 9 |
| Group II | ProRoot white MTA (Dentsply Tulsa, U.S.A) | Calcium sulfate 80% | 210 | 9 |
| | | Portland cement 75% | | |
| Group III | White portland cement (Union, Korea) | Bismuth oxide 20% | 240 | 9 |
| | | Calcium sulfate 5% | | |
| | | Portland cement 100% | | |

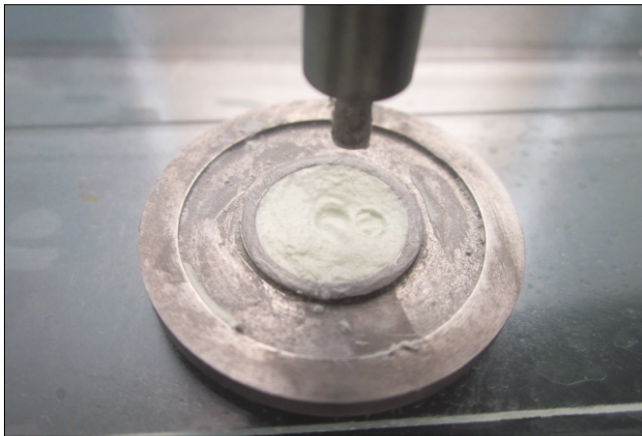


Fig. 4. The indentation made by gilmore apparatus.

2) 경화 시간 연구

경화 팽창 연구와 동일한 재료를 1 g씩 사용하였고, 동일한 방법으로 혼합하였다. 직경 10 mm, 높이 1 mm의 와동을 가진 스테인리스 스틸 몰드를, 37°C, 상대 습도 95%의 항온항습기에 24시간 동안 놓아둔 뒤, 몰드를 꺼내어 1 mm 두께의 슬라이드 글라스 위에 위치시키고 와동 내에 기포가 생기지 않도록 재료를 채웠다. 길모어 장치의 초결침을 충전재의 수평면 위로 가볍게 접촉시키면서 압흔의 유무를 확인하는 과정을 1분 간격으로 반복하였고(Fig. 4), 혼합이 끝난 시점부터 육안으로 압흔이 보이지 않을 때까지의 시간을 기록하였다.

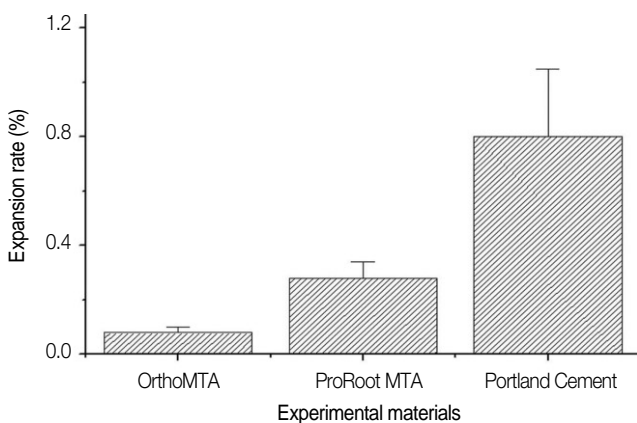


Fig. 5. The mean and standard deviation of setting expansion rate in group I, II, III.

Table 2. The setting expansion rate of group I, II, III

| | Mean ± SD(%) | Min. | Max. |
|--------------|--------------|------|------|
| OrthoMTA | 0.08 ± 0.02* | 0.05 | 0.10 |
| ProRoot WMTA | 0.28 ± 0.06* | 0.20 | 0.39 |
| WPC | 0.80 ± 0.25* | 0.36 | 1.20 |

(from Kruskal-Wallis and Mann-Whitney, * $p < .05$)

3) 통계 분석

모든 통계 분석은 SPSS 17.0(SPSS Inc., U.S.A)을 이용하였고, Kruskal-Wallis test와 Mann-Whitney U test를 사용하여 각 군의 차이를 비교하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. 경화 팽창

