creative commons

COMMONS DEED

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

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000266538

2018년 2월
박사학위논문

Tricalcium silicate 기반 치수복조재의 미세누출 및 상아질 전단결합강도 비교

조선대학교 대학원

치 의 학 과

조 완 선

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Tricalcium silicate 기반 치수복조재의 미세누출 및 상아질 전단결합강도 비교

Comparison of microleakage and shearbond strength to dentine of different tricalcium silicate based pulp capping materials

2018년 2월 23일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

조 완 선

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Tricalcium silicate 기반 치수복조재의 미세누출 및 상아질 전단결합강도 비교

지도교수 이 난 영

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함

2017년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

조 완 선

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

조완선의 박사학위 논문을 인준함

위원장 부산대학교 교 수 정 태 성 (인)

위 원 조선대학교 교 수 이 상 호 (인)

위 원 조선대학교 교 수 이 난 영 (인)

위 원 조선대학교 교 수 안 종 모 (인)

위 원 조선대학교 교 수 김 도 경 (인)

2018년 12월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. 연구 재료 및 방법 ····· 3

Ⅲ. 연구 결과 ····· 10

Ⅳ. 총괄 및 고찰 ····· 15

Ⅴ. 결 론 ····· 19

참고문헌 ····· 20

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

Table 1. Pulp capping materials used in this study ····· 3
Table 2. Restorative materials used in this study ····· 4
Table 3. Experimental groups for microleakage test ····· 6
Table 4. Criteria for extent of dye penetration ····· 8
Table 5. Comparison of microleakage score (p-value) ····· 12
Table 6. Mean shear bond strength to dentin ····· 13
Table 7. Comparison of shear bond strength ····· 14

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

도 목 차

Fig. 1. Schematic representation of the prepared samples ····· 6
Fig. 2. Schematic diagram of the specimen and shear bond strength test set-up ····· 9
Fig. 3. Frequency of microleakage score of restorative materials with direct pulp capping materials ····· 10
Fig. 4. Comparisons of shear bond strength ····· 14

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Abstract

Comparison of microleakage and shearbond strength to dentine of different tricalcium silicate based pulp capping materials.

Jo Wan-Sun, D.D.S
Advisor : Prof. Lee Nan-Young, D.D.S., Ph.D.
Department of Dentistry
Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to evaluate the microleakage of composite resins(Filtek ™ Z250), resin-reinforced glass ionomer cements (Fuji II LC®), and traditional glass ionomer cements (Ketac ™ Molar) which are used as final restorative materials, along with three tricalcium silicate based pulp capping agents, such as Theracal LC™ (TLC), Biodentine™ (BD), and ProRoot™ White MTA (WMTA), in clinical trials and to compare the shear bond strength between these three types of pulp capping agents and dentin.

The incisor of cow was formed as a class V cavity and classified into 9 groups according to the type of the direct pulp capping agents and final restoration at random. After blocking the apical area, nail varnish was

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

applied to the entire surface of the tooth except 1 mm around the marginal perimeter. And after immersion in 0.5% fuchsin solution, washing and drying were performed. Each specimen was cut into disks under applying water and the cut surface was observed with a stereoscopic microscope.

The results showed that the each group of TLC + Ketac™ Molar, TLC + Fuji II® LC, TLC + Filtek™ Z250 and BD + Ketac™ Molar showed the least microleakage and the each group of WMTA + Fuji II LC® and WMTA + Filtek™ Z250 showed the most microleakage.

After implantation of the incisor of cow by exposing clinical crown to autopolymerized acrylic resin, the center of the crown was cut parallel to the occlusal surface under applying water. And then, the prepared specimens were randomly divided into three groups. TLC, BD and WMTA blocks were applied according to the manufacturer's instructions and the bonding strength was measured using a universal testing machine. The WMTA group showed statistically significantly lower shear bond strengths than the TLC and BD groups.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서론

치아우식증 예방에 대한 여러가지 노력의 증가에도 불구하고 많은 치과의사들은 우식이 깊은 어린이 환자를 자주 접하게 된다. 특히 깊은 우식이 발생한 치아가 미성숙 영구치일 때 치과의사들이 보존적인 치료를 시도하는 것은 매우 중요하다. 미성숙 영구치에서 치수가 노출되었을 때 적절한 적응증에서 직접치수복조술을 시행하는 것은 치수절단술 혹은 치수절제술을 사용하는 것보다 치근의 성장에 있어서 바람직하다고 할 수 있다[1-4].

성공적인 직접치수복조술을 위해서는 여러가지 조건들이 필요하다. 철저한 무균적 치료과정에 더하여 적절한 치수복조재의 선택은 성공적인 직접치수복조술을 위한 아주 중요한 요소이다. 치수복조재의 선택에 대한 논란에도 불구하고 mineral trioxide aggregate (MTA)는 좋은 생체친화성 및 친수성 그리고 무엇보다도 치수치료에 중요한 우수한 밀봉 능력으로 최근 20년동안 가장 주목받은 치수치료 제제였다[5,6]. 여러 문헌들에서 MTA재료가 미성숙 영구치에서 좋은 결과를 보여주고 있음을 보고하고 있다[5,7]

하지만 전통적인 MTA는 치아 변색을 일으킬 수 있으며[8], 경화시간이 길어 MTA적용 후 반드시 재내원이 필요하다는 단점이 있다. 최근 이러한 한계를 극복하기 위해서 다양한 치수복조재들이 개발되었으며 이러한 여러 가지 치수복조재들 중 tricalcium silicate를 주성분으로 하는 Theracal LC™ (BiscoInc,USA)와 Biodentine™ (Septodont,France)이 대표적인 재료로써 현재 MTA와 함께 많이 사용되고 있다.

