

도말층 제거와 상아질의 부위가 치수강 내부 상아질에 대한 수중 상아질 결합제의 전단결합성질에 미치는 영향

임연아 · 유영대 · 이용근* 이수종 임미경

원광대학교 치과대학 치과보존학교실, 서울대학교 치과대학 치과생체재료학교실*

ABSTRACT

THE EFFECT OF SMEAR LAYER REMOVAL AND POSITION OF DENTIN ON SHEAR BOND PROPERTIES OF DENTIN BONDING SYSTEMS TO INTERNAL CERVICAL DENTIN

Yoen-Ah Lim, Young-Dae You, Yong-Keun Lee*, Su-Jong Lee, Mi-Kyung Im.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

*Department of Dental Biomaterials, College of Dentistry, Seoul National University**

The aim of this study was to determine the shear bond properties of four dentin bonding systems to internal cervical dentin, and to investigate the effect of the pretreatment for removing smear layer and position of dentin on shear bond strength of dentin bonding agents.

The materials tested in this study were consisted of four commercially available dentin bonding systems(Allbond 2(AB), Clearfil Linerbond 2(CL), Optibond FL(OP), Scotchbond Multi-purpose(SB)), a restorative light-cured composite resin[Z100] and a chelating agent[RC-prep(RC)]. Fifty-six freshly extracted human molars were used in this study. Dentin specimens were prepared by first cutting the root of the tooth 1mm below the cemento-enamel junction with a diamond bur in a high speed handpiece under air-water coolant, and then removing occlusal part at pulp horn level by means of a second parallel section. The root canal areas were exposed by means of cutting the dentin specimens perpendicular to the root axis.

Dentin specimens were randomly assigned to two groups(pretreated group, not-pretreated group) based on the pretreatment method of dentin surface. In pretreated group, RC was applied to dentin surface for 1 minute and then rinsed with NaOCl. In not-pretreated group, dentin surface was rinsed with saline. Each groups were subdivided into four groups according to dentin bonding systems. Four dentin bonding systems and a restorative resin were applied according to the directions of manufacturer. The dentin-resin specimens were embedded in a cold cure acrylic resin, and were cut with a low speed diamond saw to the dimension of 1×1mm. The cut specimens were divided into three groups according to the position of internal cervical dentin. The shear bond properties of dentin-resin specimens were measured with Universal testing machine (Zwick, 020, Germany) with the cross head speed of 0.5mm/min.

From this experiment, the following results were obtained :

1. In case of shear bond strength, there was no significant difference among dentin bonding systems in not-pretreated groups, whereas in pretreated groups, the shear bond strengths of AB and of SB were statistically significantly higher than those of CL and of OP.
2. The shear bond strengths of AB and of SB in pretreated groups were significantly higher than those in not-pretreated groups.
3. The shear bond strengths of radicular layer of OP were higher than those of occlusal layer of OP in not-pretreated groups, and of AB in pretreated groups. The shear bond strengths of radicular layer of AB and of CL in not-pretreated groups were higher than those in pretreated group.

I. 서 론

근관치료된 치아는 우식, 근관외동형성, 근관형성으로 인해 구조적으로 약화되고, 상아질 내 수분이 감소되어 탄성이 감소되므로 근관치료 후 보철수복이 필요하고 post와 core가 수복방법으로 주로 이용되었다. 그러나, 근관치료한 치아는 수복외동을 형성한 치아보다 상아질의 강도감소가 작다고 보고되었으며¹⁾, 치료 후 치아의 취성이 증가된다는 것은 아직 명확하지 않다²⁾. 또한, 근관치료된 치아를 post를 이용하여 수복하는 것은 치아를 견고하게 하지 않았으며, post형성할 때 건전 치질이 제거되고 내부 응력이 발생됨으로 인해 치아의 강도는 더욱 감소된다고 보고되었다³⁾. 근관치료된 치아의 근관과 근관외동을 콤포짓트레진을 이용하여 수복하는 것은 post를 사용하는 방법보다 치아의 강도를 작게 감소시켜 생활치 강도의 88%까지 치아의 강도를 회복시키며²⁾, 건전한 전치이거나 변연용선이 건전한 대구치라면 보철수복대신 콤포짓트레진을 이용한 수복이 가능하다고 보고되었다⁴⁾.

