



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학석사 학위논문

수종 광중합 치수 복조제의
미세누출

Microleakage of various
light-curing pulp capping
materials

2014년 2월

서울대학교 치의학대학원

치 의 학 과

정 상 기

수중 광중합 치수 복조제의 미세 누출

지도교수 장 기 택

이 논문을 치의학석사 학위논문으로 제출함
2013년 10월

서울대학교 대학원
치의학과
정 상 기

정상기의 석사 학위논문을 인준함
2013년 11월

위 원 장 _____ 김 영 재 _____ (인)

부위원장 _____ 장 기 택 _____ (인)

위 원 _____ 현 홍 근 _____ (인)

국문초록

수중 광중합 치수복조제의 미세누출

서울대학교 치의학대학원
(지도교수 : 장 기 택)

정 상 기

1. 연구 목적

치수가 노출될 정도로 깊은 와동을 형성할 경우 직접 치수 복조 혹은 간접 치수 복조를 이용하여 외부로부터의 자극을 막아주고 치수의 치유를 도와주어야 한다. 이러한 치수 복조의 성공 여부는 재료의 밀폐성에 의존한다. 미세누출에 의한 세균침투는 치수를 자극하고 만성 염증을 일으키기 때문이다. 본 연구에서는 염료 침투 시험을 통해 새롭게 등장한 Resin-modified calcium silicate(Theracal LC, Bisco)의 밀폐 능력을 기존에 사용되던 재료인 Resin-modified calcium hydroxide(Calcimol LC, Voco), Poly-acid modified composite resin(Ionosit, DMG)과 비교해 봄으로써 치수 복조제로서의 성능을 평가해 보고자 하였다.

2. 실험 재료 및 방법

발치된 상아질이 건전한 상하악 대구치 25개의 교합면을 상아-법랑질 경계면까지 편평하게 삭제한 후 1급 와동 39개를 형성하였다. 와동을 임의로 13개씩 3개의 그룹으로 나눈 후 Theracal LC(Bisco), Calcimol LC(Voco), Ionosit(DMG)을 제조사의 지시에 따라 충전하여 광중합 하였다. 광중합이 끝난 모든 치아는 24시간 동안 상온에서 생리 식염수에 보관하였다. 그 후 nail varnish로 와동 경계 1mm를 제외한 모든 표면을 두 겹으로 코팅하고, 상온에서 2% methylene blue 용액에 24시간 동안 담궈 두었다. 치아를 꺼내어 다이아몬드 쏘우를 이용하여 충전된 와동을 장축으로 절단한 후, 광학 실체 현미경을 이용하여 와동의 절단면을 관찰하였다. 각각의 와동에 methylene blue가 침투한 깊이를 확인하여 침투 비율에 따라 점수를 부여하였다. 점수는 최저 0점부터 최고 4점까지 부여되고, 다음과 같이 정하였다. 0 - 침투하지 않음; 1 - 축벽의 1/3까지 침투함; 2 - 축벽의 2/3까지 침투함; 3 - 축벽의 3/3까지 침투함; 4 - 와동저까지 침투함. 유의성 검정은 일원배치 분산분석을 이용하였다.

3. 실험 결과

치수 복조제의 종류에 따른 염료 침투 등급은 Calcimol LC(Mean 3.85±0.38), Ionosit(Mean 3.69±0.63), Theracal LC(Mean 1.92±1.04) 순으로 나타났다. Theracal은 Calcimol 및 Ionosit과 통계적으로 유의미한 수준에서 차이가 있었다.(F=27.571, p<0.001) 그러나 Calcimol과 Ionosit 간에는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.(p=0.867)

주요어 : 치수 복조제, 미세누출, Calcium hydroxide, Glass ionomer, MTA, Resin-modified

학 번 : 2010-22500

목 차

I. 서론	1
II. 실험 재료 및 방법	4
1. 시편 준비	4
2. 평가 및 해석 방법	5
3. 통계 분석	5
III. 실험 결과	6
IV. 총괄 및 고찰	10
V. 결론	15
참고 문헌	16
Abstract	20

표 목 차

[Table 1]	.....	5
[Table 2]	.....	6
[Table 3]	.....	6

그 립 목 차

[Figure 1]	.....	7
[Figure 2]	.....	8
[Figure 3]	.....	9

I. 서론

치수가 노출될 정도로 깊은 와동을 형성할 경우 직접 치수 복조 혹은 간접 치수 복조를 이용하여 외부로부터의 자극을 막아주고 치수의 치유를 도와주어야 한다. 이러한 치수 복조에 사용되는 재료는 밀폐성이 좋아야 하고 용해성, 흡수성이 작아야 하며 부피의 변화가 작아야 한다. 또한 치수에 적절한 자극을 줌으로써 새로운 상아질교를 형성할 수 있는 능력이 있어야 한다. 그 중에서도 밀폐 능력은 치수 치료의 성공을 좌우하는 가장 큰 요인이다. 미세누출에 의한 세균의 침투는 치수를 자극하고 염증을 일으키는 원인이 되기 때문이다.¹⁾