OrthoMTA, ProRoot WMTA, WPC의 경화 팽창 연구 결과는 Table 2와 같으며 OrthoMTA의 경화 팽창률은 $0.08 \pm 0.02\%$, ProRoot WMTA와 WPC는 각각 $0.28 \pm 0.06\%$, $0.80 \pm 0.25\%$ 로 나타났다. 각 군에서 측정된 경화 팽창률의 Kruskal-Wallis 분석 결과 세 군 간의 유의차가 있음을 확인하였고($p < 0.05$), Mann-Whitney 분석을 통해 각 군의 통계학적 유의성을 검증하였다($p < 0.05$). Fig. 5는 본 연구의 경화 팽창률의 평균과 표준 편차를 나타낸 막대그래프이며, OrthoMTA, ProRoot WMTA, WPC 순으로 갈수록 넓은 분포도를 보였다.

2. 경화 시간

경화 시간 연구 결과는 Table 3과 같으며, OrthoMTA, ProRoot WMTA, WPC의 각 군이 307.78 ± 3.83 분, 150.44 ± 2.35 분, 235.33 ± 9.07 분으로 ProRoot WMTA가 가장 짧았고, OrthoMTA가 가장 길었다. 각 군에서 측정된 경화 시간의 Kruskal-Wallis 분석 결과 세 군 간의 유의차가 있음을 확

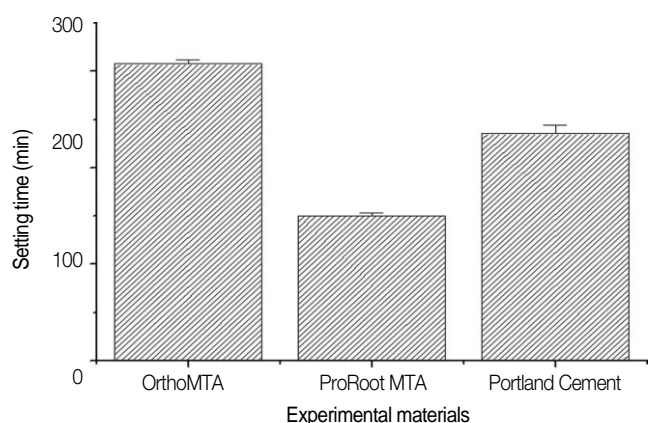


Fig. 6. The mean and standard deviation of setting time in group I, II, III.

Table 3. The setting time of group I, II, III

| | Mean ± SD(%) | Min. | Max. |
|--------------|----------------|------|------|
| OrthoMTA | 307.78 ± 3.83* | 301 | 314 |
| ProRoot WMTA | 150.44 ± 2.35* | 148 | 154 |
| WPC | 235.33 ± 9.07* | 219 | 244 |

(from Kruskal-Wallis and Mann-Whitney, * $p < .05$)

인하였고($p < 0.05$), Mann-Whitney 분석을 통해 각 군의 통계학적 유의성을 검증하였다($p < 0.05$). Fig. 6은 경화 시간의 평균과 표준 편차를 나타낸 막대그래프이며, WPC가 다른 군에 비해서 분포도가 넓은 것을 알 수 있었다.

IV. 총괄 및 고찰

MTA는 친수성 입자로 구성되는 수경성 시멘트로써 물과 혼합되면서 콜로이드 겔을 형성하고, 수분의 존재 하에서도 경화가 가능하며, 경화 후 수산화칼슘과 유사한 알칼리성을 띄게 되어 항균 성질을 나타낸다^{1,6,20,21}. 용해도가 낮고, 미세 누출이 적으며, 생체 친화성이 있기 때문에 천공이나 내흡수, 치근단 충전 전에 사용될 수 있다^{3,7,22}. Lee 등¹은 치근 천공의 재료로 사용했을 때, MTA가 IRM이나 아말감에 비해서 미세 누출이 적었고, 과충전 경향이 낮음을 보고하였고, Torabinejad 등²은 치근단 충전 재료로써 MTA의 우수한 예후를 발표한 바 있다. 성장 중인 아동의 치근단형성술이나 치근단유도술 등에 사용될 수도 있는데, 백 등⁸과 염 등⁹은 MTA의 백악질과 골의 성장을 촉진하는 성질을 이용하여 외상으로 실활된 상악 영구 전치에서 성공적으로 치근단형성술을 시행하였다고 보고했다.