치수복조술 후 상부 수복물의 미세누출은 치료의 성공적인 예후를 결정하는데 매우 중대한 영향을 미친다. 상부의 최종수복물의 미세누출은 수복 재료 자체의 특성뿐 아니라 그 하부 치수복조재의 특성에 영향을 받을 수 있다. 따라서 치수복조재

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 선택에 있어서 수복물의 미세누출을 고려하는 것이 중요하다. 이는 미세누출로 인해 수복물의 체적 변화 혹은 부착의 결함이 발생하여 세균이 침투되어 치료의 실패를 일으킬 수 있기 때문이다[5,9].

치수복조재 선택에 있어서 또 다른 고려해야할 점은 직접 상아질 부위와 결합하는 치수복조재의 상아질과의 결합강도이다. 적절한 결합강도를 갖지 못하여 발생한 파절은 치수치료의 실패로 이어질 것이다. 따라서 치수복조재가 상아질과 안정적인 결합을 이루는 것은 성공적인 치수치료의 필수요소라고 할 수 있다.

치수복조재들 및 최종 수복물의 상아질에 대한 미세누출 정도를 평가한 연구들이 행해져 왔다[10]. 하지만 tricalcium silicate 기반의 치수복조재들 상방에 최종적인 수복물들을 적용했을 때의 미세누출을 종합적으로 비교하며 치아와 치수복조재들 간의 결합강도를 측정한 연구는 미비하다. 또한 치수복조재와 상아질과의 결합강도에 대한 연구 또한 국내에서 찾아보기 어렵다.

이에 근거하여 본 연구는 현재 널리 사용되는 치수복조재(Theracal LC™, Biodentine™, ProRoot™ White MTA)과 최종수복물 사이의 미세누출을 염색체 침투법을 사용하여 평가하고 Universal Testing Machine을 이용하여 소 치아의 상아질과 치수복조재의 전단결합강도를 측정 및 평가 하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 시편

치아우식이 없고, 변색이 없는 소의 상악 절치들을 대상으로 시편을 제작하였다. 치아들을 발거한 후 스케일러를 이용하여 조직 잔여물을 제거하였고 수세한 후 생리식염수에 보관하였다. 실험 직전 모든 치아들을 주수하에 pumice로 세마하였다.

2) 직접치수복조재

3가지 종류의(Theracal LC™, Biodentine™, ProRoot™ white MTA) 직접치수복조재가 사용되었다(Table 1).

Table 1. Pulp capping materials used in this study

Material	Manufacturer	Composition	
ProRoot™ white MTA	Dentsply Tulsa Dental, USA	Tricalcium silicate, bismuth oxide, dicalcium silicate, tricalcium aluminate, calcium sulfate dehydrate or gypsum	
Theracal LC™	Bisco Inc, USA	Tricalcium silicate, dicalcium silicate, calcium oxide, BI2O3, fumed silica, resin	
Biodentine™	Septodont, France	Liquid	Calcium chloride, water-reducing agent
		Powder	Tricalcium silicate, dicalcium silicate, calcium carbonate, calcium oxide, zirconium oxide

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3) 수복재료

최종 수복재료로는 복합레진(Filtek™ Z250), 자가중합형 글라스아이오노머 시멘트(Ketac™ Molar), 그리고 레진강화형 글라스아이오노머 시멘트(Fuji Ⅱ LC®)를 사용하였다(Table 2). 복합레진 수복의 산 부식재로 Scotchbond™ (3M ESPE™, USA)를 상아질 전처리와 접착제로 Adper™ Single Bond2 (3M ESPE™, USA)를 사용하였다. 글라스아이오노머 시멘트의 상아질 조절제로 10% polyacrylic acid (Dentin conditioner, GC Corp, Japan)를 사용하였다.

Table 2. Restorative materials used in this study

Material	Manufacturer	Composition	
Filtek™ Z250	3M ESPE™, USA	Bis-GMA, UDMA, bis-EMA, zirconia/silica filler	
Fuji Ⅱ LC™	GC Corp, Japan	Liquid	Polyacrylic acid, HEMA, dimethacrylate, camphoroquinone, water
		Powder	Fluoro-alumino-silicate glass
Ketac™ Molar	3M ESPE™, USA	Liquid	Water, copolymer of acrylic acid-maleic acid, tartaric acid
		Powder	Oxide glass chemicals (non-fibrous), copolymer of acrylic acid-maleic acid, dichlorodimethylsilane reaction product with silica

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 연구 방법

1) 치수복조재와 수복재료의 미세누출

(1) 시편 제작

준비된 소의 상악 절치들의 순면에 5 mm x 3 mm x 3 mm의 와동을 형성하였다. 와동 형성은 주수 하 고속엔진용 #330 carbide bur를 사용하였으며 와동 변연이 근원심 선각을 지나지 않게 하였다. 와동이 형성된 36개 치아, 108개의 와동들은 무작위로 적용된 직접치수복조재의 종류에 따라 3개 군으로 분류되었다.

재료들은 각각 12개의 치아, 36개의 와동에 1 mm깊이로 충전되었다. 모든 재료들은 제조사들의 지시에 따라 각 재료들이 안정적인 강도에 도달하기 위하여 필요한 경화시간을 고려하여 경화시켰다. Theracal LC™ (TLC)은 LED 광중합기(VALO LED, Ultradent, South Jordan, USA)를 이용하여 1200mW/cm^{2}로 20초간 광중합하였다. Biodentine™ (BD)은 제조사의 지시에 따라 혼합하여 37℃에서 48시간 동안 경화시켰다. ProRoot™ white MTA (WMTA)는 충전 후 wet gauze로 감싼 뒤 37℃, 100% 습도에서 72시간 동안 경화시켰다. 경화가 끝난 시편들은 모두 항온기에 보관되었다.