이와 같이 다양한 조건을 갖춘 재료를 찾기 위한 많은 시도들이 이루어졌다. 그 중 수산화칼슘 제제는 지난 수 십년 동안 치수 복조에 성공적으로 사용되어왔다. 수산화칼슘은 OH⁻이온을 방출함으로써 항균 효과가 있으며 치수에 적절한 자극을 주어 상아질교의 재형성을 돕는 장점이 있다.¹⁾ 그러나 치수 복조 후 충전과정에서 산 부식에 의해 분해될 수 있고, 용해성이 높아 시간이 지나면 재형성된 상아질교의 터널 결함으로 인해 미세누출이 발생하는 단점이 있다.²⁾

이 후 접착 레진이 그것의 밀폐성에 주목하여 치수 복조에 시도되어 왔다. 그러나 많은 연구에서 접착 레진의 주요 성분인 HEMA, Bis-GMA 등의 세포 독성에 의해 만성 염증 반응이 일어난다는 점을 지적하였다.^{3,4)} 또한 논란의 여지가 있지만 산 부식과정에서 사용되는 인산에 의해 상아질의 변성이 일어나며 치수 자극이 유발된다는 주장이 존재한다.¹⁾

근래에는 이러한 단점들이 개선된 재료로서 Mineral tri-oxide aggregate(MTA)가 자주 사용되고 있다. MTA는 훌륭한 변연 밀폐 능력과 생체 친화성을 가지며, 또한 Ca²⁺이온을 유리하여 경조직을 형성하는 능력이 있다는 사실이 조직학적, 유전학적 연구를 통해 밝혀졌다.⁵⁻⁷⁾ 이러한 성질로 인해 MTA는 치수 복조 뿐만 아니라 치근단의 역충전이

나 치근단의 폐쇄 등에 다양하게 활용되고 있다.⁸⁾ 그러나 이러한 MTA의 사용을 어렵게 만드는 것은 불편한 조작성과 긴 초기경화 시간이다.⁹⁾ 구성 성분의 변화를 통해 이러한 단점을 극복하고자 하는 연구가 지속되고 있는 가운데, 최근 light-curing MTA-like 재료인 Theracal LC(Bisco)가 등장하였다. 이것은 MTA의 주성분인 tricalcium silicate 입자와 친수성 monomer로 이루어진 광중합형 재료로서 조작성과 경화시간을 획기적으로 개선시켰다.¹⁰⁾ 그러나 resin-modified 제재의 특성상 중합 수축으로 인한 미세누출이 생길 가능성은 문제점으로 지적될 수 있다.

이러한 중합수축에 의한 미세누출의 가능성은 과거 resin-modified glass ionomer(RMGI)에 대한 연구들을 통해 유추해볼 수 있다. Glass ionomer(GI) 제재는 훌륭한 생체 적합성과 밀폐성, 그리고 불소 이온 유리 능력으로 인해 이장재, 개장재로 자주 사용되어 왔는데, RMGI는 이러한 GI의 조작성과 경화시간을 개선시키기 위해 HEMA나 Bis-GMA와 같은 레진 성분을 도입한 것이다.^{11,12)} 따라서 RMGI는 레진 성분의 비율에 따라 어느 정도의 중합 수축이 일어나게 되는데, 이는 전통적인 GI에 비해 밀폐성이 떨어질 수도 있음을 의미한다. 그러나 RMGI의 수분 흡수에 관한 연구들을 살펴보면 RMGI의 친수성 성분이 물의 흡수 팽창을 일으키고, 이것이 중합 수축을 어느 정도 보상함으로써 RMGI의 미세누출을 감소시킨다는 것을 알 수 있다.^{13,14)} 오히려 RMGI의 미세누출이 재래형 GI와 비슷하거나 더 작다는 연구 결과들이 보고되기도 하였다.¹⁵⁾

최근 연구에 의하면 Theracal LC는 Ca^{2+} 이온과 OH^- 이온을 유리하는 능력이 뛰어나고, 수산화칼슘에 비해 용해성이 낮아 치수 복조제로서 훌륭한 성질을 보여준다.¹⁰⁾ 그러나 치수 복조의 성패에 중요한 요소인 미세누출의 가능성에 대한 연구 결과는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 염료 침투 시험을 통해 Resin-modified calcium silicate(Theracal LC, Bisco)의 밀폐 능력을 기존에 사용되던 재료인 Resin-modified calcium hydroxide(Calcimol LC, Voco), Poly-acid modified composite resin(Ionosit, DMG)과 비교해 봄으로써 새롭게 등장한 Theracal LC의