하지만 변색 가능성으로 인하여 치관부 수복에 사용하지 못하고, 조작이 어려워 치근단 충전 시에 MTA를 치근단에 적용하기가 용이하지 않다. 제거가 어려워 합병증 발생 시 외과적 수술을 필요로 하며, 긴 경화 시간으로 인하여 환자의 내원 횟수가 증가하고, 고가의 재료라는 단점이 있다⁷.

치근관 충전재(KS P ISO 6876:2008)의 요구 사항에는 MTA가 가진 장점들 외에도 체적 안정성이 포함되는데, 수축의 경우 1.0%, 팽창의 경우 0.1%를 초과해서는 안 된다. 대부분의 치과 재료들은 계면을 따라 수축하는 경향을 가지기 때문에 오염 물질이 통과할 수 있는 틈새가 노출되지만, MTA는 반대로 팽창하는데 이러한 성질이 밀폐 효과를 향상시키고 누출을 최소화시키게 된다. 1998년에 Fischer 등²³은, MTA의 이상적인 밀폐 효과는 경화 시의 팽창 때문이라고 주장하였다.

본 연구에서 OrthoMTA의 경화 팽창률은 0.08%로 치근관 충전재(KS P ISO 6876:2008)의 요구조건에 부합하는 결과를 얻었다. 이러한 팽창률이 나타나는 이유로 FCO(free calcium oxide)의 비율이 적은 것을 들 수 있다. FCO는 시멘트의 수화 과정에서 반응하지 못하고 남아 있는 성분으로써, 함량이 높을 경우 팽창하여 균열을 야기한다^{24,25}. BioMTA 제조사는 FCO의 비율을 0.7%로 낮추어서 ProRoot MTA의 1.7%보다 적은 비율을 나타낸다고 하였다.

하지만 이러한 팽창에는 제한점이 필요하다. MTA의 적응증인 치근단 충전이나 천공, 내흡수 치료는 장기적인 체적 안정성을 요하는 세밀한 작업이다. Shipper 등²⁶은 치근단 충전 재료로써 MTA가 좋은 변연 적합을 갖지만, 탈수가 진행되면서 상아질 계면에 파절이 발생할 수 있음을 지적하였다. Chng 등¹⁷은 PC가 경화 시 발생하는 입자의 팽창으로 인하여 부서질 수 있음을 보고하였다. 최근 MTA의 경화 팽창에 대한 연구들이

보고되고 있지만^{12,14,17-19}, 측정 방식에 있어서 차이가 있으며, 결과 또한 다양하다.

ProRoot MTA는 1998년 소개되었고, 75%의 포틀랜드 시멘트, 20%의 비스무트 산화물, 5%의 석고를 함유한다¹⁹. WMTA는 2002년에 개발되었는데, 기존의 GMTA가 치아의 변색 등을 야기한 것에 비해 심미성을 개선시켰으며, 철을 함유하지 않고, 철알민산 사석회(tetracalcium aluminoferrite)의 함량이 낮다²⁷⁻²⁹.