그리고 직접치수복조재의 종류에 따라 3개 군으로 분류된 시편들은 다시 최종 수복재료에 따라 무작위로 3개씩 하위군(subgroup)으로 나뉘어, 나머지 2mm 깊이 와동 내부가 선택된 수복재료로 충전되었다(Table 3, Fig. 1).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 3. Experimental groups for microleakage test

Group	Materials		N
	Pulp capping material	Restorative material	
1	Theracal LC™	Ketac™ Molar	12
2		Fuji II LC™	12
3		Filtek™ Z250	12
4	Biodentine™	Ketac™ Molar	12
5		Fuji II LC™	12
6		Filtek™ Z250	12
7	ProRoot™ WMTA	Ketac™ Molar	12
8		Fuji II LC™	12
9		Filtek™ Z250	12

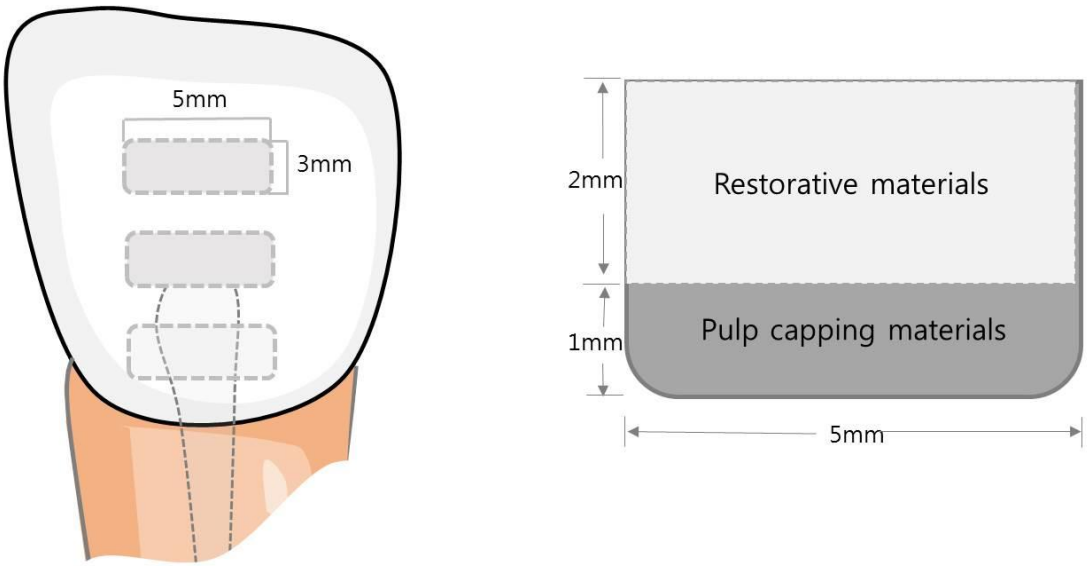

Fig. 1. Schematic representation of the prepared samples.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ketac™ Molar 군은 치수복조재료 상방을 20초간 상아질 전처리제(dentin conditioner)를 적용하고 수세 후, 수복물을 충전하고 5분간 경화하였다. Fuji II LC™군은 치수복조재료 상방을 역시 상아질 전처리제로 20초간 처치하고 수세 후, 수복재료를 충전하고 LED 광중합기(VALO LED, Ultradent, South Jordan, USA)를 이용하여 1200mW/cm2로 20초간 광중합하였다. Filtek™ Z250군은 치수복조재료 상방을 15초간 35% 인산으로 산부식을 시행한 후 5세대 접착시스템인 Adper™ Single Bond 2를 도포하고 LED 광중합기(VALO LED, Ultradent, South Jordan, USA)를 이용하여 1200mW/cm^2로 20초간 광중합을 시행 후 수복재료를 충전하고 같은 방법으로 20초간 광중합하였다. 모든 수복재료들은 중합 및 경화과정 후 37℃, 100% 습도에서 24시간 동안 보관되었다. 이후 구강 내부와 비슷한 환경을 재현하기 위하여 5-55℃하 500회 열순환처리하였다.

(2) 미세누출 평가 (염색체 침투법)

치근단공 부위를 복합레진으로 봉쇄한 후, 수복물 표면과 변연 주위 1mm를 제외하고 치아 전 표면에 nail varnish를 2회 도포하였다. 미세누출 평가를 위해 표본을 24시간동안 0.5% fuchsin용액에 침적한 후, 수세하고 건조하였다.

표본의 크기를 줄이기 위해 치근의 1/3을 제거하였다. 규격화된 직사각형 주형에 치아를 고정시키고 에폭시 레진(epoxy resin)에 매몰하였다. 각 표본을 주수하 disk (Resista Omegna 68, Italy)를 이용해 반쪽으로 쪼개어 절단면을 30배 배율의 입체현미경(Olympus SZ61®, Japan)으로 관찰하였다.