치수 복조제로서의 성능을 평가해 보고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 시편 준비

서울대학교 치과병원에서 치주 원인 혹은 사랑니로 발치된 상하악 대구치 25개를 이용하였다. 상아질 우식이 있거나 교모가 심한 치아, 수복된 치아, 유치는 제외되었다. 고속 핸드피스와 다이아몬드 버를 이용하여 모든 치아의 치관을 상아-법랑질 경계까지 편평하게 삭제한 후, #330 버를 이용하여 직경 2.5mm, 깊이 2.5mm의 1급 와동을 치아 당 1-3개씩, 총 39개를 형성하였다. 치관 삭제 시 그리고 와동 형성 시에 충분한 물을 뿌려 과열되지 않도록 하였다.

치아를 탈수되지 않을 정도로 완전히 건조시킨 후, 와동을 임의의 세 그룹 A, B, C로 나누었다. 그룹 A(n=13)에는 Resin-modified calcium silicate 제재인 Theracal LC, 그룹 B(n=13)에는 Resin-modified calcium hydroxide 제재인 Calcimol LC, 그룹 C(n=13)에는 Poly-acid modified composite resin(Compomer) 제재인 Ionosit을 각각 충전하였다. 충전은 각각의 제조사에서 추천하는 매뉴얼을 따라 진행하였다. 광중합의 깊이에 제한이 있으므로 모든 그룹에서 두 층에 걸쳐 적층 충전을 하였고, 광중합은 각 층에서 40초간 진행하였다. 모든 그룹에서 와동 변연의 과도한 충전물을 #12 Scalpel Blade를 이용하여 제거한 후 20초간 추가로 광중합을 시행하였다. 충전이 끝난 모든 치아는 상온의 생리식염수에서 24시간 동안 보관하였다.

모든 치아의 표면은 와동 변연 1mm 부위만 제외하고 nail varnish로 코팅하였다. 코팅된 부위를 확인할 수 있도록 주황색의 nail varnish를 이용하였고, 완전한 밀폐를 위해 첫 번째 코팅이 끝난 후 건조되면 다시 한 번 코팅을 하였다. 모든 시편은 2%의 methylene blue 용액에 담귀 상온에서 24시간 보관하였다. 그 후 시편을 10분간 흐르는 물에 세척한 후 완전히 건조시켰다. 충전된 와동의 단면을 볼 수 있도록 저속의 다이아몬드 소우를 이용하여 주수하에 치아의 장축을 따라 절단하였다. 충전된 재료와 상아질 사이 계면에 침투한 methylene blue 시약을 광학 실체

현미경을 이용하여 30 배율로 관찰하였다. 본 연구는 생명윤리 및 안전에 관한 법률에 따라 서울대학교 치과병원 연구윤리심의위원회(IRB)의 심의를 거쳐 승인 받은 후 진행하였다.

2. 평가 및 해석 방법

Methylene blue가 침투된 비율을 측정하여 점수를 부여하였다. 점수는 최저 0점부터 최고 4점까지 부여되고, 다음과 같이 정하였다. 0 - 침투하지 않음; 1 - 축벽의 1/3까지 침투함; 2 - 축벽의 2/3까지 침투함; 3 - 축벽의 3/3까지 침투함; 4 - 와동저까지 침투함.(Table 1.) 최대로 침투한 깊이만을 반영하였고, 각 그룹의 점수를 평균하여 점수가 높을수록 미세누출이 심한 것으로 해석하였다.

Table 1. Score of dye penetration ratio.

Score	Dye penetration ratio
0	No penetration
1	Penetration to 1/3 depth of axial wall
2	Penetration to 2/3 depth of axial wall
3	Penetration to 3/3 depth of axial wall
4	Penetration to base of cavity

3. 통계 분석

유의 수준 0.001에서 일원배치 분산분석을 이용하여 세 그룹간의 평균의 차이를 검증하였다. 사후 검정은 Sheffe's test를 통하여 시행하였다. 분석 도구로는 Standard Statistical Software Package (SPSS 18.0.0, IBM Corporation, New York, US)를 이용하였다.

Ⅲ. 실험 결과

염료 침투 실험의 결과를 아래에 표시하였다.(Table 2.) 치수 복조제의 종류에 따른 염료 침투 등급은 Calcimol LC(Mean 3.85±0.38), Ionosit(Mean 3.69±0.63), Theracal LC(Mean 1.92±1.04) 순으로 나타났다. Theracal LC의 미세누출은 Calcimol LC 및 Ionosit과 통계적으로 유의미한 수준에서 차이가 있었다.(F=27.571, p<0.001) 그러나 Calcimol LC와 Ionosit 간에는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.(p=0.867)

Table 2. Dye penetration score of the pulp capping materials.

