

직접치수복조재에 따른 비글견 치수의 조직반응에 대한 연구

배지현¹ · 김영균² · 윤필영² · 조병훈³ · 최용훈^{1*}

분당서울대학교병원 ¹치과보존과, ²구강악안면외과, ³서울대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

PULP RESPONSE OF BEAGLE DOG TO DIRECT PULP CAPPING MATERIALS: HISTOLOGICAL STUDY

Ji-Hyun Bae¹, Young-Gyun Kim², Pil-Young Yoon², Byeong-Hoon Cho³, Yong-Hoon Choi^{1*}

¹Department of Conservative Dentistry, ²Department of Oral Maxillofacial Surgery, Seoul National University Bundang Hospital

³Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the pulp tissue reaction to direct pulp capping of mechanically exposed beagle dogs' pulp with several capping materials. A total of 36 teeth of 2 healthy beagle dogs were used. The mechanically exposed pulps were capped with one of the followings: (1) Mineral Trioxide Aggregate (MTA: ProRoot® MTA, Dentsply, Tulsa, USA), (2) Clearfil SE Bond (Dentin adhesive system: Kuraray, Osaka, Japan), (3) Ultra-Blend (Photo-polymerized Calcium hydroxide: Ultradent, South Jordan, USA), (4) Dycal (Quick setting Calcium hydroxide: LD Caulk Co., Milford, USA) at 7, 30, and 90 days before sacrificing. The cavities were restored with Z350 flowable composite resin (3M ESPE, St. Paul, MN, USA). After the beagle dogs were sacrificed, the extracted teeth were fixed, decalcified, prepared for histological examination and stained with HE stain. The pulpal tissue responses to direct pulp capping materials were assessed.

In MTA, calcium hydroxide, and photo-polymerized calcium hydroxide groups, initial mild inflammatory cell infiltration, newly formed odontoblast-like cell layer and hard tissue bridge formation were observed. Compared with dentin adhesive system, these materials were biocompatible and good for pulp tissue regeneration.

In dentin adhesive system group, severe inflammatory cell infiltration, pulp tissue degeneration and pulp tissue necrosis were observed. It seemed evident that application of dentin adhesive system in direct pulp capping of beagle dog teeth cannot lead to acceptable repair of the pulp tissue with dentine bridge formation. [J Kor Acad Cons Dent 35(1):5-12, 2010]

Key words: Direct pulp capping, Pulp inflammation, Dentinal bridge, Histological evaluation, Beagle dog

-Received 2009.9.8., revised 2009.10.1., accepted 2009.10.23.-

I. 서 론

환자를 치료하는 치과의사의 궁극적 목표는 환자의 치아

를 보존하여 저작, 발음, 심미의 치아의 기능을 유지하는 것이다. 임상진료시 충치 제거나 외동형성 과정 중 치수 노출을 경험하게 된다. 특히 소아 및 청소년기의 유치열, 혼합치열 또는 성인의 영구치열에 가해지는 외상은 흔히 치아과절 등을 야기하며 치수의 생활력에 치명적인 손상을 입히게 된다. 이렇게 치수가 노출된 경우, 더 이상 치수에 손상을 주지 않고 치수의 생활력을 유지하기 위해 직접치수복조술이 적용된다. 치수 염증을 나타내는 동통 등의 기왕력이 없다면 직접치수복조는 시간과 노력, 비용이 드는 힘든 근관치

*Corresponding Author: **Yong-Hoon Choi**
Department of Conservative Dentistry,
Seoul National University Bundang Hospital
300 Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam-si Gyeonggi-do, 463-707, Korea
Tel: 82-31-787-2780 Fax: 82-31-787-4068
E-mail: yhchoi@snubh.org

료 과정을 거치지 않고, 치아의 생활력과 기능을 유지할 수 있는 좋은 방법이다.