포틀랜드 시멘트는 비스무트 산화물과 석고의 함량을 제외하면 MTA와 구성이 유사하지만, MTA보다 크고 불균일한 입자로 구성되어 있다. 다공성의 물질이기 때문에 주변 상대습도에 따라서 체적 변화를 일으키는데, 습윤한 환경에서의 수화 과정은 결정의 성장과 수화 팽창으로 인하여 전체적인 팽창을 야기한다³⁰⁻³³. Islam 등¹⁴은 PC의 과도한 팽창에 대해서 언급한 적이 있으며, PC가 낮은 인장 강도와 유연성을 가지기 때문에 파절을 유발시킬 수 있다고 보고하였고, Steffen 등³⁴은 PC를 의학 재료로 사용하는 것에 대해 더 많은 연구가 필요하다고 주장하였다. 또한 PC는 납 및 비소 등 중금속을 포함하고, 높은 용해도로 인하여 장기적인 밀폐 효과가 의문시되고 있다^{35,36}. 그러므로 치근 파절의 위험성을 증가시키지 않으면서 효과적인 치근관 밀폐가 가능하도록 PC를 개량하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

본 연구에서 WMTA는 0.28%, WPC는 0.80%로, WMTA보다 PC에서 큰 경화 팽창률을 보였다. 이것은 Storm 등¹⁹과 Camillery³⁷의 연구 결과와 같은데, 이러한 결과가 나타나는 이유 중의 하나로 성분 차이를 들 수 있다. WMTA는 PC에 비하여 수화 시 팽창에 관여하는 에트린자이트의 성분이 적고, 에트린자이트를 형성하는 산화알루미늄, 산화마그네슘, 산화철의 비율이 적기 때문에, WMTA보다 PC에서 큰 경화 팽창률을 보이게 되는 것이다^{28,38}.

본 연구는 치근관 충전재(KS P ISO 6876:2008)의 실험 방법에 근거하여 진행하였는데, 직경 6 mm, 길이 12 mm의 시편을 제작하여 30일 동안 멸균 증류수에서 보관한 뒤 시편의 길이 변화를 측정하여 경화 팽창률을 계산하였다.

이전의 경화 팽창 연구에서 시편의 크기는 다양하게 보고되고 있다. Wiltbank 등¹⁸은 직경 3 mm, 높이 6 mm의 시편을 사용하였고, Gandolfi 등¹²이 사용한 시편은 직경 11 mm, 높이 5 mm였으며, Storm 등¹⁹은 직경 5 mm, 높이 10 mm의 시편을 연구에 적용하였다.

재료의 길이 변화를 측정하는 시간도 다양하다. 경화 후 24시간 뒤의 길이 변화를 측정하여 경화 팽창률을 계산한 연구가 있고¹⁹, 3시간 뒤의 길이 변화를 측정한 연구도 있으며¹², 7일 뒤의 길이 변화를 계산하기도 하였다¹⁶. Camilleri³⁷는 28일 동안의 길이 변화를 7일 간격으로 측정하였는데 7일 후에 팽창이 안정화되었다는 보고를 하였다. 본 연구에서는 30일 뒤의 경화 팽창률을 측정하였는데 이 기간은 팽창이 안정화될 수 있는 충분한 시간이라고 사료되지만 일정한 간격으로 측정하여 팽창이 중점적으로 일어난 시기를 확인하지 못한 것은 아쉬운 점이다.

Camilleri³⁷⁾는 linear variable displacement transducer(LVDT)를 사용하여 경화 팽창을 측정하였는데, 견고한 금속 주형을 사용함으로써 수평 방향의 체적 변화는 제한시키고 수직 방향의 체적 변화를 관찰하였다. LVDT를 사용하여 MTA의 경화 팽창을 측정한 보고들이 있으며^{12,19)}, 두 개의 LVDT에 몰드를 위치시키고 그 안에 재료를 넣는 방법도 사용되었고³⁹⁾, 치근관 충전재(KS P ISO 6876:2002) 방법과 LVDT를 같이 사용하기도 하였다⁴⁰⁾. LVDT는 치근벽으로 인한 수평 체적 변화의 제한을 모방한 것인데 상아질의 유연성과 상아세관으로 MTA가 침투할 수 있다는 점을 고려하면 수평 방향의 팽창을 완전히 배제시킬 수는 없다. 본 연구에서는 분리될 수 있는 몰드를 사용함으로써 수평 방향의 팽창이 일어날 가능성을 남겨두었고, 클램프를 이용하여 고정하였다. 하지만 클램프를 사용한 고정력의 민감성이 일정하지 않고, 수평 체적 변화가 결과에 포함되지 않았다는 한계점이 있다.