Buonocore⁵⁾는 산부식법을 고안하여 범랑질에 대한 레진계 접착성 재료의 접착 성능을 크게 개선시켰고, Fusayama 등⁶⁾은 상아질을 표면조절할 때, 상아질에 대한

결합용 레진의 결합력이 증가된다고 보고하였다. 최근 시판되는 상아질 결합제는 표면조절제, 전처리제, 결합용 레진으로 구성되며, 저농도의 산성 표면 조절제에 의해 도말층(smear layer)이 전부 또는 부분적으로 제거된, 수분 함량이 많은 상아질에 친수성 단량체인 전처리제와 결합용 레진을 도포하여 상아질과의 결합이 증진되도록 하였다⁷⁾.

상아질 결합제를 사용할 때, 임상적으로 중요한 특성은 상아질과의 결합강도와 미세누출이며, 미세누출은 수복물과 근관치료의 예후에 크게 영향을 미친다. 미세누출을 줄이기 위하여 저점도 레진과 Phenyl-P를 사용한 상아질 결합제가 개발되었으며, 다른 상아질 결합제와 비교할 때, 미세누출이 작았다고 보고되었다⁸⁻¹⁰⁾.

노인 인구의 증가로 인해 노인 연령층의 근관치료 비율이 높아짐으로 인해¹¹⁾, 증명화된 치아의 석회화된 근관을 탐지하고, 치근단에 도달하기 위해 ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA)와 같은 제제의 사용 빈도가 증가되었다. 또한, 근관벽에 형성되는 도말층은 근관에 적용된 치료제의 항균효과를 감소시키고, 충전재의 결합을 방지하므로 제거하는 것이 좋다고 보고되었다^{12,13)}. 도말층 제거를 위해 다양한 근관세척액이 연구되었지만 효과적인 단일 근관세척액은 없으며, EDTA와 차아염소산나트륨을 같이 사

Table 1. dentin bonding systems studied in this experiment

Adhesives	Code	Ingredients	Batch No	Manufacturer
All-bond 2				
Etchant		10% Phosphoric acid	129274	
Primer A	AB 1	NTG-GMA	019035	Bisco, USA
Primer B		BPDM	129144	
D/E Resin		UDMA, HEMA	019055	
Clearfil™				
Liner Bond 2				
Primer A	CL 2	Phenyl-P, 5NMSA, CQ	017	Kuraray, Japan
Primer B		HEMA, Water	022	
LB Bond		MDP, HEMA, Bis-GMA, microfiller	0025	
Optibond™ FL				
Etchant		37.5% Phosphoric acid	603343	Kerr, USA
Prime	OP 3	Silica thickener	604587	
		HEMA, GPDM, PAMM, Photoinitiator	605027	
Adhesive		29vol% Ethanol, 23vol% Water		
		TEGDMA, UDMA, GPDM, Fluoride		
Scotchbond				
Multi-purpose				
Etchant	SB 4	10% Maleic acid	4EG	3M, USA
Prime		55% HEMA, 5% Polyalkanoic resin	6CB	
Adhesive		62.5% BIS-GMA, 37.5% HEMA	5BK	

*abbreviations

NTG-GMA: N-tolyglycine-glycidyl methacrylate, BPDM: biphenyl dimethacrylate, UDMA: urethane dimethacrylate, GPDM: glycerol phosphate dimethacrylate, HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate, 5NMSA: N-methacryloyl-5-aminosalicylic acid, CQ: Camphorquinone, MDP: 10-methacryloyloxy decyl dihydrogenphosphate, Bis-GMA: Bisphenol-glycidyl methacrylate, PAMM: Phthalic acid mono ethyl methacrylate, TEG-DMA: triethylene glycol dimethacrylate.

용하는 것이 효과적이었다”.