치수복조 재료의 선택은 직접치수복조술의 성공에 중요한 요소이다. 이상적인 치수복조제는 치수의 염증을 유발하지 않고, 치질과 결합하여 미세누출이 없으며, 상아질교를 형성하고, 임상적으로 사용하기 편한 것이다.¹⁾ 성공적인 직접치수복조술을 위해 수산화칼슘, MTA, 접착성 레진 등의 많은 약제들이 연구되고 쓰여지고 있지만 치료 효과와 예후에 대해서는 아직도 많은 논란이 있으며, 특히 최근에는 기존에 이상적인 치수복조제로 인정되어온 수산화칼슘에 대한 회의와 반론이 제기되고 있다.²⁻⁵⁾ 치수염증의 원인은 세균의 미세누출이라는 생각으로 상아질 접착제와 치과용 복합레진이 치수복조제로 사용되었지만, 여러 연구에서 상반된 결과를 보고하였고,⁶⁻¹¹⁾ 생체친화성으로 다양한 용도로 사용되는 MTA¹²⁻¹⁶⁾에 대해서도 단점이 보고되고 있는 실정이다.¹⁷⁾ 이번 실험에서는 최근에 접착력과 밀폐능력이 우수하여 임상적으로 많이 사용되는 Clearfil SE Bond를 이용한 직접치수복조술과 생체친화성으로 다양한 용도로 사용되는 MTA를 이용한 직접치수복조술, 그리고 임상적으로 사용하기 편리하게 제작된 광중합형 수산화칼슘제재를 이용한 직접치수복조술에 대해 평가하기 위해서, 전통적으로 많이 사용되는 수산화칼슘과 비교하였다.

본 실험의 목적은 인위적으로 노출시킨 비글견의 치수조직을 기존의 수산화칼슘제재와 MTA, 접착성 레진, 광중합형 수산화칼슘제재를 사용하여 직접치수복조한 후 각 재료에 따른 치수의 반응을 광학현미경 하에서 조직학적으로 관찰하여 비교분석함으로써, 임상가들의 치수복조제 선택에 도움을 주고자 함이다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 대상

생후 360-400일, 체중 13-15 kg 정도의 비글견 암수 한 마리씩을 실험대상으로 선정하였으며, 한 마리당 18개의 소구치, 대구치를 실험대상 치아로 선정하였다.

2. 실험 재료

본 실험에는 Mineral Trioxide Aggregate (MTA: ProRoot®, MTA, Dentsply, Tulsa, USA) self-etching adhesive인 Clearfil SE Bond (Kuraray, Osaka, Japan), 광중합형 수산화칼슘제재인 Ultra-Blend (Ultradent, South Jordan, USA), 수산화칼슘제재인 Dycal® (LD Caulk Co., Milford, USA)이 치수복조제로 사용되었다. 와동 충전에는 복합레진인 Z350 flowable

composite resin (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)이 수복제로 사용되었다.

3. 실험 방법

비글견 희생 90일 전, 체중당 10 mg의 Ketamine HCL (Zoletil 50, Virbac, Carros, France)과 체중당 0.2 mg의 Xylazine HCl (Rumpen, Bayer Korea, Seoul, Korea)을 정맥 주사하여 마취상태를 유지하였다. 2% 염산 리도카인 (1 : 100,000 epinephrine, 광명, 한국)을 이용하여 국소 침윤마취한 후, 큐렛을 이용하여 치아에 붙어있는 치석을 제거하고, 구강내를 0.5% chlorhexidine으로 소독하였다. 무작위로 선정된 치아에 대해 소독된 #330 카바이트 바를 고속 핸드피스에 부착하여 충분한 물 분사 하에 치아의 협면에 가로 2 mm, 세로 2 mm, 깊이 1.5 mm의 와동을 형성하고, 저속핸드피스에서 #1/2 카바이트 바를 이용하여 치수를 노출시켰다. 와동을 식염수로 세척하고 소독된 면구로 압박하여 지혈시킨 후, 각각의 치수복조제를 제조사의 지시에 따라 적용하고, 와동은 Clearfil SE Bond와 Z350 flowable composite resin (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)으로 충전하였다. 희생 30일 전, 7일 전에도 각 군별로 3개의 치아에 같은 방법으로 직접치수복조와 와동수복을 실시하였다.

와동형성시와 같은 방법으로 전신마취하고 경부를 개방한 다음 경동맥을 통하여 고정액인 4% formaldehyde로 관류 고정하고 KCl을 정맥주입하여 심정지를 확인한 후, 상하악 골을 적출하여 4% formaldehyde 용액에서 일주일간 고정하였다. 각 치아를 잘라서 20% formic acid로 2개월간 탈회한 다음, 기존의 방법대로 수세, 탈수 및 명화 과정을 거친 후 파라핀 포매하였다. 치수 노출부의 중앙을 관통하도록 협설방향으로 5 µm 두께로 절단한 다음 Hematoxylin-Eosin 염색을 시행하여 광학현미경으로 관찰하였다. Costa 등이⁹⁾ 사용한 criteria를 이용하여 각 표본의 치수조직 반응을 평가하였다 (Table 1, 2).