MTA의 초기 경화 시간은 정량화하기 어렵다⁴¹⁾. 초기 경화 시간은 비카 칩 또는 길모어 칩을 사용하여 측정되는데 혼수비나 혼합의 정도뿐만 아니라 공기의 온도 및 습도에도 영향을 받으므로, 본 연구에서는 몰드를 항온항습기에서 전 처리를 시행함으로써 온도와 습도로 인한 오차를 최소화하였다.

긴 경화 시간은 MTA의 두드러진 단점이다. 치근단역충전을 시행할 때 MTA는 조직부에 놓이므로 긴 경화 시간 동안 혈류에 의해 씻겨나갈 수 있으며, 물성의 변화가 생길 가능성이 있고, 체적 안정성이 저하될 수 있다. 또한 경화를 확인한 후 상부 수복을 시행해야 하기 때문에 환자의 내원 횟수가 증가하게 된다. OrthoMTA의 경화 시간은 307분으로 ProRoot WMTA의 150분보다 2배 정도 길었고 유의성 있는 차이를 보였지만, MTA의 긴 경화 시간으로 인하여 환자가 한 번 더 내원해야 한다는 점은 ProRoot MTA와 OrthoMTA 사이에 차이가 없는 것으로 사료된다.

이전 연구에서 경화 시간을 줄이기 위한 방법들이 시도되었다. Ber 등¹³⁾은 GMTA에 1% 메틸셀룰로오스와 2% 염화칼슘을 첨가했을 때 경화시간이 3배 단축되었다고 주장하였으며, Wiltbank 등¹⁸⁾은 염화칼슘을 첨가했을 때, GMTA와 PC, WMTA 모두에서 경화가 가속화되었다고 보고하였고, AlAnezi 등⁴¹⁾은 KY Jelly와 염화칼슘 첨가 군에서 경화 시간 감소를 발견하였다. Kogan 등⁴²⁾은 차아염소산 나트륨, KY Jelly, 염화칼슘의 첨가는 경화시간을 20-25분 감소시켰지만, 증류수를 사용했을 때보다 압축 강도는 감소하였다고 보고하였다. 이러한 방법들은 경화 시간을 단축시켰지만 수소 이온 농도의 증가, 과도한 칼슘 이온의 유리로 인한 세포 성장의 방해 등의 단점도 보고되었다^{43,44)}. 따라서 MTA의 물성을 약화시키지 않는 범위에서 경화 시간을 단축시키는 방법에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

OrthoMTA와 ProRoot MTA의 제조사는 모두 0.3의 혼수비를 권장하고 있다. Fridland 등⁴⁵⁾은 혼수비가 증가할수록 다공성과 용해도가 증가하는데 0.33이상에서는 점도가 부족하며, 0.26은 혼합물을 조작하기 위한 최소의 혼수비라고 보고하였

다. 임상자들은 MTA의 한 포장에 여러번 쓸 정도로 많은 용량이 들어 있기 때문에 용매와 재료의 양을 짐작해서 사용하는데 이러한 차이는 MTA의 경화 팽창과 경화 시간에 영향을 미칠 수 있다. Bentz 등⁴⁶⁾은 혼수비가 작을수록 경화 시간이 단축된다는 것을 발견하였다. 한편 Hawley 등³⁸⁾은 혼수비의 변화로 인한 경화 팽창률의 차이는 없었다고 보고하였다.

