

Microleakage and Shear Bond Strength of Biodentine at Different Setting Time

Yong Ho Song, Nanyoung Lee, Sangho Lee, Myeongkwan Jih

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Chosun University

Abstract

The purposes of this study were to evaluate microleakage of Biodentine, one of the tricalcium silicate based pulp-capping materials, and to compare the shear bond strength between composite resin and Biodentine with different setting times. For microleakage evaluation, 70 bovine teeth were used. Cavities were formed on the labial surfaces and filled with Biodentine. The teeth were divided into seven groups, each consisting of 10 teeth. The specimens were prepared by applying the composite resin on the upper side after different setting times. To evaluate shear bond strength, 210 acrylic resin blocks with central grooves were prepared, and the grooves were filled with Biodentine. The acrylic resin blocks were divided into seven groups of 30 specimens each, and the specimens were prepared by applying the composite resin on the upper side after different setting times.

In samples with setting time of 24 hours or longer period, the microleakage between composite resin and Biodentine was reduced significantly while the shear bond strength increased to offset the polymerization shrinkage of the composite resin. Setting Biodentine for more than 24 hours before composite resin restoration would lead to more favorable clinical result.

Key words : Biodentine, Microleakage, Pulp capping material, Setting time, Shear bond strength

I. 서 론

외상성 손상에 의한 치수노출이나 깊은 우식 또는 Molar incisor hypomineralization와 같은 발육장애에 의한 치수노출의 경우 우선 해당 치수의 생활력여부에 대한 진단이 이루어져야 하며 괴사된 치수가 아닌 정상치수이거나 가역적 치수염 상태를 보인다면 직접치수복조술이나 부분치수절단술 등의 생활치수치료를 통해 치수를 보존하는 치료를 시행한다. 특히 미성숙영구치의 경우 치수의 생활력을 유지해서 미완성 치근의 지속적인 발육을 유도할 수 있는 보존적 접근이 중요하다[1,2].

생활치수치료의 성공조건은 정확한 치수상태의 진단 및 적절한 우식제거, 무균시술 등이 선행되어야 하나 무엇보다 적절한 치수복조제를 선택하는 것이 중요하다[1]. 이상적인 치수복조제의 조건은 생체친화적인 재료로서 우수한 밀폐능력과 습윤한 환경에서도 경화되고, 상아질교의 형성을 촉진하며, 적절한 압축강도와 경도, 그리고 수복물 변연의 미세누출을 방지하기 위한 최종수복제와의 안정적인 결합력이다[3,4].

이전에 행해진 치수복조술의 경우 전통적으로 Calcium hydroxide를 사용하였으나, 수용성의 특성으로 인하여 시간이 경과함에 따라 점차적으로 용해되고 미세누출이 유발되었다. 또

Corresponding author : Nanyoung Lee

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chosun University, 303 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju, 61452, Republic of Korea

Tel: +82-62-220-3860 / Fax: +82-62-225-8240 / E-mail: nandent@chosun.ac.kr

Received November 8, 2017 / Revised December 14, 2017 / Accepted December 5, 2017

※This study was supported by research fund from Chosun University Dental Hospital, 2017.

한 신생상아질의 tunnel defects가 관찰되고 염증세포발현의 빈도가 증가하고 치수 괴사 등으로 인한 실패율 증가가 보고되었다[5]. 이에 대한 대체재로서 근래에 가장 선호되는 치수복조제는 mineral tiroxide aggreagte(MTA)로서 용해성이 낮아 안정적이며 우수한 밀폐성 및 항균적 특성을 가지고 있다. 또한 생체친화성이 뛰어나 상아질교를 빠르게 형성한다고 알려져 있다. 이에 반해 조작성이 떨어지고, 수복치아에서 변색이 관찰되며, 무엇보다도 긴 경화시간으로 인하여 최종수복을 위해서는 임시수복 후 재 내원해야하는 단점을 가지고 있다[2,6].

이러한 한계를 극복하기 위한 여러 치수복조제들이 개발되었고, 그 중 최근 Biodentine(Septodont, St. Maurdes Fossés, France)이 MTA의 대안으로 제시되고 있다. 상아질 대체재로 개발된 Biodentine은 calcium silicated based restorative cement로 치수절단술, 치수복조술 뿐만 아니라 치근단 천공, 근관수술에서 근단 충전과 같은 다양한 영역의 치수치료에 활용되고 있다. 장점으로는 MTA와 같은 우수한 밀폐성, 압축강도, 생체적합성을 가지며 기존 MTA의 단점과 대비하여 조작성이 용이하고 적용 후 치아의 변색을 유발하지 않는다는 장점을 가지고 있다. 무엇보다 짧은 경화시간을 가지고 있어 기존에 쓰이던 MTA의 큰 단점 중 하나인 긴 경화시간을 보완해주는 재료로 주목받고 있다[6-9]. 제조사에서는 수복 12분 후 상부에 즉시 최종수복제를 위치시킬 수 있다고 설명하고 있다[10].