입체현미경으로 관찰시 다음과 같은 기준으로 점수를 측정하였다(Table 4). 표본 각각의 반쪽을 2번씩 관찰하여 변연마다 더 높은 점수를 기록하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

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

2) 치수복조재의 상아질과의 전단결합강도

(1) 시편 제작

소의 절치를 자가중합 아크릴릭 레진(Jet Tooth ShadeTM Powder, Lang Dental Mfg Inc, Wheeling, U.S.A.)에 임상 치관을 노출시켜 매몰한 후 주수하에 low-speed diamond saw (Accutom-50, Struers, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 교합면에 평행하게 치관 중앙부을 절단하였다. 치아의 상아질면 또한 주수하에 600-grit sand paper로 표면을 30초간 연마하였다. 제작된 시편은 무작위로 3개의 군(n = 10)으로 분류되었고 내경 2 mm, 높이 2 mm의 teflon mold를 이용하여 TLC, BD, WMTA블록을 축조하여 치수와 dentinoenamel junction (DEJ) 간 거리 1/2 지점에 치수복조재 블록을 제조사의 지시에 따라 적용하였다. TLC는 LED 광중합기(VALO LED, Ultradent, South Jordan, USA)를 이용하여 1200mW/cm^{2}로 20초간 광중합하였다. BD는 37℃에서 48시간 동안 경화시켰다. WMTA는 충전 후 wet gauze로 감싼 뒤 37℃, 100% 습도에서 72시간 동안 경화시켰다(Fig. 2).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

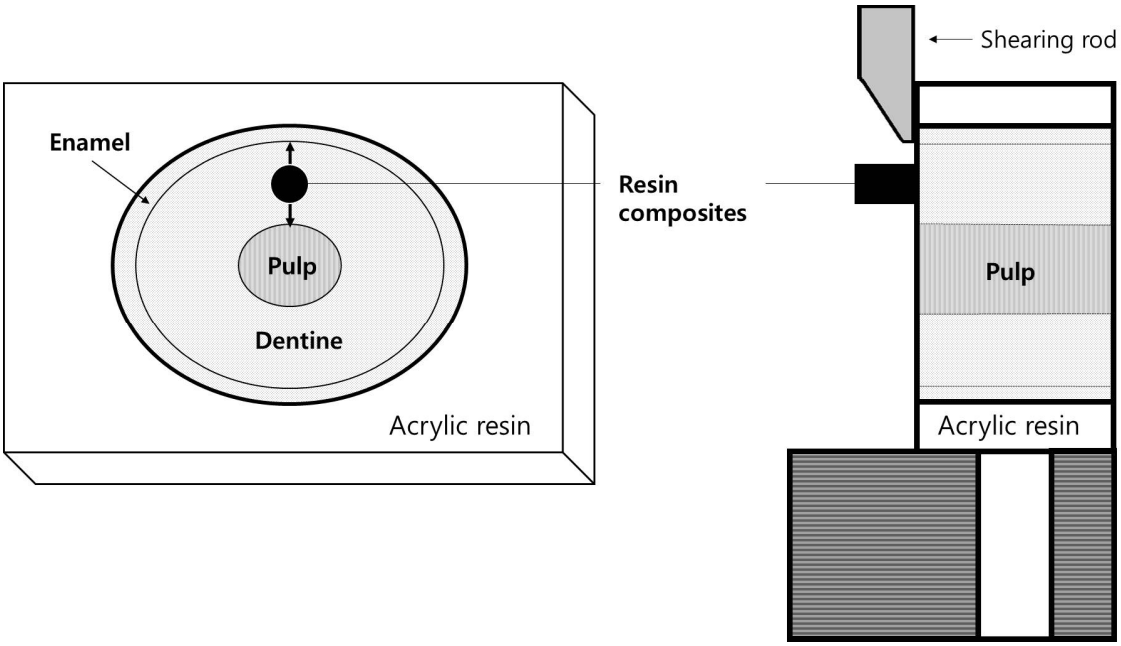

Fig. 2. Schematic diagram of the specimen and shear bond strength test set-up.

(2) 전단결합강도 측정

24시간동안 증류수에 보관한 시편을 건조시킨 후 Universal Testing Machine (R&B Inc., Daejeon, Korea)을 이용하여 cross head speed 1 mm/min의 속도로 전단력을 가했다(Fig 2). 상아질 표면에서 치수복조재들이 탈락될 때의 최대 힘을 컴퓨터에 연결된 Helio X 프로그램을 이용하여 kgf 단위로 측정하였으며, 치아-복합레진 간 접촉 면적으로 나누어 MPa단위로 환산하였다.

3. 통계학적 분석

SPSS(version 18.0.0, SPSS, Chicago IL)를 사용하여 통계학적 분석을 시행하였다. 총 9개의 그룹별 미세누출의 통계학적 유의성을 확인하기 위하여 Fisher's exact test를 시행하였다. 상아질과 치수복조재들간의 전단결합강도의 통계학적 유

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의성을 확인하기 위해 Kruskal-Wallis test를 시행하였고 사후검정 방법으로 Mann-Whitney test를 시행하였다.

III. 연구 결과

1. 치수복조재의 종류에 따른 수복재들의 미세누출평가

본 연구에서 측정한 치수복조재의 종류에 따른 수복재들의 미세누출은 Fig. 3.과 같다. TLC + Ketac™ Molar, TLC + Fuji II LC™, TLC + Filtek™ Z250, BD + Ketac™ Molar그룹에서 가장 적은 미세누출을 보여주었다. WMTA + Fuji II LC™, WMTA + Filtek™ Z250그룹은 Score 2가 8개 로 가장 많은 미세누출을 보여주었다(Fig. 3.).