	Theracal LC	Calcimol LC	Ionosit
Score	Mean 1.92 ± 1.04	Mean 3.85 ± 0.38	Mean 3.69 ± 0.63

Table 3. Statistical comparison of microleakage among the materials.
(* : p<0.001)

	Theracal LC	Calcimol LC	Ionosit
Theracal LC			
Calcimol LC	*		
Ionosit	*	p=0.867	

Figure 1. The section of Theracal LC at magnification of 30.



Figure 2. The section of Calcimol LC at magnification of 30.

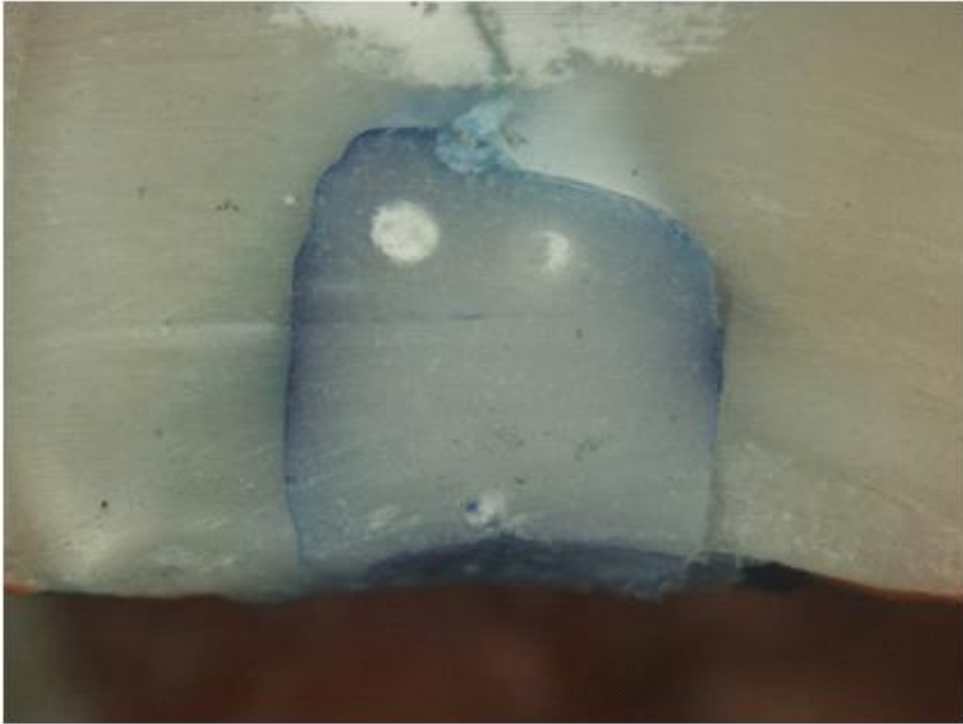


Figure 3. The section of Ionosit at magnification of 30.



IV. 총괄 및 고찰

본 연구에서는 미세누출을 평가하기 위한 방법으로 염료 침투 시험을 시행하였다. 염료를 세균 혹은 외부 유입물로 상정하여 염료의 침투 정도를 미세누출의 정도로 여기는 것이다. 이전의 많은 연구들에서 수복물의 미세누출 정도를 평가하기 위해 이 방법을 이용하였으며, 간편하고 재현성이 있는 방법 중 하나이다. 미세누출의 결과로 나타나는 세균의 존재가 중요한 관심사이나, 세균의 침투유무를 직접적으로 평가하는 것은 실험 과정과 장치의 높은 정밀성을 요하고, 상아세관 내에 이미 존재하던 세균의 침투에 의해 거짓 양성이 도출되거나 세균이 존재함에도 불구하고 절단면에서 관찰하지 못하여 거짓 음성이 도출될 수 있으므로¹⁶⁾ 본 연구에서 사용하지 않았다. 한편 본 연구에서는 시편을 절단하여 단면을 관찰하였는데, 이것은 침투한 액체를 추출하여 그 양을 측정하는 것에 비해 신뢰성이 떨어질 수 있다. 왜냐하면 임의의 한쪽 절단면만을 대표로 뽑아 침투 깊이를 평가하는 것이기 때문이다.¹⁷⁾ 그러나 예비 실험을 진행한 결과, 그룹 간의 차이가 확연하고 그룹 내의 측정값이 반복적으로 재현되어 절단면을 관찰하는 것만으로도 유의미한 결론을 얻을 수 있을 것으로 예상하였다.

미세누출은 세균의 침투, 외부 자극원의 유입을 일으킴으로써 치수의 만성적인 염증상태를 일으키며 상아질교의 생성능력을 저하시킨다.¹⁾ 이러한 미세누출은 재료와 치질사이의 간극을 통해 일어나므로 재료와 치면의 긴밀한 접합을 통해 간극을 줄이는 것이 중요하다고 할 수 있다.