생활치수치료의 실패 요인 중 하나로는 수복물 변연의 미세누출에 의한 재감염에 의한 실패가 있을 수 있으며 여기에는 사용된 치수복조제 자체의 밀봉능력도 중요하지만 복조제와 상부에 위치한 수복제 사이의 전단결합강도도 중요한 인자라고 할 수 있다[4,11]. 복조제와 수복제 사이에 충분한 전단결합강도가 형성되어야 수복물의 중합수축 등에 의해 야기되는 미세누출을 방

지할 수 있기 때문이다[6].

치수복조제 적용 후 최종수복제를 언제 위치시키는 것이 좋은가에 대한 것은 복조제의 종류와 특성에 따라 달라지며 이에 따라 복조제와 최종수복물 사이의 전단결합강도나 미세누출 등의 특성이 좌우될 수 있다[6]. Biodentine의 경우 제조사에서 수복 12분 후 즉시 최종수복제를 위치시킬 수 있지만 경우에 따라 임시수복 후 1주 이상 경과 관찰한 다음 최종수복을 권장하기도 하고 있어 경화시간에 대한 일관된 지침이 없는 실정이며 이전의 연구들에서도 12분, 45분, 2주 또는 그 이상의 경화 후 최종수복을 제안하는 등 다양한 주장이 존재하고 있다[6,12-16]. 또한 이전에 시행된 연구들의 경우, Biodentine만을 가지고 경화시간을 달리하여 미세누출을 측정하거나 Biodentine의 경화시간을 동일하게 하되 상방의 수복물 종류를 달리한 실험들이 대부분이다.

이에 이 연구에서는 composite resin 수복 시 최적의 Biodentine 경화시간을 결정하기 위해 동일한 조건 하에서 경화시간에 따른 상부 수복제인 composite resin과의 전단결합강도 및 미세누출의 발생차이를 분석하여 비교 평가하고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

이 연구에서는 치수복조제인 Biodentine과 수복제로 composite resin(Filtek Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 사용하였으며, 수복제의 전처리과정의 경우 동일 제조사의 접착시스템을 적용하였다. 연구 재료에 관한 자세한 내용을 Table 1과 Table 2에 각각 기술하였다.

Table 1. Pulp capping materials used in this study

Material	Manufacturer	Composition	
Biodentine	Septodont, France	Liquid	Calcium chloride, water-reducing agent
		Powder	Tricalcium silicate, dicalcium silicate, calcium carbonate, calcium oxide, zirconium oxide

Table 2. Restorative materials used in this study

Material	Manufacturer	Composition
Scotchbond Etchant	3M ESPE, USA	35.0% H ₃ PO ₄
Adper Single Bond 2	3M ESPE, USA	Bis-GMA, HEMA, silica nanofiller, ethanol, water
Filtek Z250	3M ESPE, USA	Bis-GMA, UDMA, bis-EMA, zirconia/silica filler

2. 연구 방법

1) 전단결합강도

가. 시편제작

아크릴 블록 레진을 높이 15.0 mm, 직경 10.0 mm 크기로 210 개를 제작하고 중앙에 직경 5.0 mm, 깊이 2.0 mm의 와동을 형성하였다. 제조사의 지시에 따라 혼합한 Biodentine으로 와동을 채우고 블록들을 무작위로 30개씩 총 7개의 하위그룹으로 나눈 뒤 각각 경화시간을 12분, 45분, 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월로 달리하여 경화시켰다.

각각의 경화시간 경과 후 Biodentine 상방을 15초간 35.0% 인산을 이용하여 산부식을 시행하고 10초간 수세 후 건조를 시행하고, 5세대 접착시스템인 Adper Single Bond 2를 도포하고 20초간 광중합을 시행한 뒤 Filtek Z250을 튜브 내로 충전하여 Biodentine 표면 중심에 위치시키고 20초간 광중합을 시행하였다.

이 후 모든 군의 플라스틱 튜브를 제거한 뒤 37.0°C, 100.0% 습도에서 24시간동안 표본들을 보관하였다(Fig. 1).

나. 전단결합강도 측정

전단결합강도 검사는 universal testing machine (Shimadzu universal testing machine EZ-S, Japan)을 이용하여 시행하였다 (Fig. 2). 각각의 블록에 cross head speed 0.5 mm/min의 속도로 전단력을 가해 수복제 Filtek Z250가 복조제인 Biodentine에서 탈락될 때의 최대 하중을 단위면적에 따른 결합강도(MPa)로 환산하여 측정하였다.