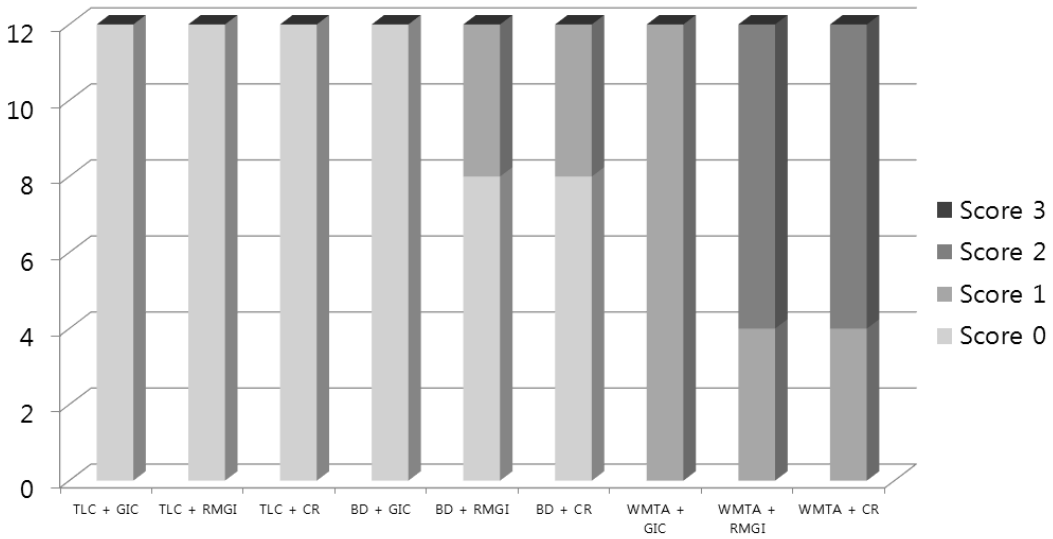

Fig. 3. Frequency of microleakage score of restorative materials with direct pulp capping materials.

TLC: Theracal LC™, BD: Biodentine™, WMTA: ProRoot™ white MTA, GIC:

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ketac™ Molar, RMGI: Fuji II LC™, CR: Filtek™ Z250.

9개의 그룹간의 미세누출의 차이는 Table 5와 같다. 가장 작은 미세누출을 보여준 3개의 TLC그룹들과 BD + Ketac™ Molar그룹은 3개의 WMTA그룹과 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. BD + Fuji II LC™, BD + Filtek™ Z250그룹들도 WMTA그룹과 비교하여 통계적으로 유의하게 작은 Score의 미세누출 값을 보여주었다. 모든 표본이 Score 1을 기록한 WMTA + Ketac™ Molar그룹은 가장 높은 미세누출을 보여준 나머지 두 개의 WMTA그룹과 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다(Table 5). 치수강저까지 염색약이 침투한 Score 3은 모든 그룹에서 관찰되지 않았으며 가장 적은 미세누출을 보여준 TLC + Ketac™ Molar, TLC + Fuji II LC™, TLC + Filtek™ Z250, BD + Ketac™ Molar그룹들은 모든 표본에서 Score 0을 기록하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Comparison of microleakage score (p-value)

	TLC + GIC	TLC + RMGI	TLC + CR	BD + GIC	BD + RMGI	BD + CR	WMTA + GIC	WMTA + RMGI	WMTA + CR
TLC + GIC	-	1.000	1.000	1.000	0.093	0.093	0.000*	0.000*	0.000*
TLC + RMGI	-	-	1.000	1.000	0.093	0.093	0.000*	0.000*	0.000*
TLC + CR	-	-	-	1.000	0.093	0.093	0.000*	0.000*	0.000*
BD + GIC	-	-	-	-	0.093	0.093	0.000*	0.000*	0.000*
BD + RMGI	-	-	-	-	-	1.000	0.001*	0.000*	0.000*
BD + CR	-	-	-	-	-	-	0.001*	0.000*	0.000*
WMTA + GIC	-	-	-	-	-	-	-	0.001*	0.001*
WMTA + RMGI	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001*
WMTA + CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* : statistically significant difference ($p<0.05$, by Fisher's exact test)

TLC: Theracal LC™, BD: Biodentine™, WMTA: ProRoot™ white MTA, GIC:

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ketac™ Molar, RMGIC: Fuji II LC™, CR: Filtek™ Z250.

2. 치수복조재들의 상아질과의 전단결합강도

1) 평균 전단결합강도

본 연구에서 측정된 치수복조재들의 상아질과의 전단결합강도는 Table 6과 같다. BD그룹은 평균 12.55MPa로 가장 높은 상아질과의 전단결합강도를 보여주었다. WMTA (0.37MPa)는 BD (12.55 MPa)와 TLC (9.92 MPa)에 비해 현저히 낮은 전단결합강도를 보여주었다.

Table 6. Mean shear bond strength to dentin

Group	Mean SBS(MPa)	N	Standard deviation
TLC	9.92	10	3.86
WMTA	0.37	10	0.29
BD	12.55	10	4.25

SBS: Shear bond strength, TLC: Theracal LC™, BD: Biodentine™, WMTA: ProRoot™ white MTA.

2) 치수복조재들과 상아질과의 전단결합강도의 그룹별 차이

BD그룹과 TLC그룹의 상아질과의 전단결합강도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. WMTA그룹은 나머지 두 그룹과 모두 통계적으로 유의하게 낮은 상아질과의 전단결합강도를 보여주었다(Table 7, Fig. 4.).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 7. Comparison of shear bond strength

Group	p-value
TLC vs WMTA vs BD	0.00[a)]
TLC vs WMTA	0.00[b)]
TLC vs BD	0.07
BD vs WMTA	0.00[b)]

[a)] Statistically significant difference ($p<0.05$, Kruskal-Wallis test)

[b)] Statistically significant difference ($p<0.017$, Mann-Whitney test)