본 연구는 근관치료를 시행한 치아의 근관과 근관외동을 상아질 결합제와 콤포짓트레진을 이용하여 수복하고자 할 때, 통상 사용되는 상아질 결합제와 미세누출이 작다고 보고된 Phenyl-P 및 저점도 레진을 사용한 상아질 결합제의 치수강 내부 상아질에 대한 전단결합성질을 알아보고, 도말층 제거를 위해 사용되는 EDTA 제제와 치수강 내부 상아질의 부위가 이에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다

II. 연구재료 및 방법

본 연구는 시판되는 상아질 결합제 중 Allbond 2(Bisco, U.S.A.), Clearfil Linerbond 2(Kuraray, Japan), Optibond FL(Kerr, U.S.A.), Scotchbond Multi-purpose(3M, U.S.A.) 4종의 상아질 결합제를 사용하였으며 (Table 1), 도말층 제거를 위한 EDTA 제제로는 RC-prep(RC, Medical Products Laboratories, U.S.A.)을, 광중합 콤포짓트레진은 Z-100(3M, U.S.A.)을 사용하였다

1. 시편제작

발거 후 생리 식염수에 저장한 인간의 비우식성 대구치 56개를 본 연구에 사용하였다. 각 치아는 치수각 상방에서 교합면측 치관부를 제거하고 백악법량경계 하방 2mm에서 치근부를 절제하여 치아절편을 형성하였다. 그 후, 고속 핸드피스에 장착한 다이아몬드 버를 이용하여 주수 하에 협설로 치아의 장축에 평행하게 이등분한 후, 치아의 치수강 측 상아질을 저속 핸드피스에 고정된 카바이드 버로 삭제하여 도말층을 형성하였다.

상아질-레진 시편을 상아질 전처리 유무, 상아질 결합제, 상아질의 부위에 따라 Table 2와 같이 분류하였다. Y군은 치수강 내면 상아질에 RC를 1분간 적용한 후 차아염소산나트륨과 생리 식염수로 세척하고, 그 위에 상아질 결합제를 적용하였으며, N군은 생리 식염수로 세척한 후, 상아질 결합제를 적용하였다. 상아질 결합제는 각각 제조회사의 지시에 따라 N군과 Y군에 동일하게 적용하였다. 광중합 콤포짓트레진인 Z-100을 상아질 결합제 위에 1mm씩 적용한 후 가시광선 중합기(Visilux 2, 3M, U.S.A.)로 40초간 광중합 하였으며, 이의 두께는 최소 2mm가 되도록 하였다.

Table 2 Group classification according to dentin bonding systems, pretreatment and position of dentin

Pretreatment	Group		Specimens
	Adhesives	Position of dentin	
N	All-bond 2	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21
	Clearfil Liner Bond 2	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21
	Optibond FL	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21
	Scotchbond Multi-purpose	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21
Y	All-bond 2	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21
	Clearfil Liner Bond 2	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21
	Optibond FL	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21
	Scotchbond Multi-purpose	Occlusal layer	21
		Middle layer	21
		Racicular layer	21

N: no treatment, Y: pretreatment, AB: All bond2, CL: Clearfil Liner Bond 2, OP

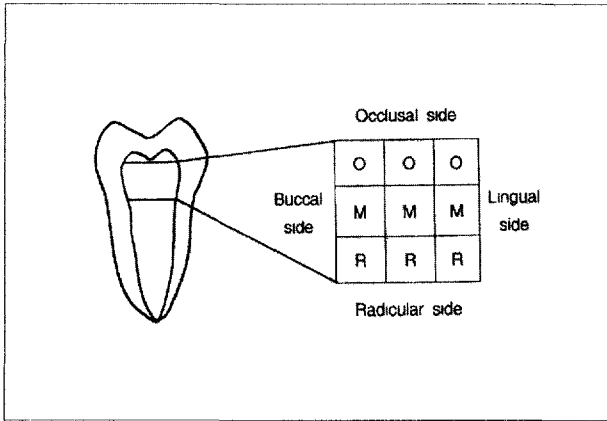


Fig. 1. Dentin position

접착이 완료된 치아시편을 아크릴릭 레진에 포매한 후 주수 하에 저속 다이아몬드 톱(Low speed diamond saw, Buehler, England)을 이용하여 치수강 상부로부터 치아장축에 수직인 방향으로 1mm의 두께가 되도록 절단하여 3개의 상아질-레진 층(disc)을 얻었으며, 이 상아질-레진 층을 근원심 방향으로 치아장축에 평행하게 1mm씩 절단하여 각 층 당 3개씩 가로, 세로 각각 1mm인 상아질-레진 시편을 얻었다. 상아질-레진 시편은 위치에 따라 교합쪽층(O), 중간층(M), 근단쪽층(R)으로 분류하였다(Fig. 1).