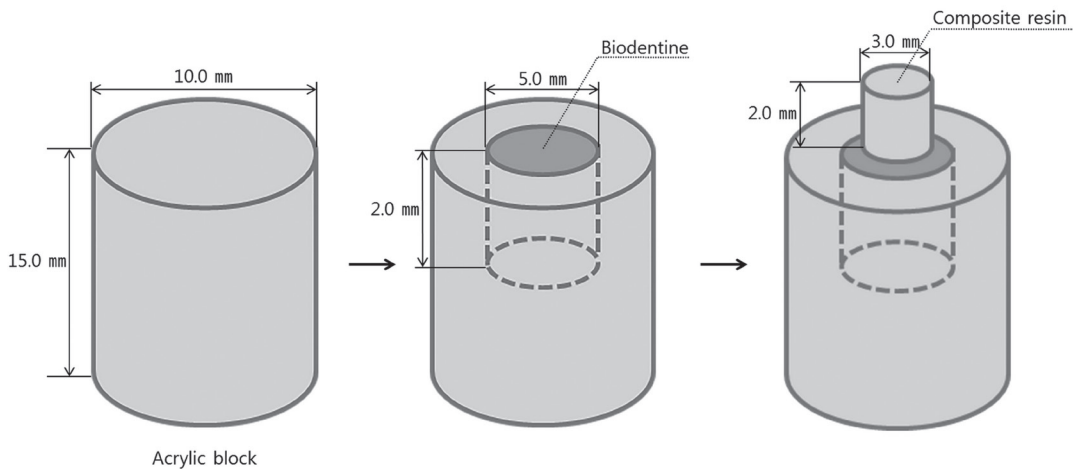


Fig. 1. Schematic illustration of the shear bond strength test sample preparation.

2) 미세누출

가. 시편제작

Bovine의 건전한 상악 전치 중 순면의 면적이 10.0 × 10.0 mm² 이상인 총 70개의 건전한 치아를 준비하여 scaler를 이용하여 조직 잔여물을 제거한 뒤 pumice와 증류수를 이용하여 치면세마를 시행한 후 수세하여 saline에 담귀 실온에서 보관하였다. 와동은 고속엔진용 #330 carbide bur를 사용하여 수주 하에 가로 5.0 mm, 세로 3.0 mm, 높이 3.0 mm로 와동 변연은 근원심 선각을 지나지 않도록 순면에 형성 하였다. 제조사의 지시에 따라 혼합한 Biodentine을 와동 내 1.0 mm 깊이로 충전 후 무작위로 10개씩 총 7개의 하위 군으로 나누어 각각 12분, 45분, 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월간 경화시켰다.

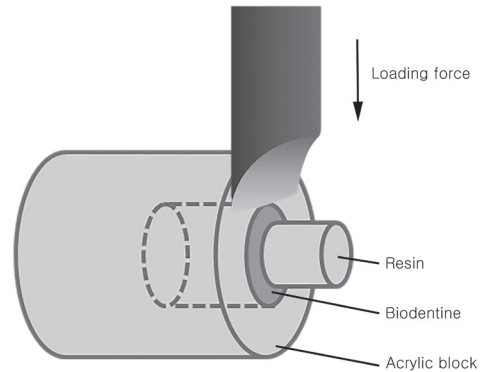


Fig. 2. Schematic illustration of the shear bond strength test set-up.

각각의 경화시간 경과 후 Biodentine 상방을 15초간 35.0% 인산을 이용하여 산부식을 시행하고 10초간 수세 및 건조를 시행한 후, 5세대 접착시스템인 Adper Single Bond 2를 도포한 뒤 20초간 광중합을 시행하고 Filtek Z250을 와동의 나머지 2.0 mm 높이로 충전하여 20초간 LED light cure unit (VALO LED, Ultradent, South Jordan, USA)을 이용하여 1200.0 mW/cm²로 광중합을 시행하였다(Table 3, Fig. 3)

나. 미세누출 측정

최종수복이 완료된 대조군과 모든 실험군의 시편은 24시간동안 탈이온수에 넣어 37.0°C의 항온기에 보관하였다. 열순환을 이용하여 각 시편들을 5.0°C와 55.0°C수조에서 30초 동안 각각 침지시키는 방법으로 총 500회 시행하였다.

염색약이 치근단공을 통해 침투되는 것을 방지하기위해 치근단공 부위를 composite resin으로 밀봉한 후, 수복물 표면과 주위 1.0 mm를 제외한 치아 전 표면에 nail varnish를 이용하여 도포를 시행하였다. 미세누출 평가를 위해 모든 각각의 대조군과 실험군을 24시간동안 0.5% fuchsin 용액에 침적한 뒤, 수세

하고 건조하였다. 표본 관찰시 용이하도록 치근을 제거하기 위해 절단하여 크기를 줄여서 치관부를 분리한 후 경조직 절삭기(Velnus, Japan)와 Abor Diamond Wafering Blades(Buehler Isomet, USA)를 이용하여 수복물이 포함되도록 하여 협설 방향으로 절단하여 각 치아당 2개씩의 시편을 얻었다. 이렇게 얻어진 시편을 400-2400grit의 실리콘 카바이드 페이퍼를 이용하여 연마하고 실체현미경을 통해 관찰하였다. 각 표본의 교합면, 치은변연 상 dye 침투를 0 - 3 까지 score 한 후 다음과 같은 기준으로 분류하여 측정하였다. 한 개의 치아에서 얻어진 2개의 시편 각각 관찰하고, 더 높은 score를 기록하였다(Table 4).