Table 1. Criteria for grading inflammatory cell response

Grade	Characterization
0	None or a few scattered inflammatory cells present in the pulpal area corresponding to pulp exposure, characteristic of normal tissue
1	Slight inflammatory cell infiltration with polymorphonuclear or mononuclear leukocytes
2	Moderate inflammatory cell infiltration involving the coronal pulp
3	Severe inflammatory cell infiltration involving the coronal pulp or abscess present

Table 2. Criteria for grading hard tissue formation

Grade	Characterization
0	Absent
1	Modest hard tissue deposition beneath the exposed area
2	Moderate hard tissue deposition beneath the exposed area
3	Heavy hard tissue deposition beneath the exposed area, appearing as a complete dentin bridge

Ⅲ. 실험결과

본 실험에서 얻어진 각 치수복조제에 대한 비글견의 치수 반응은 Table 3과 같다.

1. MTA 군

7일 경과한 군에서는 경조직의 형성은 관찰되지 않았으며, odontoblast-like cell이 재료 하방에서 관찰되었고, 치수조직의 위축과 부분괴사도 관찰되었다(Figure 1a). 30일 표본에서는 경조직이 관찰되었다. 두 표본에서는 연속적이지 않은 경조직이 관찰되었고, 한 표본에서는 연속된 상아질교 양상을 보였다(Figure 1b). 90일 후에는 두 표본에서 연속된 상아질교를 관찰할 수 있었다(Figure 1c).

2. Clearfil SE Bond군

7일 표본에서는 염증세포의 침윤과 치수세포의 괴사를 관찰할 수 있었다(Figure 2a). 30일과 90일 후에는 치수 세포의 괴사가 더욱 진행한 양상을 보였다(Figure 2b, c). 경조직의 생성은 90일 경과 후 한 표본에서 관찰할 수 있었다.

3. Ultra-blend 군

7일 경과한 군과 30일 경과한 군에서는 경조직의 형성은 보이지 않았고, 전반적으로 중등도의 염증반응이 관찰되었다. 치수조직의 변성과 괴사된 부분도 관찰되었다(Figure 3a, b). 90일 경과한 군에서는 염증세포 침윤소견을 보였고, 두 표본에서 경조직층의 형성이 관찰되었고 하방에는 odontoblast-like cell이 관찰되었으며, 인접 상아질에서는 3차 상아질 형성이 관찰되었다(Figure 3c).

4. Dycal 군

7일 경과한 군에서는 염증세포의 침윤과 치수세포의 괴사 소견이 관찰되었고 경조직의 형성은 관찰되지 않았다. (Figure 4a) 30일 경과한 군에서는 불규칙하고 얇게 형성된 경조직층이 관찰되었으며 염증세포의 침윤과 치수조직의 변성을 관찰할 수 있었다(Figure 4b). 90일 경과한 후에는 두꺼운 경조직층의 형성이 관찰되었다(Figure 4c).

Table 3. Inflammatory responses and hard tissue formation resulted with 4 pulp capping materials

Material	Experimental period	Number of specimens	Inflammatory response				Hard tissue formation			
			0	1	2	3	0	1	2	3
MTA	7 D	3	0	0	1	2	3	0	0	0
	30 D	3	1	1	0	1	0	0	1	2
	90 D	3	2	0	0	1	0	1	0	2
SE Bond	7 D	3	0	1	0	2	3	0	0	0
	30 D	3	0	0	0	3	3	0	0	0
	90 D	3	0	0	0	3	2	1	0	0
Ultra-Blend	7 D	3	0	1	1	1	3	0	0	0
	30 D	3	0	1	1	1	3	0	0	0
	90 D	3	0	0	2	1	1	0	1	1
Dycal	7 D	3	0	1	1	1	3	0	0	0
	30 D	3	0	0	1	2	1	1	0	1
	90 D	3	1	0	1	1	0	0	0	3