레진/치질 계면의 간극 형성은 중합 수축량, 탄성계수, 흐름성, 접착 강도 등과 같은 다양한 요인에 의해 결정된다.¹⁸⁾ 단량체들의 결합은 분자간 거리를 감소시켜 중합 수축을 일으킨다.¹⁹⁾ 이 때 발생하는 중합 수축에 의한 응력은 레진을 치질로부터 분리시키는 방향으로 작용하므로 계면 간극을 형성할 수 있다. 이러한 중합 수축 응력은 중합 수축량과 탄성 계수의 곱으로 주어진다.²⁰⁾ 따라서 중합 수축량과 탄성 계수가 클수록 계면에 간극이 생길 가능성은 커진다. 반면 레진은 혼성층을 형성하

여 치질과 물리화학적으로 결합함으로써 접착 강도를 얻는데, 이것이 중합 수축 응력에 대항하여 계면의 분리를 방지할 수 있다. 또한 흐름성이 클수록 중합 과정에서 단량체의 흐름에 의해 중합 수축 응력이 보상되고,²¹⁾ 재료가 치면의 미세한 구조로 잘 스며들어 긴밀한 접합을 이루게 되므로 계면 간극이 줄어들 수 있다. 즉 접착 강도와 흐름성은 클수록 계면 간극이 줄어든다.

한편 중합 수축에 따른 체적 감소는 수분 흡수에 의한 팽창으로 보상될 수 있다. 특히 RMGI에 대한 다수의 연구들에서 중합 수축 응력이 초기의 수분 흡수를 통해 보상될 수 있다는 것이 알려졌다.^{22,23)} 수분 흡수 능력은 첨가된 레진 구성 성분에 따라 달라지며, monomer의 비율이 높은 재료에서 크게 나타난다. 이는 레진의 구성 성분 중 HEMA와 같은 친수성 monomer가 물을 흡수하기 때문으로 보인다.²²⁾

본 연구에서 발생한 재료들 간의 미세누출 차이는 위에서 언급한 특성들의 차이로 인해 발생한다고 생각된다. 이러한 다양한 요인 중에서도 중합 수축량과 흐름성이 계면 간극 형성에 중요한 역할을 한다는 연구 결과가 존재하며,¹⁸⁾ 접착 강도는 미세누출과 직접적 관련이 없다는 견해도 있다.¹⁹⁾ 그러나 본 연구에서 어떠한 특성이 미세누출에 가장 큰 역할을 하였는지 알아내기는 쉽지 않다.

또한 이러한 특성들은 재료에 첨가된 레진의 비율, monomer의 종류, 재료 자체의 바탕이 되는 기질에 따라서 달라지는데, 무엇이 주요한 역할을 하는지를 알아내기란 더욱 쉽지 않다. 주목해봐야 할 것은 Theracal LC에 함유된 PEGDMA라는 강력한 친수성을 지닌 monomer이다. 제조사인 Bisco에 따르면 PEGDMA는 다른 재료에서 사용되는 HEMA, TEGDMA, Bis-GMA, UDMA 등과 같은 monomer보다 수분 흡수 능력이 우수하며 unbound water의 흡수를 통해 Ca^{2+} 이온과 OH 이온의 방출을 촉진시키는 것으로 보인다. 본 연구에서는 각 시편에 재료를 충전한 직후, 구강 내 습한 환경의 재현을 위해 시편들을 24시간 동안 생리 식염수에서 보관하였다. 24시간은 수분을 흡수 하여 팽창하기에 충분한 시간으로서²²⁾ 이 과정에서 각각의 재료가 팽창한 정도가 미세누출에도 영향을 주었을 것이다. 그러나 오직 PEGDMA에 의한 수분 흡수

만이 미세누출에 절대적인 영향을 주었다고 생각해서는 안 된다. Ionosit과 Calcimol LC에도 HEMA와 같은 친수성 monomer가 포함되어 있으며 그 양에 따라 수분 흡수가 더 많이 이루어졌을 수도 있다. 또한 그 외에도 monomer의 비율이나 재료의 기질이 미세누출에 영향을 주었을 수도 있다. 따라서 미세누출에 대한 영향을 평가하기 위해서는 각각의 재료에 대한 중합 후 체적 변화, 흐름성, 접착 강도 등을 비교하는 연구가 필요하다.