4) 통계학적 분석

실험된 조사 결과는 SPSS(version 18.0.0, SPSS, Chicago, IL)를 이용하여 분석 및 통계처리 하였다. 먼저 각 구간 미세누출 비교를 위해서는 Fisher's exact test를 사용하여 분석하였다. 그리고 각 구간 전단결합강도 비교를 위해서는 ANOVA를 사용하여 분석하였다. 이후 사후검정을 위하여 Bonferroni correction을 시행하였으며 유의수준은 0.01로 하였다.

Table 3. Experimental groups for microleakage experiment

Group	Setting time of Biodentine	Restorative material	N
1	12 min	Filtek Z250	10
2	45 min		10
3	24 hrs		10
4	48 hrs		10
5	1 wk		10
6	2 wks		10
7	1 month		10

Table 4. Criteria for extent of dye penetration

Score	Criteria
0	No dye penetration
1	Dye penetration into the enamel part of the cavity wall
2	Dye penetration into the dentin part of the cavity wall
3	Dye penetration including the pulpal floor of the cavity

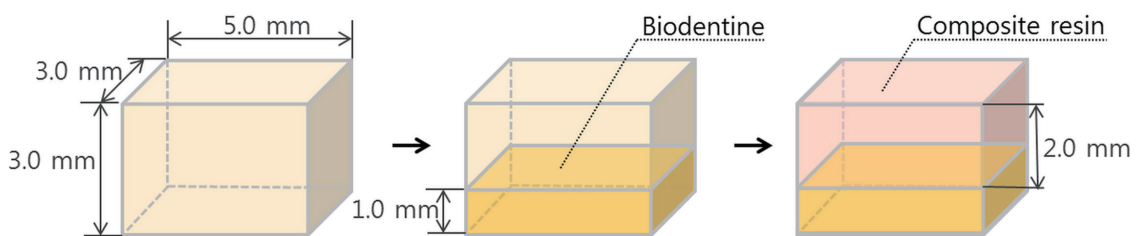


Fig 3. Schematic illustration of the preparation of the microleakage test samples.

Ⅲ. 연구 성적

1. 전단결합강도 측정

1) 평균 전단결합강도

이 연구에서 측정된 Biodentine의 경화시간에 따른 composite resin과의 평균 전단결합강도는 Table 5와 같다. 12분 경화 시 가장 낮은 전단결합강도를 가지고, 48시간 경화 시 가장 높은 전단결합강도를 가지는 것으로 나타났다. 경화시간이 48시간 경과할 때까지 전단결합강도가 증가하는 양상을 나타냈으며 그 이후의 경우 이전보다 낮거나 비슷했다(Table 5).

2) 경화시간에 따른 수복제와의 전단결합강도 비교

Biodentine의 경화시간을 기준으로 composite resin과의 전단결합강도를 측정하여 평균치의 비교 및 사후검정결과 7개의 실험군 중 12분, 45분 실험군 각각과 비교하여 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월의 경화시간을 가진 실험군들은 유의하게 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 4).

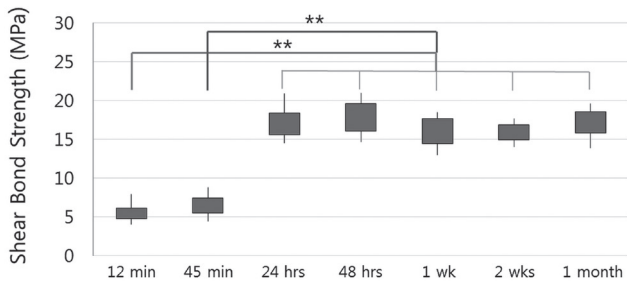


Fig. 4. Comparisons of shear bond strength of Biodentine at different setting time. Bonferroni Test (** : $p < 0.01$)

Table 5. Mean shear bond strength between composite resin and Biodentine

Setting time of Biodentine	N	Mean SBS (MPa)	Max SBS (MPa)	Min SBS (MPa)
12 min	30	5.45 ± 0.70	7.95	4.02
45 min	30	6.45 ± 0.98	8.78	4.42
24 hrs	30	17.00 ± 1.43	20.96	14.55
48 hrs	30	17.85 ± 1.76	20.98	14.68
1 wk	30	16.09 ± 1.63	18.48	13.01
2 wks	30	15.90 ± 1.00	17.68	14.10
1 month	30	17.23 ± 1.37	19.66	13.88

SBS = shear bond strength

2. 미세누출 측정

이 연구에서 측정된 Biodentine과 composite resin간 시간에 따른 미세누출은 실체현미경을 사용하여 관찰하였다(Fig. 5). 각각 실험군의 Score 분포는 Fig. 6과 같은 결과로 나타났다. 경화시간에 따른 미세누출 실험 결과 24시간 미만의 실험군과 24시간 이상의 실험군 간에 미세누출의 차이가 관찰되었다(Table 6).