OrthoMTA와 ProRoot MTA는 용매로써 멸균된 증류수 또는 인산염완충식염수를 사용하는데 본 연구에서는 멸균된 증류수를 용매로 사용하였다. Han 등⁴⁷⁾은 멸균 증류수와 혼합 시에는 탄산칼슘과 산산화칼슘이 형성되고, 인산염완충식염수와 혼합 시에는 용매 내의 인산염 성분이 MTA의 규산칼슘과 만나 인산칼슘을 형성한다고 보고하였다. 이러한 칼슘 이온들은 변위에 대한 저항성을 증가시키며, 잠재적으로 체적 안정성의 변화에 기여할 수 있다^{37,48)}.

체적 안정성은 사용된 용매에 따라서도 달라진다. Gandolfi 등¹²⁾은 WMTA가 탈염 증류수에서보다 인산염완충식염수에서 팽창이 크게 나타남을 보고하였다. 인산염완충식염수에 소태아 혈청을 혼합한 경우 팽창이 감소하였는데, 혈청 단백질이 시멘트에 흡수되어 표면 공극의 크기를 감소시키는 것으로 추정하였으며, 이는 외과적 시술 도중에 혈액 등의 오염이 시멘트의 팽창에 영향을 준다는 것을 의미한다.

2008년에 개정된 치근관 충전재(KS P ISO 6876)는 근관 충전재의 요구 사항과 시험 방법 그리고 규격이 명시되어 있다. 요구 사항에는 이물질이 없고, 생물학적 위험성을 배제해야 하며 치근관 충전재로써 갖추어야 하는 물리적 성질이 포함되어 있다. 이에 근거하여 시험 검사가 이루어지며, 식약청의 허가가 나오기 때문에 제품 개발 시 준수해야 하는 사항이다. 하지만 치근관 충전 물질이 ISO 기술 표준의 요구 사항을 만족시킬 필요가 없다는 주장도 있다¹⁷⁾. 이것은 최대 팽창률의 한도가 정해지지 않은 MTA나 다른 종류의 시멘트에서 의문점을 유발시킬 수 있다. 그리고 현재까지의 연구들이 측정기구나 시간, 시편의 크기, 사용된 용매에 있어서 차이가 있기 때문에 향후 진행될 연구들에 대한 표준화된 실험 방법이 필요한 것으로 사료된다.

V. 결 론

Mineral trioxide aggregate는 수경성 시멘트로써 경화 시 팽창하는 성질이 있고, 긴 경화 시간이 취약점으로 알려져 있다. 2008년에 개정된 치근관 충전재(KS P ISO 6876)의 기준에 따라 최근 개발된 OrthoMTA(BioMTA, Korea), 기존의 ProRoot white MTA(Dentsply Tulsa, U.S.A) 그리고 White portland cement(Union, Korea)를 대상으로 경화 팽창과 경화 시간에 대한 비교 평가를 하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. OrthoMTA, ProRoot WMTA, WPC의 경화 팽창률은 $0.08 \pm 0.02\%$, $0.28 \pm 0.06\%$, $0.80 \pm 0.25\%$ 순으로 증가하였으며, 각 군 간의 통계적 유의성이 존재하였다 ($p < 0.05$).

2. OrthoMTA, ProRoot WMTA, WPC의 경화 시간은 307.78 ± 3.83 분, 150.44 ± 2.35 분, 235.33 ± 9.07 분으로, ProRoot WMTA가 가장 짧았고, OrthoMTA가 가장 길었으며, 각 군 간의 통계적 유의성이 존재하였다 ($p < 0.05$).