추가로 한 가지 더 언급하고자 하는 것은 열팽창에 의한 계면 간극 형성이다. 복합레진의 열팽창 계수는 상아질에 비해 3-4배 정도 크기 때문에^{24,25)} 온도 변화에 따른 부피 변화의 차이가 계면의 분리를 일으킬 수 있다. 구강 내 환경은 다양한 온도의 음식섭취로 인해 급격한 온도 변화가 있을 수 있으며 이를 구강 외 실험에서 재현하기 위해 주로 Thermo-cycling을 이용한다. 이전 연구에 의하면 5급 와동의 복합 레진과 Compomer 수복에서 Thermo-cycling이 미세누출의 정도를 증가시킨다고 하였다.^{26,27)} 그러나 본 연구에서는 Thermo-cycling을 진행하지 않았으므로 재료의 열팽창 계수 차이는 미세누출에 영향을 미치지 않았을 것이다. 그럼에도 불구하고 Calcimol LC와 Ionosit에서는 상당한 미세누출이 발생하였는데, 이는 초기의 중합 수축으로 인해 이미 계면에 간극이 형성되었음을 의미한다. 추후 연구를 통해 Thermo-cycling이 Theracal LC의 미세누출에 어느 정도의 영향을 주는지 알아보는 것도 필요할 것이다.

본 연구를 통해 Theracal LC의 미세누출이 Calcimol LC와 Ionosit에 비해 유의한 수준으로 작음을 알 수 있었다. 이러한 미세누출의 차이가 재료의 어떤 특성으로 인한 것인지는 명확히 밝히지 못하였으나 재료의 특성 자체보다는 그 결과로 인한 미세누출이 임상적으로 더 큰 의의를 지니므로 본 연구의 결과에 의미를 부여할 수 있을 것이다. 이전의 연구에 의하면 미세누출에 의한 세균의 감염 여부는 상아질교의 형성에 중대한 영향을 미친다.²⁸⁾ 접착 레진을 이용한 치수 복조에 대한 연구들을 살펴보면, 접착 레진의 monomer에 의한 치수 자극이 치수 복조 실패의 원인이기도 하지만 미세 누출에 의한 세균의 감염이 원인이라는 주장도 존

재한다. 세균이 존재하지 않는 경우에는 접착 레진에 의한 치수 복조가 성공적이었으나 세균이 존재하는 경우에는 염증 반응으로 이어진다는 것이다.²⁹⁻³¹⁾ 또한 Compomer의 생체 적합성에 관한 연구에서도 세균의 존재 유무가 치수 반응과 직접적이 연관이 있다는 것을 볼 수 있다.³²⁾ 접착 레진은 항균 효과가 없기 때문에 미세누출에 의해 세균이 침투할 경우 증식을 막을 수 있는 기전이 없다. 이런 경우 미세누출의 중요성은 더욱 크다고 할 수 있다.

기존에 사용되던 수산화칼슘 제제는 치질 결합능력이 부족하여 미세누출이 큰 대신 OH⁻이온 방출에 의한 항균 효과가 세균의 증식을 억제시켜 줄 수 있다.¹⁾ 그럼에도 불구하고 이를 보완하기 위해 수산화칼슘으로 치수를 복조한 후 밀폐성이 우수한 Compomer나 RMGI를 그 위에 개장하여 미세누출도 막아주는 것이 일반적인 과정이었다.¹⁾ 수산화칼슘에 레진을 첨가하여 단점을 보완한 것이 Calcimol LC이지만 이것은 Ca²⁺이온과 OH⁻이온의 방출이 레진 기질에 의해 저해됨으로써 그 효과가 떨어질 수 있다.³³⁾

지금까지의 연구에 따르면 Compomer의 밀폐성은 RMGI나 접착 레진과 비교해서 특별히 우수하다는 것을 보여주지는 못하고 있다.³⁴⁻³⁶⁾ 그러나 Compomer는 재래형 GI보다는 우수한 밀폐 능력을 보여준다는 연구 결과도 존재한다.³⁷⁾ 본 연구에서 나타난 Theracal LC의 밀폐성은 Compomer에 비해서 우수하므로 기존에 사용되던 치수 복조제의 훌륭한 대체제가 될 수 있을 것이다. 게다가 Compomer는 치수 조직을 자극하므로 직접 치수 복조에 이용될 수 없고, 상아질교 형성능력도 없는데 반해서, Theracal LC는 Ca²⁺이온과 OH⁻이온의 방출에 의해 상아질교 형성과 항균 효과 모두 기대된다. 또한 Theracal LC를 사용한다면 수산화칼슘 위에 다시 GI나 RMGI를 개장하는 번거로움 없이 Theracal LC 하나로 치수 복조를 완료할 수도 있을 것이다.

그러나 Theracal LC에 포함된 미반응 monomer의 방출로 인하여 세포독성이 있을 수 있다는 점은 더 연구가 필요한 부분이다. Compomer나 RMGI와 같이 resin-modified된 재료에서 미중합된 monomer가 방출됨은 이미 연구를 통해 알려져 있다.³⁸⁾ 특히 HEMA와 같이 작용기가 하나

밖에 없는 monomer는 중합체에 결합하지 못한 채 방출되기 쉽다. 따라서 Theracal LC에서도 이러한 현상이 발생 가능하므로 그 위험성에 대한 연구가 필요할 것이다. 마지막으로 장기간의 임상 관찰이 부족한 점도 Theracal LC의 단점으로 앞으로 지속적인 연구와 임상 관찰이 필요하다 할 수 있겠다.