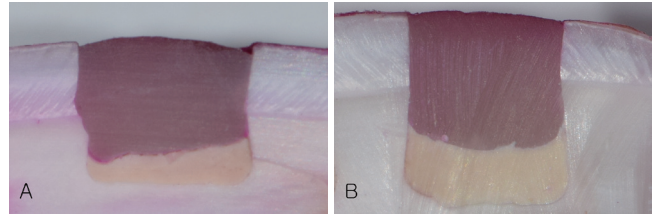


Fig. 5. Photographs of two groups under a stereomicroscope (×25): (A) 12 minutes setting group, (B) 24 hours setting group.

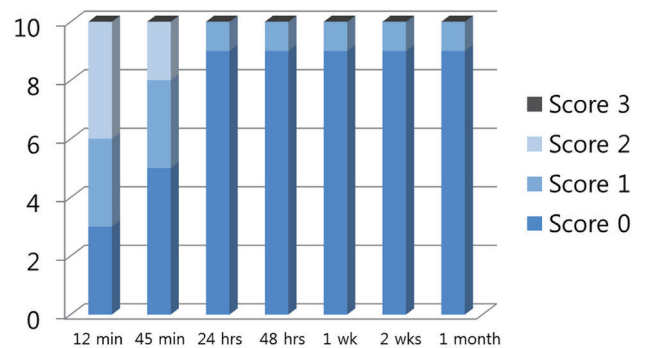


Fig. 6. Frequency of penetration score in composite resin to Biodentine with different setting time.

Table 6. Multiple comparisons of microleakage score by using Fisher's exact test

	12 min	45 min	24 hrs	48 hrs	1 wk	2 wks	1 month
12 min							
45 min							
24 hrs	*	*					
48 hrs	*	*					
1 wk	*	*					
2 wks	*	*					
1 month	*	*					

Fisher's exact Test (* : $p < 0.05$)

IV. 총괄 및 고찰

이 연구에서 상방 최종수복물을 composite resin을 사용 할 때 Biodentine 경화시간이 24시간 이상인 경우 유의하게 감소된 미세누출 및 유의하게 증가된 전단결합강도가 관찰되었다. 치수복조제로서 Biodentine의 보다 성공적인 임상적용을 위해 적절한 경화시간에 대한 연구가 필요하다.

치수복조제 중 근래 가장 많이 쓰이는 ProRoot White MTA (ProRoot wMTA, Dentsply Tulsa Dental, USA)의 경우 오랜 기간 적절한 경화시간 및 최종수복에 대한 많은 비교 연구가 있고[17], 근래에 Biodentine과 함께 주목받고 있는 Theracal LC의 경우 광중합형 이기에 경화시간에 따른 비교는 필요치 않았다. 하지만 Biodentine의 경우 2009년에 소개된 재료로 비교적 짧은 임상 적용기간으로 인해 연구에 따라 각기 다른 실험 조건하에 진행된 결과를 토대로 최종수복을 위한 Biodentine의 적절한 경화시간에 결과가 상이하고[7,12,18] Biodentine의 제조사에서조차도 최종수복물을 적용하는데 있어서 상이한 경화시간을 안내하고 있다[10]. 이에 이 연구에서는 동일한 조건 하에서 Biodentine의 경화시간을 달리한 후 최종수복을 시행하여 각각의 미세누출을 측정하고, Biodentine과 최종수복제 간의 전단결합강도를 측정하여 비교하였다.

실험에서 쓰인 최종수복제는 심미성과 물성이 우수하여 임상에서 가장 보편적으로 쓰이는 composite resin을 선택하였다[6]. 이 연구에서는 self etching을 적용할 때 보다 total etching 접착시스템 적용 할 경우 미세공극을 형성하여 더 나은 유지력이 나타나도록 하여 더 높은 전단결합강도가 나타난다는 연구결과를 바탕으로 total etching 접착시스템을 적용하였다[2,19].

Sandwich Technique는 1977년 McClena[20]에 의해 composite resin의 중합수축을 최소화하기 위해 고안된 방법이다[21]. 이전

까지 Sandwich Technique를 이용한 미세누출에 관한 연구들의 경우 대부분 각기 다른 종류의 치수복조제를 사용하거나 상방의 수복물을 각기 다른 종류의 수복제를 사용하여 미세누출을 비교 평가하였다[21-24]. 하지만 이 연구의 경우에는 이 방법의 변형된 형태로 치수복조제와 수복물을 이용하여 실험을 진행하되, 동일한 재료로 진행하고 치수복조제인 Biodentine의 경화시간만을 달리하여 비교 평가하는 방법으로 진행되었다. Biodentine은 상아질 대체재로서 개발되었다[8]. Tricalcium silicate와 calcium hydroxide가 경화반응 중 생성되어 치수안정화를 도모하고 상아질세관과 결합하여 미세누출을 방지한다고 알려져 있다[12,25,26].