2. 전단결합성질의 측정

생리식염수에 보관한 상아질-레진 시편을 측정 직전에 꺼내어 습기가 있는 상태에서 인장압축시험기(Universal testing machine, Zwick 020, Germany)를 이용하여 전단결합성질을 측정하였다. Load cell의 용량은 50kg이었으며, 전단결합성질을 측정할 수 있는 시편 홀더와 하중을 주는 기구를 제작하여 인장압축시험기에 부착하여 측정하였다. 측정 시 preload는 100g, 하중을 가하는 속도는 0.5mm/min로 파절될 때까지 전단력을 가하여 파절시까지의 하중-변형곡선(load-deflection diagram)을 만능시험기와 연결된 컴퓨터(Zwick PC Software Z1005, Zwick, Germany)를 통해 측정하여, 전단결합강도(shear bond strength), 탄성계수(elastic modulus), 파절시 변위(displacement at fracture) 및 이때까지 흡수된 에너지(work up to fracture)를 구하였다.

탄성계수율(elastic modulus ratio)은 RC 전처리하지 않은 SB군의 탄성계수 평균값으로 각 군 상아질-레진 시편의 탄성계수를 나누어서 계산하였다. 치아내 층별 전단결합강도비는 중간층 상아질-레진 시편의 전단결합강도로 교합쪽층과 근단쪽층 상아질-레진 시편의 전단결합강도를 나누어 교합쪽과 근단쪽층 상아질-레진 시편의 전단결합강도비

를 구하였고 중간층은 중간층 전단결합강도의 평균값으로 중간층 내 상아질-레진 시편의 전단결합강도를 나누어 전단결합강도비를 구하였다. 그 후 각 층의 전단결합강도비의 평균을 계산하여 서로 비교하였다. 상아질-레진 시편의 단면적은 버어니어 캘리퍼(Mitutoyo, Japan)로 0.05mm까지 측정하였다. 전단결합강도는 최대 하중을 시편의 단면적으로 나누어 계산하였으며, 상아질-레진 시편의 크기는 가로, 세로 1mm를 기준으로 하였으나 ± 0.25 mm 정도의 오차가 있었다.

3. 통계처리

측정치를 통계처리 프로그램인 SPSS/PC+를 이용하여 유의수준 0.05에서 one way ANOVA와 사후 검정인 Scheffe's test를 시행하였고 RC 전처리 유무에 따른 전단결합성질을 비교하기 위해 t-test를 시행하였다.

Ⅲ. 연구 성적

치수강 내면 상아질을 RC 전처리하지 않은 군과 RC 전처리한 군에서 4가지 상아질 결합체의 전단결합성질인 전단결합강도, 탄성계수율, 파절시 변위, 파절시까지 흡수된 에너지를 비교하였으며(Table 3), 상아질-레진 시편 중 중간층에 대한 교합쪽층과 근단쪽층의 전단결합강도비를 구하여, 치수강 내 부위에 따른 전단결합강도비를 비교하였다(Table 4).

전단결합강도는, RC 전처리하지 않은 군에서는 각 군간 차이가 없었으며, RC 전처리 군에서는 AB, SB군이 CL, OP군보다 컸다. RC 전처리가 전단결합강도에 미치는 영향을 비교할 때, RC 전처리 군이 RC 전처리하지 않은 군보다 전단결합강도가 더 큰 경향을 보였지만, AB, SB군에서만 차이가 있었다.

탄성계수율을 비교할 때, RC 전처리하지 않은 군에서는 AB군이 CL, OP, SB군보다 컸고, RC 전처리 군에서는 CL군이 다른 군보다 작았으며, SB군이 CL, OP군보다 컸다. RC 전처리에 따른 탄성계수율을 비교할 때, AB, OP, SB군에서는 RC 전처리 군이 RC 전처리하지 않은 군보다 컸다.

파절시 변위는, RC 전처리하지 않은 군에서는 각 군간 차이가 없었지만, RC 전처리 군에서는 OP, CL군의 파절시 변위가 다른 군보다 컸다. RC 전처리에 따른 파절시 변위를 비교할 때, RC 전처리 군 중 AB, SB군의 파절시 변위가 RC 전처리하지 않은 군보다 작았다.