V. 결론

Light-curing MTA-like 제재인 Theracal LC, Light-curing calcium hydroxide 제재인 Calcimol LC, Light-curing compomer 제재인 Ionosit LC의 미세누출을 염료 침투 시험으로 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Theracal LC의 미세누출은 Calcimol LC, Ionosit LC에 비해 유의미하게 작았다. ($p < 0.001$)
2. Calcimol LC와 Ionosit LC의 미세누출은 유의미한 차이가 관찰되지 않았다.

참 고 문 헌

1. Schuur AH, Gruythuysen RJ, Wesselink PR: pulp capping with adhesive resin-based composite vs calcium hydroxide. *Endod Dent Traumatol*, 16:240-50, 2000.
2. Cox CF, Subay RK, Ostro E, Suzuki SH: Tunnel defects in dentin bridges. *Oper Dent*, 21(1):4-11, 1996.
3. C.A de Souza, A.B Lopes do Nascimento, H.M Teixeira, U.F Fontana: Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dental Materials* 17(3):230-40, 2001.
4. C.A. de Souza Costa, J. Hebling, C.T. Hanks: Current status of pulp capping with dentin adhesive systems. *Dental Materials* 16(3):188-97, 2000.
5. Accorinte Mde L, Holland R, Reis A, Bortoluzzi MC, Murata SS, Dezan E Jr, Souza V, Alessandro LD: Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-capping Agents in Human Teeth. *Journal of Endodontics*, 34(1):1-6, 2008.
6. Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Al Mushayt A: Clinical assessment of mineral trioxide aggregate as direct pulp capping in young permanent teeth. *J Clin Pediatr Dent*, 31(2):72-6, 2006.
7. Yong-Beom Kim, Won-Jun Shon, Woocheol Lee, Kee-Yoen Kum, Seung-ho Baek, Kwang-Shik Bae: Comparison of gene expression profiles of human dental pulp cells treated with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *JKACD*, 36(5):397-408, 2011.
8. Howard W. Roberts, Jeffrey M. Toth, David W. Berzins, David G. Charlton: Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment. *Dental Materials*, 24(2):149-64, 2008.
9. Mahmoud Torabinejad, C.U. Hong, F. McDonald, T.R. Pitt Ford: Physical and chemical properties of a new root-end filling material.

- Journal of Endodontics, 21(7):349 - 53, 1995.
10. M. G. Gandolfi, F. Siboni, C. Prati: Chemical - physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *International Endodontic Journal*, 45(6):571 - 9, 2012.
 11. Wilson AD: Resin-modified glass-ionomer cements. *The International Journal of Prosthodontics*, 3(5):425-9, 1990.
 12. John F. McCabe: Resin-modified glass-ionomer. *Biomaterials* 19:521-7, 1998.
 13. Adrian U.J. Yap: Resin-modified glass ionomer cements: a comparison of water sorption characteristics. *Biomaterials*, 17(19):1897-900, 1996.
 14. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL: Relaxation of polymerization contraction shear stress by hygroscopic expansion. *J Dent Res Jan*, 69(1):36-9, 1990.
 15. K.B. Hallett, F. Garcia-Godoy: Microleakage of resin-modified glass ionomer cement restorations: An in vitro study. *Dental Materials*, 9(5):306-11, 1993.
 16. Mjor IA: Histological demonstration of bacteria subjacent to dental restorations. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 85:169-74, 1977.
 17. Jean Camps, David Pashley: Reliability of the dye penetration studies. *Journal of Endodontics*, 29(9):592-4, 2003.
 18. Anne Peutzfeldt, Erik Asmussen: Determinants of in vitro gap formation of resin composites. *Journal of Dentistry*, 32(2):109-15, 2004.
 19. M. Irie, K. Suzuki: Marginal gap formation of light-activated base/liner materials: effect of setting shrinkage and bond strength. *Dental Materials*, 15(6):403-7, 1999.
 20. Braga RR, Hilton TJ, Ferracane JL: Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. *J Am Dent Assoc*, 134:721-8, 2003.
 21. Gerdolle DA, Mortier E, Droz D: Microleakage and polymerization