TLC: Theracal LC™, BD: Biodentine™, WMTA: ProRoot™ white MTA

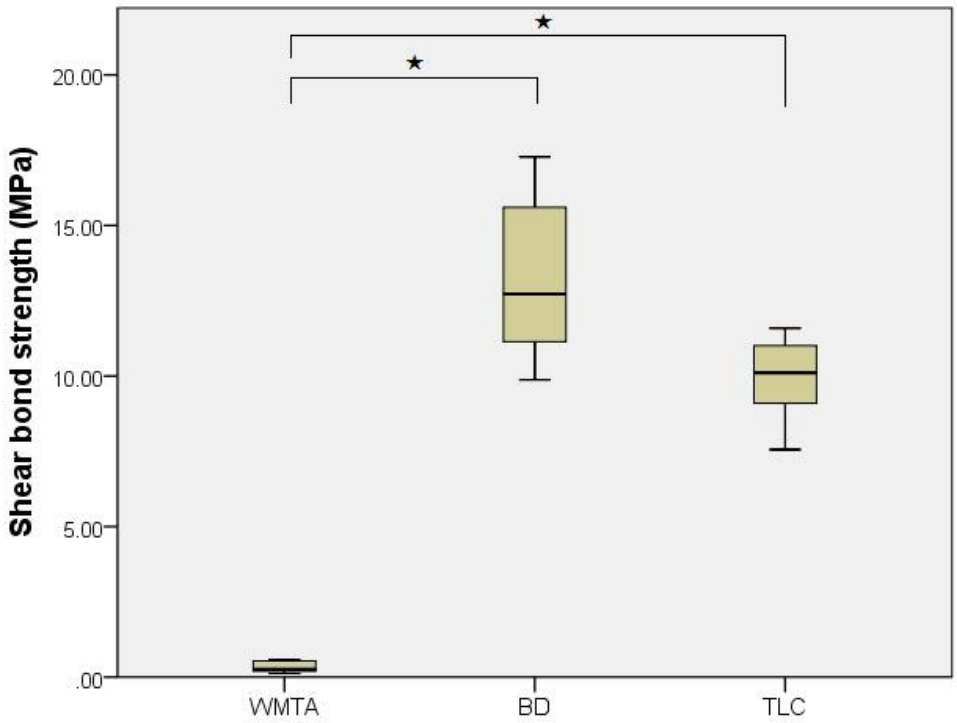

Fig. 4. Comparisons of shear bond strength

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

★ : Statistically significant difference ($p<0.017$, Mann-Whitney test)

TLC: Theracal LC™, BD: Biodentine™, WMTA: ProRoot™ white MTA

IV 총괄 및 고찰

치수가 기계적으로 노출되거나 혹은 거의 근접할 정도로 깊은 우식을 갖고 있는 치아의 수복을 위한 와동 형성에서 치수복조술은 성공적인 치료 방법 중 하나로 보고되었다[11]. 성공적인 치수복조술을 시행하기 위해서 치수복조재는 비독성이어야하며 체적 안정성이 있고 방사선 불투과성을 보이며 항균작용을 하고 좋은 조작성을 보이는 등의 특성을 지녀야하겠지만 무엇보다도 재료에 의한 밀폐와 치수복조재의 수복물 그리고 상아질과의 결합강도는 필수적인 요소이다[12].

이 연구에서 우리는 치수복조재와 최종수복물에 따른 미세누출에 주목하였다. 이는 많은 연구들에서 수복재료들의 치수반응은 변연부의 미세누출에 의해서 결정된다고 보고되었기 때문이다[9,13]. 치수의 변성은 더욱 더 심도 깊은 치수치료를 요구하기 때문에 이는 매우 중요한 요소이다. 치수복조재 단독으로의 미세누출 연구들이 있어왔으나 실제 구강내의 재현성을 높이기 위해서 치수복조재와 최종수복물을 모두 적용한 후 미세누출을 관찰하는 실험방법을 적용하였다.

치근단공을 통해 염색액이 침투하는 것을 막기 위해 치근단공 부위를 복합레진으로 봉쇄하였고 미세누출 평가를 위해 0.5% fuchsin용액을 선택하였는데 이 방법은 복잡한 실험 기구 없이 경제적으로 사용하기 편하다고 알려져있다[14].

MTA가 기존의 연구들에서 받아들여질만한 임상적, 실험적 결과를 보여주었지만 완벽한 치수복조재는 아니다. 기존의 MTA가 가지고 있는 치명적인 단점인 변색을 개선하기 위해 ProRoot™ White MTA가 개발되었지만 임상실험에서 큰 차이가 없다고 밝혀졌다[8]. 이러한 변색들을 예방하거나 이미 발생된 변색을 감소시키기

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

위하여 MTA를 충전하기 전에 상아질 접착제를 도포한다거나[15] sodium perborate와 같은 물질을 이용하여 표백술을 시행하는 등의 노력이 이루어졌지만 변색을 완전히 없애는 것은 결과적으로 MTA를 제거하지 않는 이상 효과가 없다는 연구 보고가 있었다[16]. 또한 경화시간이 길다는 단점이 있어 MTA를 대체할 만한 여러재료의 개발로 이어지게 되었다.

BD는 높은 밀폐성을 가지고 있으며 뛰어난 누수저항성으로 상아세관을 채워주기 때문에 세균의 침투 우려를 없애주며, 수술 후 민감성도 거의 없다. 아이보리 색상의 BD는 색이 상아질과 유사하고 변색이 없어 뛰어난 심미성을 자랑한다. 또한 수축과 팽창이 없어 술 후 안정성 역시 높다. 뿐만 아니라 BD는 잘 뭉쳐지고 치면에 쉽게 달라붙어 처음 사용할 경우에도 쉽게 조작할 수 있을 정도로 조작성이 뛰어나며 경화시간도 MTA에 비해 훨씬 감소되었다[12,17,18].

TLC는 광중합 resin-modified calcium silicate paste로서 직접,간접 치수복조술과 복합레진, 아말감 등의 수복재 하방의 이장재로 사용되며 수산화칼슘과 GI, RMGI, ZOE 등의 대체재로서도 사용가능하다. TLC는 칼슘이온을 방출하며 새로운 상아질 모세포의 분화를 유도해 에퍼타이트 형성에 도움을 주며, 새로운 상아질을 형성하게 한다. 요변성이 있어서 광중합하는 동안 재료를 쉽게 유지시킬 수 있으며, Gandolfi 등[19]의 연구에 따르면 TLC가 적정두께로 중합될 시 조기 용해 위험이 감소된다고 보고되었다. 또한, 광중합 후 즉시 수복재를 위치시킬 수 있다는 점 역시 TLC의 장점이다. 이런 초기 경화성 때문에 TLC는 MTA보다 더 낮은 용해성이 보고되었다[19].