파절시까지 흡수된 에너지인 인성은, RC 전처리하지 않은 군에서는 AB, SB군이 OP군보다 컸고, RC 전처리 군에서는 AB, OP군이 CL, SB군보다 컸다. RC 전처리에 따른

Table 3. Shear bond properties of dentin bonding systems

Group	Shear bond strength (MPa)		Elastic-modulus ratio [†]	Displacement at fracture (mm)	Work up to fracture (Nm × 10 ³)	
N	AB	1	27.195±5.3233	1.279±0.265	0.0568±0.012	0.954±0.202
	CL	2	24.097±4.1533	1.055±0.259	0.0502±0.009	0.863±0.193
	OP	3	25.154±5.6793	1.029±0.22	0.0536±0.008	0.728±0.148
	SB	4	25.485±4.8228	1.021±0.238	0.0525±0.012	0.925±0.178
Difference			NS	1/2 3 4/1/3	NS	2 3/1 4/3
Y	AB	1	32.458±4.1760*	1.479±0.225	0.0497±0.007*	1.122±0.213*
	CL	2	25.780±5.4931	1.089±0.244	0.0555±0.011	0.813±0.171
	OP	3	27.084±4.5333	1.299±0.256 [†]	0.0529±0.013	1.160±0.251*
	SB	4	33.155±5.3641*	1.666±0.336 [†]	0.0419±0.005*	0.848±0.171
Difference			1/2/4/3/1	1/2/3/4/2	1.4/2.3/4	4/1/2 4/3/2

* : Significantly different group after RC-prep treatment compared with no treatment group at 0.05 level

[†] : Ratio of the slope of linear portion of load-deflection curve to that of SB without RC treatment

N : Group without RC treatment

Y : Group with RC treatment.

· : Not significantly different between neighboring groups at 0.05 level

/ : Significantly different between neighboring groups at 0.05 level

NS : Not significant among groups at 0.05 level.

Table 4. Ratio of shear bond strength of occlusal(O) and radicular(R) layer to that of middle(M) layer in the same tooth

Group	Layer			Difference	
	M	O	R		
N	AB	1.003±0.087	0.947±0.179	0.868±0.231	NS
	CL	1.000±0.209	0.881±0.209	1.001±0.298	NS
	OP	1.006±0.205	0.891±0.253	1.246±0.252	R/O M/R
	SB	1.000±0.210	1.122±0.130	1.289±0.276	M/R
Y	AB	1.006±0.253	0.828±0.234	1.201±0.217*	O/R
	CL	1.009±0.222	1.288±0.432	1.403±0.302*	M/R
	OP	1.009±0.244	0.936±0.167	1.009±0.244	NS
	SB	1.005±0.199	1.001±0.273	1.285±0.399	NS

* : Significantly different group after RC-prep treatment compared with no treatment group at 0.05 level

N : Group without RC treatment

Y : Group with RC treatment.

M : control group.

· : Not significantly different between neighboring groups at 0.05 level.

/ : Significantly different between neighboring groups at 0.05 level.

NS : Not significant among groups at 0.05 level.

파절시까지 흡수된 에너지를 비교할 때, AB, OP군에서는 RC 전처리 군이 RC 전처리하지 않은 군보다 컸지만, CL, SB군은 작은 경향을 보였다.

상아질의 부위에 따른 전단결합강도비를 비교할 때, RC 전처리하지 않은 군 중 OP군의 근단쪽층은 교합쪽층과 중간층에 비하여 컸고, SB군의 근단쪽층이 중간층에 비하여 컸다. RC 전처리 군에서는 AB군의 근단쪽층의 전단결합강도비가 교합쪽층에 비해 컸고, CL군에서는 근단쪽층이 중간층에 비하여 컸다. RC 전처리 군 중, AB군과 CL군의 근단쪽층 전단결합강도비만 RC 전처리하지 않은 군보다 컸

다

IV. 총괄 및 고찰

1955년 Buonocore³⁾는 산부식법을 고안하여 법랑질에 대한 레진계 재료의 접착 성능을 크게 개선시켰으며 그 이후 상아질에 대한 집착력을 증가시키려는 연구가 진행되어 왔다. Fusayama 등⁴⁾은 법랑질과 같이 상아질을 산부식하던 실험용 레진의 상아질에 대한 결합강도가 증가된다고 보고하였다. 그 이후, 다양한 산이 표면조절제로서 연구, 개발