- shrinkage of various polymer restorative materials. *J Dent Child (Chic)*, 75(2):125-33, 2008.
22. Widchaya Kanchanasita, H.M. Anstice, Gavin J. Pearson: Water sorption characteristics of resin-modified glass-ionomer cements. *Biomaterials*, 18(4):343 - 9, 1997.
23. Feilzer AJ, Kakaboura AI, de Gee AJ, Davidson CL: The influence of water sorption on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater*, 11(3):186-90, 1995.
24. Xu Hengchang, Liu Wenyi, Wang Tong: Measurement of thermal expansion coefficient of human teeth. *Aust Dent J*, 34(6):530-5, 1989.
25. Powers JM, Hostetler RW, Dennison JB: Thermal expansion of composite resins and sealants. *J Dent Res*, 58(2):584-7, 1979.
26. Hakimeh S, Vaidyanathan J, Houpt ML, Vaidyanathan TK, Von Hagen S: Microleakage of compomer class V restorations: effect of load cycling, thermal cycling, and cavity shape differences. *J Prosthet Dent*, 83(2):194-203, 2000.
27. Wahab FK, Shaini FJ, Morgano SM: The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. *J Prosthet Dent Aug*, 90(2):168-74, 2003.
28. Murray PE, Hafez AA, Smith AJ, Cox CF: Hierarchy of pulp capping and repair activities responsible for dentin bridge formation. *Am J Dent*, 15(4):236-43, 2002.
29. Cox CF, Hafez AA, Akimoto N, Otsuki M, Suzuki S, Tarim B: Biocompatibility of primer, adhesive and resin composite systems on non-exposed and exposed pulps of non-human primate teeth. *Am J Dent*, 11:S55-63, 1998.
30. Tsuneda Y, Hayakawa T, Yamamoto H, Ikemi T, Nemoto K: A histopathological study of direct pulp capping with adhesive resins. *Oper Dent*, 20(6):223-9, 1995.

31. Lu Y, Liu T, Li X, Li H, Pi G: Histologic evaluation of direct pulp capping with a self-etching adhesive and calcium hydroxide in beagles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* Oct, 102(4):78-84, 2006.
32. Tarim B, Hafez AA, Suzuki SH, Suzuki S, Cox CF: Biocompatibility of compomer restorative systems on nonexposed dental pulps of primate teeth. *Oper Dent*, 22(4):149-58, 1997.
33. Rehfeld RL, Mazer RB, Leinfelder KF, Russell CM: Evaluation of various forms of calcium hydroxide in the monitoring of microleakage. *Dent Mater*, 7(3):202-5, 1991.
34. Campanella LC, Meiers JC: Microleakage of composites and compomers in Class V restorations. *American Journal of Dentistry*, 12(4):185-9, 1999.
35. Manuel Toledano, Estrella Osorio, Raquel Osorio, Franklin García-Godoy: Microleakage of Class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 81(5): 610 - 5, 1999.
36. Peter E Murray, Abeer A Hafez, Anthony J Smith, Charles F Cox: Bacterial microleakage and pulp inflammation associated with various restorative materials. *Dental Materials*, 18(6):470 - 8, 2002.
37. Sjödin L, Uusitalo M, van Dijken J: Resin modified glass ionomer cements: In vitro microleakage in direct class V and class II sandwich restorations. *Swed Dent J*, 20(3):77-86, 1996.
38. Hamid A, Okamoto A, Iwaku M, Hume WR: Component release from light-activated glass ionomer and compomer cements. *J Oral Rehabil*, 25(2):94-9, 1998.

Abstract

Microleakage of various light-curing pulp capping materials

Sang-ki Jung

School of Dentistry

Seoul National University

Directed by prof. Ki-taeg Jang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Objectives: The success of pulp capping depends on the sealing ability of materials. Because, bacterial infection through microleakage can cause chronic inflammation of pulpal tissue. The objective of this study is to evaluate the sealing ability of various light-curing pulp capping materials.

Materials and Methods: For this study 25 extracted human molar teeth was used. O-shaped, 39 class I cavity preparations were placed under dentino-enamel junction. Cavities were randomly divided 3 groups and restored as follow: group 1, Theracal LC; group 2,

Calcimol LC; group 3, Ionosit. All specimens were stored in saline at room temperature for 24 hours. The teeth were coated with nail varnish except for 1mm around the margin, and immersed in a 2% methylene blue solution. The specimens were sectioned in half with the long axis. The section of specimens were observed using a stereo light microscope. The specimens were rated on scale from 0 to 5, defined as: 0, no penetration; 1, 1/3 of axial wall; 2, 2/3 of axial wall; 3, 3/3 of axial wall; 4, penetration of basal floor. The statistical analysis was done by ANOVA.

Result: Dye penetration scores for Group A, B and C were 1.92, 3.85 and 3.69 respectively. Group A was significantly different from Group B and C.($p < 0.001$) And there was non-significant difference between Group B and C.

**keywords : Pulp Capping, Microleakage, Calcium hydroxide,
Glass ionomer, MTA, Resin-modified**
Student Number : 2010-22500