이 연구 결과, 미세누출의 경우, 12분 경화한 실험군이 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월 경화한 실험군들보다 유의하게 높은 미세누출을 나타냈다. 즉 상방에 composite resin을 이용한 최종수복을 시행할 경우 최소한의 미세누출을 위해서는 Biodentine이 최소 24시간 이상의 경화시간을 필요로 한 것으로 나타났다. 또한 이 실험에서 진행한 전단결합강도 측정결과 Biodentine의 제조사에서 제시한 12분의 초기 경화시간이 경과한 후 composite resin으로 최종수복을 시행한 결과 5.45 MPa로 가장 낮은 전단결합강도를 나타내었다. 이는 composite resin의 수축력에 충분히 저항하여 적절한 변연을 형성하기 위한 결합강도의 범위인 17.0 - 20.0 MPa 에 미치지 못하는 전단결합강도이다[6]. 이는 낮은 초기 응집 강도로 인하여 전단결합강도가 낮게 나타난 것이다. 즉, 초기경화시간인 12분 동안 tricalcium silicate 분말과 액체가 수화반응으로 calcium silicate gel 구조를 형성하나 이러한 구조가 표면에 국한되어 형성되어 전단결합강도와 같은 물리기계적 강도가 약하게 나타내게 된다[6,19]. 내부까지 충분한 경화가 이루어지지 않은 시점에서 외부로부터 전단력이 가해짐으로 인해 낮은 결합강도가 나타난다.

이 실험에서 12분의 초기경화 시 측정된 전단결합강도는 이 실험과 동일한 조건에서 시행된 실험[27]에서 기준에 가장 널리 사용된 MTA인 ProRoot wMTA와 composite resin과의 전단결합강도와 유사하다. Cantekin[6] 등의 연구에서도 동일한 조건 하에서 Biodentine은 초기 경화시간과 유사한 15분 경화 후, ProRoot wMTA의 경우 72시간 경화 후 composite resin을 적용하고 전단결합강도를 측정된 결과 평균 7.4 MPa와 8.0 MPa로 두 실험군에서 유사한 값이 나타났[6]. 이는 이 연구의 결과 값과는 다소 차이가 나타나는데, 그 원인은 전단결합강도 측정 시 가하는 속도나 하중의 크기 등의 실험 방법적인 면의 차이에 기인한 것으로 사료된다. 또한 이 연구 실험의 경우 각각의 경화시간이 경과 시까지 특별한 처치를 하지 않은 것과 달리 Cantekin 등은 초기경화 시 표본을 보관하는데 있어서 100.0% 습도에서 15분간 보관했다는 점에서 습도의 영향을 고려해 볼 수 있다. 이 전까지 사용해진 MTA의 경우를 참고하면 ProRoot wMTA의 최적 경화시간인 96시간 경과 후 composite resin과의 전단결합강도는 5.44 MPa로 Biodentine 12분 경화 시 측정값과 유사한 결과를 나타낸다[19]. 초기 경화 시 Biodentine의 전단결합강도와 ProRoot wMTA의 최종경화 시 전단결합강도가 유사한 것으로 미루어 볼 때 composite resin의 중합수축에 영향을 받지 않는 Stainless steel crown과 같은 수복을 시행할 경우에는 초기 경화 후에 최종수복을 진행해도 예후가 양호할 것으로 사료된다. 또한 ProRoot wMTA에 비하여 짧은 임상연구기간이기는 하나 이전에 보고된 많은 임상보고에서 1급이나 2급 와동의 경우 Biodentine 12분 경화 후 최종수복제를 적용할 경우 높은 성공률을 나타내고 있다고 보고하고 있다[24,28].

이전의 다른 연구에서는 Biodentine은 다공성 재료로서 중합수축에 저항하기 위한 전단결합강도를 지니기 위해서는 최소 2주간의 시간이 필요하다는 연구 결과가 있다[12]. 이 연구의 결과만을 토대로 볼 때는 최소한의 미세누출과 최대한의 전단결합강도를 위해서는 최소 24시간의 경화시간 경과한 경우, composite resin의 중합수축력을 상쇄할 수 있는 17.0 MPa 이상의 전단결합강도를 얻을 수 있었다[6]. 적절한 결합강도를 얻기 위한 경화시간이 경과하기 까지 초기 경화시간인 12분 경과 후 임시수복을 통한 경과관찰이 필요하다. 하지만 최종수복을 시행하기 전까지는 시행되는 임시수복의 경우, 상방에 충전되는 임시수복물이 중요하다. 이상적인 임시수복물의 조건은 수축이 없어야하고, 낮은 용해성, 높은 표면경도, 항박테리아 효과, 우수한 밀폐력, 짧은 경화시간, 시각적으로 임시 수복물임을 인지할 색을 가지고 있어야 한다[29]. 하지만 이러한 모든 조건을 갖춘 임시 수복물은 아직까지 없다. 이전에 보고된 증례들의 경우 대부분 초기경화시간 12분 경과 후 최종수복을 시행하였다. 하지만