본 연구의 실험결과 TLC를 적용한 모든 그룹들과 BD + GIC그룹은 모두 미세누출에서 Score 0을 기록하였다. 그리고 전반적으로 WMTA 그룹들의 미세누출 Score가 더 높았다. 비록 MTA가 지금까지의 연구들에서 좋은 밀폐력과 생체친화성, 항균작용, VEGF (vescular endothelial growth factor)와 같은 cytokine 방출, 경조직 형성능력을 보여주었지만 본 실험의 미세누출 측정에서는 나머지 두 그룹

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에서보다 좋지 않은 결과를 보여주었다[5,7,20]. 이러한 미세누출의 차이가 재료의 어떤 특성들에 기인한 것인지 정확히 밝히는 것은 매우 어려운 일이지만 임상적인 재료 선택에 있어서 본 실험 결과는 의의를 갖을 수 있을 것이다.

본 연구에서 치수복조재 상방에 적용된 최종수복물의 종류에 따라서도 미세누출의 양상은 변화하였다. 전반적으로 전통적인 글래스아이오노머 시멘트(Ketac™ Molar)가 복합레진(Filtek™ Z250), 레진강화형 글래스 아이오노머 시멘트(Fuji II LC®)에 비하여 미세누출 Score가 작았다. Sharafeddin 등[21]은 CR보다 GIC가 더 미세누출을 줄일 수 있다고 보고하였고 Gopinath [22]는 RMGI보다 GIC가 더 작은 미세누출을 보여준다고 하였는데 이는 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다. RMGI는 법랑질에 잘 부착되지만 상아질과 백악질에는 GIC와 비교시 화학적 결합에 의한 부착능력이 떨어지며 CR은 큰 중합수축에 의한 변연부의 누출 가능성이 GIC에 비해 높은 이유로 다음과 같은 결과가 나타난 것으로 사료된다[23].

수용성 환경에서의 좋은 안정성을 갖는 전통형 GIC와 같은 수복재료는 경조직과 결합능력이 뛰어나 변연 gap을 감소시킬 수 있다[24]. GIC의 탄력강도와 인장강도는 전단력과 탄력을 저항할 수 있는 범위에 있으며, 불소방출능력과 수분흡수력으로 인해 더 작은 미세누출 형성을 가능케 한다. 또한 수복물과 상아질과의 열팽창계수의 차이는 미세누출의 한 원인으로 알려져있는데 GIC의 열팽창계수는 치아의 상아질과 유사해 임상적으로 좋은 변연적합성, 적은 미세누출 그리고 좋은 유지력을 갖게 해줄 것으로 생각된다[25].

미세누출은 5급와동에서 수복물 실패의 가장 주요한 원인으로 알려져 있다[26]. 이는 수복물들이 일반적으로 주로 상아질이나 백악질에 위치해 있기 때문이다. 따라서 깊은 치경부 병소와 치근 우식 와동의 수복시 TLC과 GIC를 적용하는 치수복조술은 좋은 선택지가 될 수 있을 것이다.

치수복조재와 수복물과의 결합강도는 많은 연구에서 보고되어 왔으나[27-29] 치수복조재와 상아질과의 결합강도에 대한 연구는 지금까지 미비하였다. 치수와 결합하

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

는 상아질 또한 복조재와 결합력이 매우 중요하게 생각되는 바 본 연구에서는 이 부분 역시 주목하였다.

치수복조재들과 수복재들간의 전단결합강도를 비교한 Jeong HK 등[27]의 연구에 따르면 WMTA 그룹에서 응집성 파절 빈도가 높게 나타났는데 이는 치수복조재의 압축강도가 최종 수복물과의 결합강도보다 약한 것에 기인한 현상일 수 있다고 하였다. 본 연구에서 WMTA (0.37MPa)는 BD (12.55MPa)과 TLC (9.92MPa)에 비해 현저히 낮은 결합강도를 보여주었는데 이 또한 WMTA가 상아질과 부착능력이 매우 낮기 보다는 WMTA 재료 자체의 낮은 압축강도 때문인 것으로 사료된다. BD (12.55MPa)가 TLC (9.92MPa)에 비하여 실험결과상 높은 상아질과의 전단결합강도 값을 보여주었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 7).

치수복조재의 종류에 따른 수복물의 미세누출 값과 상아질과 치수복조재의 결합력을 고려할 때 WMTA보다 TLC와 DB이 본 실험에서는 치수복조재로서 더 적합한 결과를 보여주었다. 하지만 치수복조재를 선택하는데 있어서 치수복조재의 유지력, 치수복조재와 치수와의 반응 등, 이외에도 고려해야할 사항들이 많이 존재하므로 임상의의 종합적인 판단이 필요할 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 결 론

TLC와 BD가 치수복조재로 사용된 경우 WMTA보다 수복재료의 미세누출이 적었다. 글래스아이오노머 시멘트(Ketac™ Molar)가 복합레진(Filtek™ Z250)과 레진강화형 글래스 아이오노머 시멘트(Fuji II LC®)보다 미세누출이 적게 관찰되었다. TLC + GIC, TLC + RMGI, TLC + CR, BD + GIC그룹에서 작은 미세누출을 보여주었고 WMTA + RMGI, WMTA + CR그룹은 많은 미세누출을 보여주었다. 본 연구에서 미세누출은 단지 최종 수복물 뿐 아니라 치수복조재의 종류에 따라서도 달라진다는 것을 알 수 있었다.