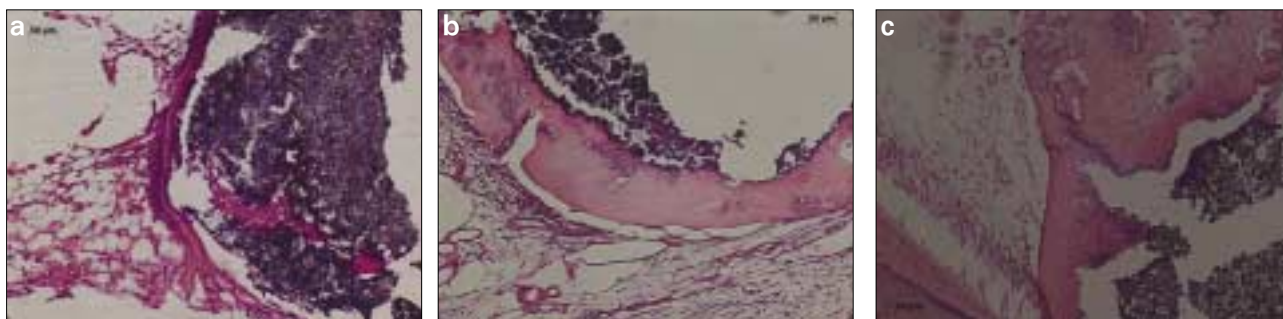


Figure 1. a. Pulp capping with MTA at 7 days. Inflammatory cells infiltrated around the capping material under odontoblast-like cell. b. Pulp capping with MTA at 30 days. Newly formed dentinal bridge was observed. c. Pulp capping with MTA at 90 days. The thickness of hard tissue increased, compared with that of 30 days.

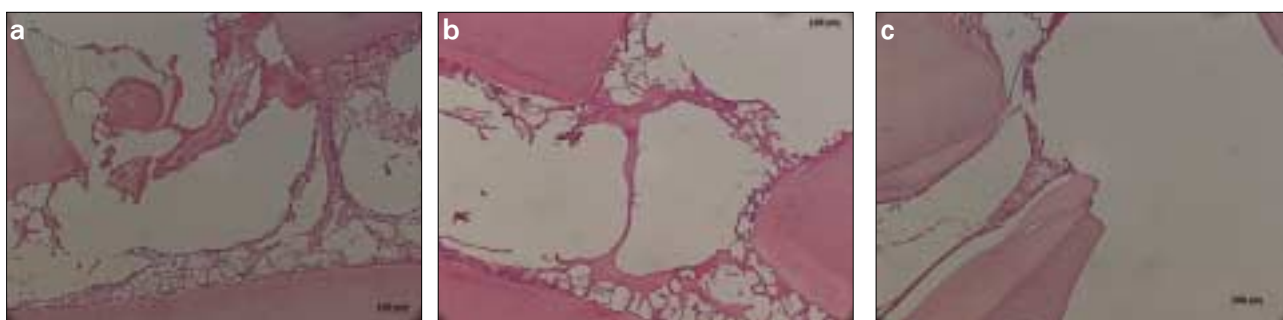


Figure 2. a. Pulp capping with SE Bond at 7 days. Inflammatory cells infiltrated accompanied by soft tissue disturbances. b. Pulp capping with SE Bond at 30 days. Coronal pulp tissue necrosis beneath the exposure site was observed. c. Pulp capping with SE Bond at 90 days. Severe pulp tissue necrosis beneath the exposure site was seen.

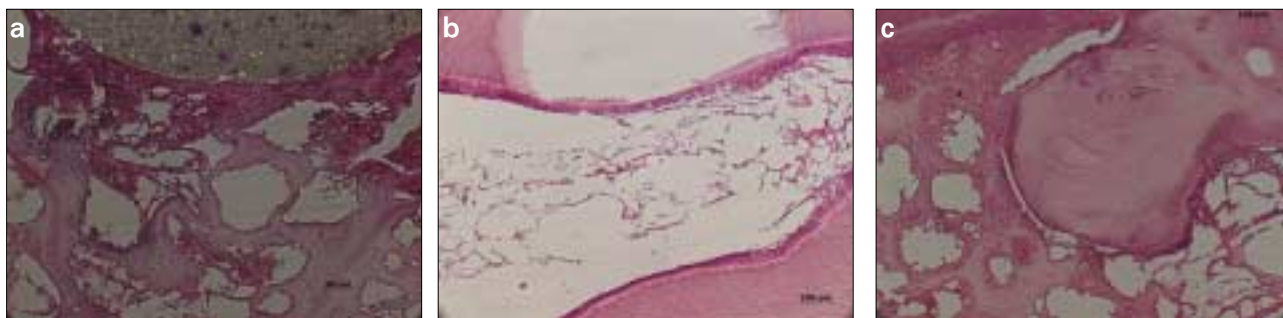


Figure 3. a. Pulp capping with Ultra-blend at 7 days. Inflammatory cell infiltration and hemorrhage was observed. b. Pulp capping with Ultra-blend at 30 days. Odontoblast-like cells arranged beneath exposure site. Pulp degeneration and partial pulp necrosis was seen. There was no hard tissue formation. c. Pulp capping with Ultra-blend at 90 days. Complete dentinal bridge protected the exposure site.