장기적인 경과관찰을 시행치 못한 관계로 장기적 예후에 대한 연구 보고는 부족한 실정이다. 이 실험 결과만으로 초기 경화 후 최종경화 시까지 임시수복을 통한 물리적 성질 증가를 기다리는 것이 더 좋은 예후를 가져올지, 아니면 이전에 보고된 여러 증례들과 같이 임시수복에 의한 변수를 제거한 초기경화 후 최종수복을 시행하는 것이 더 나은 예후를 가질지는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

기준에 써왔던 MTA의 대체재로서 Biodentine은 아직 짧은 임상적용기간으로 인하여 연구가 부족한 실정이다. 치수 생활력 유지를 위해 Biodentine이 적용되는 술식의 예후에 여러 가지 요인의 영향을 받을 수 있다. 이 연구에서 여러 요인 중 미세누출과 전단결합강도에 대하여 Biodentine의 경화시간에 따른 변화를 측정함으로써 적절한 최종수복시기를 결정코자 하였다. 제조사에서 12분의 초기경화시간 경과 후 최종수복이 가능하다고 하였으나 기계적 물성이 최종수복에 적절한 시기가 되기까지는 최소 24시간 이상의 시간이 소요되는 것으로 나타났다. Biodentine의 경화시간에 따른 물리적 성질의 변화와 임시수복 후 최종수복 전까지 발생가능한 문제점들을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것을 시사하는 바이다.

V. 결 론

경화시간을 달리한 Biodentine과 임상에서 통상적으로 사용되는 대표적인 수복제인 composite resin의 전단결합강도 및 미세누출을 비교 평가한 결과, 미세누출은 12분 경화된 실험군과 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월 경화된 실험군들 간에 유의한 차이가 나타났으며, 45분 경화된 실험군과 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월 경화된 실험군들 간에 유의한 차이가 나타났다. 전단결합강도의 경우 12분 초기경화 시 가장 낮은 전단결합강도가 나타났으나 이는 기준 MTA와 composite resin간의 전단결합강도와 유사한 정도의 전단결합강도로 나타났으며, 24시간 이상 경화 시 composite resin의 수축력을 상응할 수 있는 전단결합강도가 나타났고, 48시간에서 가장 높은 전단결합강도가 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, Biodentine 12분 초기경화 후 최종수복을 시행할 경우, 기존 MTA와의 유사한 정도의 전단결합강도를 나타내기는 하나, 이 실험에서 나타난 미세누출과 composite resin의 중합수축을 고려할 경우 최소 24시간 이상의 경화시간이 경과한 후 composite resin을 수복할 때 최소한의 미세누출과 최적의 전단결합강도가 나타날 것이다.

References

1. Akhlaghi N, Khademi A : Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medicaments based on review of the literature. *Dent Res J*, 12:406-417, 2015.
2. Cantekin K : Bond strength of different restorative materials to light-curable mineral trioxide aggregate. *J Clin Pediatr Dent*, 39:143-148, 2015.
3. Gulati S, Shenoy VU, Margasahayam SV : Comparison of shear bond strength of resin-modified glass ionomer to conditioned and unconditioned mineral trioxide aggregate surface: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 17:440-443, 2014.
4. Ajami AA, Jafari Navimipour E, Daneshpooy M, et al. : Comparison of shear bond strength of resin-modified glass ionomer and composite resin to three pulp capping agents. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 7:164-168, 2013.
5. Nowicka A, Lipski M, Radlińska J, et al. : Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod*, 39:743-747, 2013.
6. Cantekin K, Avci S : Evaluation of shear bond strength of two resin-based composites and glass ionomer cement to pure tricalcium silicate-based cement (Biodentine®). *J Appl Oral Sci*, 22:302-306, 2014.
7. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RG, Verbeeck RM : Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent*, 15: 147-158, 2014.
8. Arora V, Nikhil V, Sharma N, Arora P : Bioactive dentin replacement. *IOSR-JDMS*, 12:52-57, 2013.
9. Kusum B, Rakesh K, Richa K : Clinical and radiographical evaluation of mineral trioxide aggregate, biodentine and propolis as pulpotomy medicaments in primary teeth. *Restor Dent Endod*, 40:276-285, 2015.
10. Septodont : Biodentine® - Bioactive Dentin Substitute. Available from URL: <http://www.septodontusa.com/products/biodentine> (Accessed on September 20, 2017).
11. Raskin A, Eschrich G, Dejoux J, About I : In vitro microleakage of Biodentine as a dentin substitute compared to Fuji II LC in cervical lining restorations. *J Adhes Dent*, 14:535-542, 2012.
12. Hashem DF, Foxton R, Banerjee A, et al. : The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. *Dent Mater*, 30:343-349, 2014.
13. Grech L, Mallia B, Camilleri J : Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater*, 29:e20-28, 2013.
14. Villat C, Tran XV, Colon P, et al. : Impedance methodology: A new way to characterize the setting reaction of dental cements. *Dent Mater*, 26:1127-1132, 2010.
15. Malkondu Ö, Karapinar Kazandağ M, Kazazoğlu E : A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int*, 2014:160951, 2014.
16. Odabaş ME, Bani M, Tiralı RE : Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *Scientific World Journal*, 2013:626103, 2013.
17. Yesilyurt C, Yildirim T, Taşdemir T, Kusgoz A : Shear bond strength of conventional glass ionomer cements bound to mineral trioxide aggregate. *J Endod*, 35:1381-1383, 2009.
18. Bachoo IK, Seymour D, Brunton P : A biocompatible and bioactive replacement for dentine: is this a reality? The properties and uses of a novel calcium-based cement. *Br Dent J*, 214:E5, 2013.
19. Bayrak S, Tunç ES, Saroğlu I, Eğılmez T : Shear bond strengths of different adhesive systems to white mineral trioxide aggregate. *Dent Mater J*, 28:62-67, 2009.
20. McLean JW, Powis DR, Prosser HJ, Wilson AD : The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. *Br Dent J*, 158:410-414, 1985.
21. Grech L, Mallia B, Camilleri J : Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *Int Endod J*, 46:632-641, 2013.
22. Jeong HK, Lee NY, Lee SH : Comparison of Shear Bond Strength of Different Restorative Materials to Tricalcium Silicate-Based Pulp Capping Materials. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 44:200-209, 2017.
23. Borkar SA, Ataide I : Biodentine pulpotomy several days after pulp exposure: Four case reports. *J Conserv Dent*, 18: 73-78, 2015.
24. Villat C, Grosgeat B, Seux D, Farge P : Conservative approach of a symptomatic carious immature permanent tooth using a tricalcium silicate cement (Biodentine): a case report. *Restor Dent Endod*, 38:258-262, 2013.
25. Niranjana B, Shashikiran ND, Maran S, et al. : A comparative microleakage evaluation of three different base materials in Class I cavity in deciduous molars in sandwich technique using dye penetration and dentine surface interface by scanning electron microscope. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 34:324-330, 2016.