이상의 결과에서 OrthoMTA는 체적 안정성이 다른 재료들에 비해 비교적 우수함을 확인할 수 있었으나, 경화 시간은 ProRoot WMTA에 비하여 두 배 정도 길었다. OrthoMTA의 긴 경화 시간은 임상적으로 가장 큰 단점으로 사료되며, 이를 감소시키기 위한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. : Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod*, 19:541-544, 1993.
2. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. : Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod*, 19:591-595, 1993.
3. Torabinejad M, Parirokh M. : Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod*, 36:190-202, 2010.
4. Roberts SC Jr, Brilliant JD. : Tricalcium phosphate as an adjunct to apical closure in pulpless permanent teeth. *J Endod*, 1:263-269, 1975.
5. Tittle K, Farley J, Linkhardt T, et al. : Apical closure induction using bone growth factors and MTA. *J Endod*, 22:198, 1996.
6. Parirokh M, Torabinejad M : Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod*, 36:16-27, 2010.
7. Parirokh M, Torabinejad M. : Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod*, 36:400-413, 2010.
8. 백병주, 전소희, 김영신 등 : 치근단 형성술 (Apexification)에 있어서 MTA(mineral trioxide aggregate)의 적용. *대한소아치과학회지*, 28:700-708, 2001.
9. 염순준, 박기태 : MTA를 이용한 미성숙 영구치의 즉일 치근단형성술. *대한소아치과학회지*, 28:480-487, 2001.
10. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, et al. : Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod*, 21:349-353, 1995.
11. Maroto M, Barbería E, Planells P, et al. : Dentin bridge formation after mineral trioxide aggregate pulpotomies in primary teeth. *Am J Dent*, 18:151-154, 2005.
12. Gandolfi MG, Iacono F, Agee K, et al. : Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and ProRoot MTA. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108:39-45, 2009.
13. Ber BS, Hatton JF, Stewart GP. : Chemical modification of Pro-Root MTA to improve handling characteristics and decrease setting time. *J Endod*, 33:1231-1234, 2007.
14. Islam I, Chng HK, Yap AU. : Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. *J Endod*, 32:193-197, 2006.
15. 고헌정 : MTA의 Myths & Facts. *대한치과의사협회지*, 48권 11호:813-818, 2010.
16. Camilleri J, Mallia B. : Evaluation of the dimensional changes of mineral trioxide aggregate sealer. *Int Endod J*, 44:416-424, 2011.
17. Chng HK, Islam I, Yap AU, et al. : Properties of a new root-end filling material. *J Endod*, 31:665-668, 2005.
18. Wiltbank KB, Schwartz SA, Schindler WG. : Effect of selected accelerants on the physical properties of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod*, 33:1235-1238, 2007.
19. Storm B, Eichmiller FC, Tordik PA, et al. : Setting expansion of gray and white mineral trioxide aggregate and portland cement. *J Endod*, 34:80-82, 2008.
20. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, et al. : Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod*, 21:109-112, 1995.
21. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, et al. : Antibacterial effects of some root-end filling materials. *J Endod*, 21:403-406, 1995.
22. Fridland M, Rosado R. : MTA solubility: a long term study. *J Endod*, 31:376-379, 2005.
23. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. : Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and super-EBA as a root-end filling material. *J Endod*, 24:176-179, 1998.
24. El Briak H, Durand D, Boudeville P. : Study of a hydraulic DCPA/CaO-based cement for dental applications. *J Mater Sci Mater Med*, 19:737-44, 2008.
25. Iguchi Y, Narushima T, Izumi C. : Calorimetric study on hydration of CaO based oxides. *J Alloys and Compounds*, 321:276-281, 2001.

26. Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, et al. : Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate(MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endod J*, 37:325-336, 2004.
27. Song JS, Mante FK, Romanow WJ, et al. : Chemical analysis of powder and set forms of Portland cement, gray ProRoot MTA, white ProRoot MTA, and gray MTA-Angelus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102:809-815, 2006.
28. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, et al. : Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod*, 31:101-103, 2005.
29. Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, et al. : Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentrations on candida albicans in vitro. *J Endod*, 31:684-686, 2005.
30. Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, et al. : Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Braz Dent J*, 11:3-9, 2000.
31. Funteas UR, Wallace JA, Fochtman EW. : A comparative analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Aus Dent J*, 29:43-44, 2003.
32. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, et al. : The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater*, 21:297-303, 2005.
33. Dammaschke T, Gerth HU, Züchner H, et al. : Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater*, 21:731-738, 2005.
34. Steffen R, van Waes H. : Understanding mineral trioxide aggregate/Portland cement: a review of literature and background factors. *Eur Arch Paediatr Dent*, 10:93-97, 2009.
35. Duarte MA, Demarchi AC, Yamashita JC, et al. : Arsenic release provided by MTA and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 99:648-650, 2005.
36. Danesh G, Dammaschke T, Gerth HU, et al. : A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J*, 39:213-219, 2006.
37. Camillery J. : Evaluation of the effect of intrinsic material properties and ambient conditions on the dimensional stability of white mineral trioxide aggregate and portland cement. *J Endod*, 37:239-245, 2011.
38. Hawley M, Webb TD, Goodell GG. : Effect of varying water-to powder ratios on the setting expansion of white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod*, 36:1377-1379, 2010.
39. Kanchanasavita W, Pearson GJ, Anstice HM. : Influence of humidity on dimensional stability of a range of ion-leachable cements. *Biomaterials*, 16:921-929, 1995.
40. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. : Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental Materials*, 17:512-519, 2001.
41. AlAnezi AZ, Zhu Q, Wang YH, et al. : Effect of selected accelerants on setting time and biocompatibility of mineral trioxide aggregate(MTA). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 111:122-127, 2011.
42. Kogan P, He J, Glickman GN, et al. : The effect of various additives on setting properties of MTA. *J Endod*, 32:569-572, 2006.
43. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Hungaro Duarte MA, et al. : The use of a setting acelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white portland cement. *J Endod*, 32:1194-1197, 2006.
44. Midy V, Dard M, Hollande E. : Evaluation of the effect of three calcium phosphate powders on osteoblast cells. *J Mater Sci Mater Med*, 12:259-265, 2001.
45. Fridland M, Rosado R. : Mineral trioxide aggregate solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod*, 29:814-817, 2008.
46. Bentz DP, Aitcin PC. : The hidden meaning of water-cement ratio. *Concrete International*, 30:51-54, 2008.
47. Han L, Okiji T, Okawa S. : Morphological and chemical analysis of different precipitates on mineral trioxide aggregate immersed in different fluids. *Dent Mater J*, 29:512-517, 2010.
48. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. : The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and portland cement on dentin enhances the push-put strength. *J Endod*, 36:286-291, 2010.

Abstract

COMPARISON OF SETTING EXPANSION AND TIME OF ORTHOMTA, PROROOT MTA AND PORTLAND CEMENT

Ji-Ye Kang, Jong-Soo Kim, Seung-Hoon Yoo

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

ProRoot MTA(Dentsply Tulsa, U.S.A) which has similar component with Portland cement has setting expansion character and long setting time. Excessive expansion can cause fracture at the apical portion of the root and decreasing of volume stability. And the long setting time makes additional visits for crown restoration and slow setting process of this material can change physical properties itself.

In this study, among requirements of root canal filling material(KS P ISO 6876) which is revised at 2008, we investigated the setting time and setting expansion. Objects are recently developed OrthoMTA(BioMTA, Korea), conventional ProRoot white MTA(Dentsply Tulsa, U.S.A) and White portland cement(Union, Korea).

The results in setting expansion, OrthoMTA was $0.08 \pm 0.02\%$, ProRoot white MTA and White portland cement were each $0.28 \pm 0.06\%$, $0.80 \pm 0.25\%$ ($p < 0.05$). The results in setting time, OrthoMTA, ProRoot white MTA, White portland cement were each 307.78 ± 3.83 min, 150.44 ± 2.35 min, 235.33 ± 9.07 min ($p < 0.05$).

Key words : Mineral trioxide aggregate, Setting expansion, Setting time, OrthoMTA, ProRoot MTA