Figure 4. a. Pulp capping with Dycal at 7 days. Pulp tissue degeneration was seen. b. Pulp capping with Dycal at 30 days. Partial pulp tissue degeneration and hard tissue formation were observed. c. Pulp capping with Dycal at 90 days. Complete hard tissue formation and normal soft tissue organization beneath the exposure site.

IV. 총괄 및 고찰

치수 노출 후의 치수 조직 소견의 변화에 관한 Kakehashi 등의 연구를 보면 무균상태에서 기계적으로 노출된 치수에 아무 약제도 도포하지 않았을 때 염증 반응 없이 상아질 형성을 보고한 바, 치수는 적당한 환경에서 자연치유 능력을 가지고 있다고 볼 수 있다.¹⁸⁾ 이상적인 치수복조 재료는 이런 치수의 자연치유 능력을 해치지 않으며 미세누출이 없어 치수의 무균 상태를 유지해 줄 수 있는 것이라 할 것이다.¹⁾

수산화칼슘 제제는 칼슘 이온에 의한 재석회화 기능과 상아질교 형성, fibroblast를 자극하여 연조직과 경조직의 치유 유도, 높은 염기성으로 염증에 의한 낮은 pH환경을 중화시키고 우식부의 산성도를 중화시키는 효과, 박테리아 살균성과 박테리아 정균성 등의 효과로 치과치료의 여러 분야에서 사용되어왔다.^{2,3,19)}

치수 노출 부위에 수산화칼슘을 적용하면 일반적으로 하부의 결체조직이 재구성되고 약제에 인접한 부위에 경조직이 침착됨으로써 그 치유과정이 완료된다고 보고하고 있다.^{20,21)} 본 실험에서도 수산화칼슘으로 치수복조한 후에 나타나는 일반적인 치수조직 소견과 비슷하게, 초기에는 치수노출부에 염증세포의 침윤이 일어나 정도에서 중증도의 염증반응이 일어나고 치수조직이 파괴되었고, 그 후 이들이 치수결체조직으로 대체되고 재구성되어 치수노출부 조직의 치유와 세포 증식이 관찰되었고, 얇게 형성된 경조직층이 관찰되어 초기광물화가 시작됨을 알 수 있었다. 시간이 지남에 따라 경조직의 침착과 두꺼운 경조직층의 형성을 볼 수 있었다.

치수복조제로 중요한 역할을 하는 수산화칼슘의 주요 성분은 칼슘이온이다. 칼슘이온이 세포 자극, 이주, 증식 및 분화를 유도하고 석회화의 개시제로 작용하여 상아질교를 형성하여 치수를 보호한다.²⁾ 치수와 복조제 사이에 상아질교의 형성은, 상아질교가 정상상태의 상아질을 의미하는 것도 아니고, 결손부를 포함하는 tunnel 결함을 가지고 있어서 영구적인 봉쇄장벽을 의미하는 것도 아니기 때문에^{2,3)} 논란의 여지가 있지만, 조직의 치유나 자극에 대한 반응으로 해석할 수 있다.²³⁾ 이번 실험에서도 상아질교의 형성을 조직의 치유와 자극에 대한 긍정적인 반응으로 평가하였다. 석회화에서 칼슘이온의 역할을 살펴보면, calcium carbonate granulation이 von kossa-positive calcium salt granulation의 침착을 유도하여 조직의 치유를 촉진하고 조상아세포의 분화와 상아질 침착을 돕는다.²⁴⁾ 여기서 calcium carbonate granulation은 Ca^{2+} 과 CO_2 와 CO_3^{2-} 이 결합하여 형성된다.²⁴⁾ Holland 등은 이때 사용되는 칼슘이온은 조직에서 오는 것이 아니라 수산화칼슘제제에서 유리된다고 하였다.²⁴⁾