26. Raskin A, Eschrich G, Dejou J, About I : In vitro microleakage of Biodentine as a dentin substitute compared to Fuji II LC in cervical lining restorations. *J Adhes Dent*, 14:535-542, 2012.
27. Solomon RV, Karunakar P, Grandhala DS, Byragoni C : Sealing ability of a new calcium silicate based material as a dentin substitute in class II sandwich restorations: An in vitro study. *J Oral Res Rev*, 6:1-8, 2014.
28. Jensen AL, Abbott PV, Castro Salgado J : Interim and temporary restoration of teeth during endodontic treatment. *Aust Dent J*, 52:S83-99, 2007.
29. Khetarpal A, Chaudhary S, Verma M, *et al.* : Revascularization of immature permanent tooth with periapical lesion using a new biomaterial - A case report. *Int J Dent Sci Res*, 1:20-22, 2013.

국문초록

Biodentine™의 경화시간에 따른 미세누출과 전단결합강도

송용호 전공의 · 이난영 교수 · 이상호 교수 · 지명관 교수

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

이 연구의 목적은 mineral tiroxide aggregate의 긴 경화시간과 치아변색 등의 단점으로 인해 이를 대체하고자 최근 주목받고 있는 재료인 tricalcium silicate를 기반으로 한 치수복조제 중 Biodentine의 미세누출과 최종수복제로 가장 많이 쓰이는 composite resin간의 전단결합강도에 대하여 경화시간에 따른 차이를 비교 평가하는 것이다. 미세누출 평가를 위해 소 치아 70개를 이용하여 순면에 와동을 형성한 후 Biodentine을 충전하고 무작위로 10개씩 하위 군으로 나누어 12분, 45분, 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월로 경화시간을 달리한 후 상방에 composite resin을 적용하여 시편을 제작하였다. 미세누출 평가를 위해 표본을 24시간 동안 0.5% fuchsin 용액에 침적한 뒤, 수세하고 건조하여 각 표본을 수주 하 디스크를 이용해 절반으로 나누어 20배의 비율로 실체현미경(Olympus SZ61, Olympus, Tokyo, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 전단결합강도 평가를 위해 중심구를 가진 아크릴 레진 블록을 210개를 제작하고 중심구에 Biodentine을 채운 후 각각 30개씩 7개 군으로 나누어 12분, 45분, 24시간, 48시간, 1주일, 2주일, 1개월 경화시간 경과 후 상방에 composite resin을 적용하여 시편을 제작하였다. Universal testing machine을 이용하여 경화시간에 따른 전단결합강도를 측정하였다.

연구결과, 미세누출에 있어서 24시간 이상 Biodentine 경화 후 상방에 composite resin 수복을 시행한 경우 미세누출을 최소화 하는 것으로 나타났다. 또한 전단결합강도에 있어서도 Biodentine의 경화시간이 24시간 이상일 경우 composite resin의 중합수축을 상쇄할 수 있는 전단결합강도가 측정되었다. composite resin 수복 전 Biodentine을 24시간 이상 경화시키는 것이 임상적으로 더 나은 결과를 나타낼 것이다.