3가지의 치수복조재들 중 TLC와 BD는 WMTA보다 통계적으로 유의하게 높은 상아질과의 전단 결합강도를 보였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고 문헌

1. He L, Zhong J, Gong Q *et al.* : Treatment of Necrotic Teeth by Apical Revascularization: Meta-analysis. *Sci Rep*, 7:13941, 2017.

2. Bose R., Nummikoski P., Hargreaves K : A retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *J Endod*. 35:1343 - 1349, 2009.

3. Ding RY, Cheung GS, Chen J *et al.* : Pulp revascularization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. *J Endod*, 35:745 - 749, 2009.

4. Chen MY, Chen KL, Chen CA *et al.* : Responses of immature permanent teeth with infected necrotic pulp tissue and apical periodontitis/abscess to revascularization procedures. *Int Endod J*, 45:294 - 305, 2012.

5. Tawil PZ, Duggan DJ, Galicia JC : MTA: a clinical review. *Compend Contin Educ Dent*, 36:247-264, 2015.

6. Hinata G, Yoshiba K, Han L *et al.* : Bioactivity and biomineralization ability of calcium silicate-based pulp-capping marerials after subcutaneous implantation. *Int Endod J*, 2:e40-e51, 2017.

7. Maturo P, Costacurta M, Bartolino M, Docimo R : MTA applications in pediatric dentistry. *Oral Implantol (Rome)*, 2:37-44, 2009.

8. Możyńska J, Metlerski M, Lipski M, Nowicka A : Tooth Discoloration Induced by Different Calcium Silicate-based Cements: A Systematic Review of In Vitro Studies. *J Endod*, 43:1593-1601, 2017.

9. Schuurs AH, Gruythuysen RJ, Wesselink PR : Pulp capping with adhesive resin-based composite vs. calcium hydroxide: a review. *Endod Dent Traumatol*,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

16:240-50. 2000.

10. Kaup M, Dammann CH, Schäfer E, Dammaschke T : Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head Face Med*, 11:14, 2015.

11. Schwendicke F, Stolpe M : Direct pulp capping after a carious exposure versus root canal treatment: a cost-effectiveness analysis. *J Endod*, 40:1764-70, 2014.

12. Subramanyam D, Vasantharajan M : Effect of Oral Tissue Fluids on Compressive Strength of MTA and Biodentine: An In vitro Study. *J Clin Diagn Res*, 11:ZC94-ZC96, 2017.

13. Jung SK, Jang KT : Microleakage of various light-curing pulp capping materials, Master's degree, School of Dentistry, Seoul National University, 2014.

14. F. Sharafeddin, F. Koohpeima, B. Palizian : Evaluation of Microleakage in Class V Cavities Filled with Methacrylate-based versus Silorane-based Composites. *J Dent Biomater,* 2:67-72, 2015.

15. Akbari M, Rouhani A, Samiee S, Jafarzadeh H : Effect of dentin bonding agent on the prevention of tooth discoloration produced by mineral trioxide aggregate. *Int J Dent*. 2012:563203, 2012.

16. Jang JH, Kang M, Ahn S *et al.* : Tooth discoloration after the use of new pozzolan cement (Endocem) and mineral trioxide aggregate and the effects of internal bleaching. *J Endod*. 39:1598-602, 2013.

17. Bhat SS, Hegde SK, Adhikari F, Bhat VS : Direct pulp capping in an immature incisor using a new bioactive material. *Contemp Clin Dent*, 5:393-6, 2014.

18. Butt N, Talwar S, Chaudhry S : Comparison of physical and mechanical

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian J Dent Res,* 25:692-7, 2014.

19. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C : Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *Int Endod J*, 45:571-9, 2012.

20. Simancas-Pallares MA, Díaz-Caballero AJ, Luna-Ricardo LM : Mineral trioxide aggregate in primary teeth pulpotomy. A systematic literature review, *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 15:e942-6, 2010.

21. Sharafeddin F, Feizi N : Evaluation of the effect of adding micro-hydroxyapatite and nano-hydroxyapatite on the microleakage of conventional and resin-modified Glass-ionomer Cl V restorations. *J Clin Exp Dent,* 9:e242-e248, 2017.

22. Gopinath VK : Comparative evaluation of microleakage between bulk esthetic materials versus resin-modified glass ionomer to restore Class II cavities in primary molars. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 35:238-243, 2017.

23. Gupta SK, Gupta J, Saraswathi V, Ballal V et al. : Comparative evaluation of microleakage in Class V cavities using various glass ionomer cements: An in vitro study. *J of interdisciplinary Dentistry*, 2:164-169, 2012.

24. Bollu IP, Hari A, Thumu J *el al*. Comparative Evaluation of Microleakage Between Nano-Ionomer, Giomer and Resin Modified Glass Ionomer Cement in Class V Cavities- CLSM Study. *J Clin Diagn Res*, 10:ZC66-70, 2016.

25. Geerts SO, Seidel L, Albert AI, Gueders AM. Microleakage after Thermocycling of Three Self-Etch Adhesives under Resin-Modified Glass-Ionomer Cement Restorations. *Int J Dent,* 2010:728453, 2010.

26. Kidd EA : Microleakage: a review. *J Dent*. 4:199-206, 1976.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

27. 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.

28. Cantekin K : Bond strength of different restorative materials to light-curable mineral trioxide aggregate. *J Clin Pediatr Dent*, 39:143-8, 2015.

29. DeHoff PH, Anusavice KJ, Wang Z : Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. *Dent Mater*, 11:126-131, 1995.

Collection @ chosun