이런 칼슘 이온은 MTA에서도 유리된다. MTA의 주성분

은 tricalcium silicate, tricalcium aluminate, tricalcium oxide, silicate oxide로 생체친화적이고 골형성을 유도하며, 폐쇄능력이 좋고, 습기가 있는 구강내에서의 적용이 좋아서 치근단역충전, 천공치료, 치근단형성술식 등의 근관치료 분야와 치수복조 등의 보존치료에 많이 사용되고 있다.^{12,13)} 수산화칼슘은 MTA의 구성성분이 아니지만, MTA의 주성분인 tricalcium oxide는 수분을 만나면 수산화칼슘이 되고, 수산화칼슘과 같은 기전으로 경조직을 형성한다.^{14,15)} 많은 논문에서 직접치수복조제로 MTA를 사용했을 때 좋은 결과를 보고했고, 수산화칼슘제제와 비교해서도 염증이 적고 상아질교 형성도 좋은 것으로 보고하였다.^{13,14,16)} 본 실험에서도 초기에는 치수의 위축과 부분괴사가 관찰되었지만 시간이 지날수록 경조직이 침착되어 연속된 상아질교를 관찰할 수 있었고 수산화칼슘제제와 비슷한 결과를 보여주었다. 하지만 이런 MTA는 경화시간이 2시간이 넘어 초기 경화시간 중 미세누출의 가능성이 있고, 혼합후 조작이 불편하고 적용이 힘들며, 경화후 변색이 되고, 가격이 고가라는 단점이 있다.¹⁷⁾

치수의 자연치유 능력을 보존할 수 있도록 미세누출이 없고 세균의 오염을 막아 치수의 무균상태를 유지해 줄 수 있는 치아와 접촉되는 치과용 복합레진이 치수복조제로 사용되었지만, 여러 연구에서 상반된 결과를 보고하였다.^{4,6-11)} 접착력이 향상된 접착성 레진은 치수에 근접한 깊은 와동에서도 치수염증을 보이지 않고, 변연에서 발생하는 미세누출만 막을 수 있다면 접착성 레진을 노출된 치수의 직접치수복조제로 사용할 수 있다고 보고한 연구도 있는 반면,⁷⁾ 실험동물의 종류에 따라 치수 반응이 다르고⁴⁾ 특히 사람의 치아에서는 레진으로 직접치수복조를 한 경우 심한 염증 소견을 보고한 연구도 있다.^{8,9)} 조직학적 관찰에서 세균이 관찰되지 않아도 치수 염증의 결과를 보고한 바, 세균의 미세누출이 레진 직접치수복조의 실패 원인이라는 것을 반박한 논문도 발표되었다.¹⁰⁾ 본 연구에서는 초기 염증 반응 이후 후기 반응이 양호하여 레진 치수복조를 주장하는 연구 결과⁷⁾와는 다르게, 접착성 레진으로 직접치수복조한 경우, 초기에 염증세포의 침윤과 치수세포의 괴사가 관찰되었고, 시간이 지날수록 치수 세포의 괴사가 더욱 진행된 양상을 보여서 접착성 레진은 직접치수복조제로 적당하지 않다는 결과를 얻을 수 있었다. 접착성 레진을 이용한 레진 수복이 technique-sensitive하기도 하지만, Bis-GMA, HEMA, UDMA, TEGDMA 등 레진성분의 세포독성, self-etching adhesive의 산성, 미중합 단량체^{10,11)} 등이 치수 염증의 원인으로 사료된다.

수산화칼슘은 변연봉쇄 능력이 떨어지고, 시간이 지남에 따라 용해되어 영구적인 봉쇄를 얻을 수 없으며, 용해되어 형성된 빈 공간으로 세균이 침투할 가능성이 증가할 수 있다.^{4,5)} 또한 수산화칼슘에 의해 생성된 상아질교는 결손부를

포함하는 tunnel 결함을 가지고 있어서 세균 침투가 가능하여 영구적인 봉쇄장벽의 역할을 할 수는 없다.²⁻⁴⁾ 이런 수산화칼슘 제재의 문제점을 개선하기 위해서 레진 성분을 포함시킨 광중합형 수산화칼슘 제재들이 개발되었다. 이러한 재료들의 주요 특징은 용해도가 낮아서 영구적인 밀봉이 가능하고 물성이 개선되었으며, 사용이 간편하고 경화시간을 조절할 수 있다는 장점이 있다.⁵⁾ 광중합형 수산화칼슘 제재가 초기 염증반응 없이 경조직 형성을 보여 수산화칼슘보다도 좋은 결과를 보고한 연구 결과도 있었지만,²⁵⁾ 본 실험에서는 초기의 염증반응과 증기의 경조직층의 형성을 보였으나 기존의 수산화칼슘에 미치지 못하는 결과를 보였다. 광중합형 수산화칼슘 제재는 레진을 함유하고 있으므로 직접치수복조에 적용할 경우 레진 성분이 치수 괴사나 상아질괴 형성에 영향을 준 것으로 사료된다.

MTA가 염증 반응이 적고 경조직 형성을 보여 수산화칼슘보다 좋은 결과를 보이거나 수산화칼슘과 유사한 결과를 보인 것과 비슷하게^{13,14,16)} 본 실험에서는 MTA와 수산화칼슘이 비슷한 결과를 보였다. 그러나 광중합형 수산화칼슘이 수산화칼슘보다 좋은 결과를 보인 기존의 논문²⁵⁾과는 다르게 광중합형 수산화칼슘과 수산화칼슘도 비슷한 결과를 가져와 결론적으로 MTA, 수산화칼슘, 광중합형 수산화칼슘이 유사한 결과를 보여주었다.

Anti-oxidant agent, calcium sulfate, growth factors, bone sialoprotein, dentin sialoprotein, and bone morphogenetic protein 등의 많은 재료들이 복조재로 적당한지 연구되고 있지만 이전의 재료에 비하여 좋은 결과를 보이지 못하고 있고,²⁶⁻²⁸⁾ 치수의 염증을 유발하지 않고 경조직을 형성하고 치수의 생활력을 보존하며 임상적으로 사용하기 편리한 직접치수복조재를 찾기 위하여 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 결 론

치수가 노출된 경우 MTA와 수산화칼슘제재, 광중합 수산화칼슘제재는 초기 염증반응이후 조상아세포층, 경조직 형성을 보여 직접치수복조재로 적당하였으며, 접착성 레진은 심한 염증반응과 치수 조직의 괴사 양상을 보여 직접치수복조재로 적당하지 않다는 결론을 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. Tziafas D, Smith AJ, Lesot H. Designing new treatment strategies in vital pulp therapy. *J Dent* 28:77-92, 2000.
2. Farhad A, Esfahan ZM. Calcium hydroxide: a review. *Int dent J* 55:293-301, 2005.
3. Cox CF. Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs cohesive hybridization. *J Am Dent Assoc* 125:823-831, 1994.
4. Cox CF, Bergenholtz G, Heys DR, Syed SA, Fitzgerald M, Heys RJ. Pulp-capping of the dental pulp mechanically exposed to oral microflora: a 1-2 year observation of wound healing in the monkey. *J Oral Pathol* 14:156-168, 1985.
5. Lee TH. The physical properties of light-activated pulp capping material, substituted for Ca(OH)₂ pastes. : Seoul National Univ.; 2007.
6. Brännström M, Nyborg H. Pulpal reaction to composite resin restorations. *J Prosth Dent* 27:181-189, 1972.
7. Stanley HR, Bowen RL, Cobb EN. Pulp responses to a dentin and enamel adhesive bonding procedure. *Oper Dent* 13:107-113, 1988.
8. Hebling J, Giro EMA, Costa CAS. Biocompatibility of an adhesive system applied to exposed human dental pulp. *J endod* 25:676-682, 1999.
9. Costa CAS, Nascimento ABL, Teixeira HM, Fontana UF. Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dent Mater* 17:230-240, 2001.
10. Koliniotou-Koumpia E, Tziafas D. Pulpal responses following direct pulp capping of healthy dog teeth with dentine adhesive systems. *J Dent* 33:639-647, 2005.
11. Stanley HR, Swerdlow H, Buonocore MG. Pulp reactions to anterior restorative material. *J Am Dent Assoc* 75:132-141, 1967.
12. Torabinejad M, Pitt Ford TR. Root-end filling materials : a review. *Endod Dent Traumatol* 12:161-178, 1996.
13. Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 127:1491-1494, 1996.
14. Faraco IM Jr, Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol* 17:163-166, 2001.
15. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan Jr E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubules filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J Endod* 25:161-166, 1999.
16. Asgary S, Mohammad JE, Masoud P, Farzin G, Hessam R. A comparative study of histologic response to different pulp capping materials and a novel endodontic cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 108:609-614, 2008.
17. Torabinejad M, Hong CU, MacDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 21:349-353, 1995.
18. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 20:340-349, 1965.
19. Rehman K, Saunders WP, Foye RH, Sharkey SW. Calcium ion diffusion from calcium hydroxide-containing materials in endodontically-treated teeth : an *in vitro* study. *Int Endod J* 29:271-279, 1996.
20. Hayashi Y. Ultrastructure of initial calcification in wound healing following pulpotomy. *J Oral Pathol* 11:174-180, 1982.
21. Yamamura T. Differentiation of pulpal cells and inductive influences of various matrices with reference to pulpal wound healing. *J Dent Res* 64:530-540, 1985.
22. Goldberg F, Massone EJ, Spielberg C. Evaluation of the dentinal bridge after pulpotomy and calcium

- hydroxide dressing. *J Endod* 10:318-320, 1984.
23. Schröder U. Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation and differentiation. *J Dent Res* 64:541-548, 1985.
24. Holland R, Pinheiro CE, de Mello W, Nery MJ, de Souza V. Histochemical analysis of the dogs' dental pulp after pulp capping with calcium, barium, and strontium hydroxides. *J Endod* 8:444-447, 1982.
25. Stanley HR, Pameijer CH. Pulp capping with a new visible-light-curing calcium hydroxide composition (Prisma VLC Dycal). *Oper Dent* 10:156-163, 1985.
26. Kim JH, Hong JB, Lim BS, Cho BH. Histological evaluation of direct pulp capping with DSP-derived synthetic peptide in beagle dog. *J Kor Acad Cons Dent* 34:120-129, 2009.
27. Yun YR, Yang IS, Hwang YC, Hwang IN, Choi HR, Yoon SJ, Kim SH, Oh WM. Pulp response of mineral trioxide aggregate, calcium sulfate or calcium hydroxide. *J Kor Acad Cons Dent* 32:95-101, 2007.
28. Goldberg M, Six N, Decup F, Buch D, Soheili Majd E, Lasfargues JJ, Salih E, Stanislawski L. Application of bioactive molecules in pulp-capping situations. *Adv Dent Res* 15:91-95, 2001.

국문초록

직접치수복조제에 따른 비글견 치수의 조직반응에 대한 연구

배지현¹ · 김영균² · 윤필영² · 조병훈³ · 최용훈^{1*}

분당서울대학교병원 ¹치과보존과, ²구강악안면외과, ³서울대학교 치과대학 치과보존학교실

본 연구에서는 인위적으로 노출시킨 비글견의 치수조직을 기존의 수산화칼슘제재와 MTA, 접착성 레진, 광중합형 수산화칼슘제재를 사용하여 직접치수복조한 후 각 재료에 따른 치수의 반응을 광학현미경 하에서 조직학적으로 관찰하여 비교분석하였다. 2마리 비글견의 36개 치아를 이용하여, 실험적으로 치수를 노출시키고 노출된 치수에 치수복조제를 적용한 후 와동은 복합레진으로 충전하여 직접치수복조술을 시행하였다: (1) Mineral Trioxide Aggregate (MTA: ProRoot® MTA, Dentsply, Tulsa, USA), (2) Clearfil SE Bond (Dentin adhesive system: Kuraray, Osaka, Japan), (3) Ultra-Blend (Photo-polymerized Calcium hydroxide: Ultradent, South Jordan, USA), (4) Dycal (Quick setting Calcium hydroxide: LD Caulk Co., Milford, USA). 희생전 90일, 30일, 7일 전에 각 복조제별로 3개씩의 와동을 충전하였고 비글견을 희생시키고 조직시편을 제작하였다. 시편을 H&E 염색 후 광학 현미경으로 치수염증반응과 경조직 형성 정도를 관찰하였다.

MTA 군은 초기에는 경조직 형성이 관찰되지 않고 치수조직의 위축과 부분괴사가 관찰되었으나 시간이 지나면서 경조직 형성이 관찰되었다. Clearfil SE Bond군은 초기에 염증세포의 침윤과 치수세포의 괴사를 관찰할 수 있었고 시간이 지날수록 치수 세포의 괴사가 더욱 진행된 양상을 보였다. Ultra-blend 군과 Dycal 군은 MTA 군과 비슷하게 초기에는 경조직 형성을 보이지 않고 중등도의 염증반응이 관찰되었으며 시간이 지나면서 경조직 형성이 관찰되었다.

MTA, 수산화칼슘제재와 광중합 수산화칼슘제재는 초기의 치수염증반응 이후 조상아세포층, 상아질교 형성을 보여 직접치수복조제로 적당하였으며, 접착성 레진은 심한 염증반응과 치수 조직의 괴사 양상을 보여 직접치수복조제로 부적당하다는 결론을 얻을 수 있었다.

주요단어: 직접치수복조, 치수염증, 상아질교, 조직학적 평가, 비글견