되었으며, 이러한 제재로 인산, 구연산 등의 강산, 말레인산과 같은 약산, 그리고 EDTA 및 글루탈 알데하이드 등이 사용되어왔다. 최근 시판되는 상아질 결합제는 약산성의 표면조절제, 친수성 전처리제, 결합용 레진으로 이루어져 있다. 표면조절된 상아질에 사용되는 전처리제는 상아질의 수분과 친화성이 있어, 산처리로 인해 붕괴된 교원섬유의 입체적인 형태를 회복시키고 결합용 레진의 습윤성을 향상시키는 역할을 하며¹⁵⁾, BPDМ, HEMA, PMDM, NPG-GMA, NTG-GMA와 같은 친수성 단량체로 구성된다. 결합용 레진으로는 Bis-GMA계나 UDMA계가 사용된다⁷⁾.

전단결합강도와 미세누출은 가장 많이 실험되는 상아질 결합제의 2가지 특성이다. 이상적인 치과용 결합제는 결합강도가 높고 미세누출이 작아야 하지만, 이들간 관계는 명확하게 확립되어 있지 않으며, 결합강도는 상아질 결합제의 밀폐능력보다는 유지능력을 의미한다⁹⁾. 근관치료한 치아를 수복할 때, 근관 내로의 세균 침입을 방지하기 위해서 미세누출이 작은 상아질 결합제를 사용하는 것이 유리할 것으로 사료된다. CL, OP는 다른 상아질 결합제와 비교할 때, 미세누출이 작다고 보고되었다⁸⁻¹⁰⁾. 그러나, 이러한 상아질 결합제와 치수강 내부 상아질에 대한 전단결합강도 및 성질을 비교한 연구가 없었기에 이를 알아보고 도말층 제거를 위한 RC 전처리가 이에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 행하였다.

CL은 30% HEMA와 산성인 20% Phenyl-P로 구성된 전처리제가 표면조절과 전처리를 동시에 수행하도록 하여 단계를 간소화한 상아질 결합제이다⁶⁾. Phenyl-P는 1986년에 처음으로 상용 상아질 결합제의 기능성 단량체로 소개되었으며, 상아질 결합제에 30% HEMA와 Phenyl-P 혼합물을 적용할 때, 결합강도가 증가하고, Phenyl-P는 도말층을 통한 HEMA의 침투를 촉진시킨다고 보고되었다¹⁶⁾. CL의 전처리제는 산도가 높지만, 높은 점도로 인해 단량체의 확산이 제한되어 상아질의 강도감소가 작아지며, 이는 상아질 결합제의 미세누출을 감소시킨다¹⁶⁾. CL을 상아질에 적용할 때, 상아질 결합제가 상아세관의 측방관에 침투되었다는 보고도 있지만¹⁷⁾, 그 계면을 TEM으로 관찰한 다른 연구는 대부분의 지역에서 상아질 결합제가 상아세관으로 침투되지 못했다고 보고하였다¹⁸⁻¹⁹⁾.

OP의 결합용 레진은 매개레진으로 구성된다. 매개레진(intermediate resin)은 충전제(filler)를 함유하고 낮은 탄성계수를 갖는 저점도 레진(low viscosity resin, LVR)으로 중합수축, 온도변화, 교합력에 의해 형성되는 내부 응력을 감소시켜, 미세누출을 줄이고 상아질 결합제의 결합강도를 증가시킨다고 보고되었다²⁰⁾.

Fortin 등¹⁰⁾은 CL, OP의 전단결합강도는 다른 상아질 결합제와 유의한 차이가 없다고 보고하였으며, Toru 등¹⁹⁾은 타액과 소의 혈청을 치수내압인 25mmHg로 상아질에 적용

하면서 상아질 결합제를 적용할 때, CL의 결합강도가 SB보다 컸다고 보고하였다. 본 연구에서 CL의 전단결합강도는 도말층을 제거하지 않았을 때, 다른 상아질 결합제와 유의한 차이가 없어 위 연구결과와 일치했지만, 도말층을 제거했을 때에는 CL, OP의 전단결합강도가 다른 상아질 결합제보다 작았다. 이는 CL이 표면조절제없이 산성의 전처리제를 사용하여 산성의 표면조절제를 사용하는 다른 상아질 결합제보다 더 적은 수의 resin tag와¹⁹⁾, 더 얇은 혼성층을 형성하기²¹⁾ 때문으로 생각된다.

본 연구는 미세누출에 관한 연구를 포함하지 않았지만, 상아질 결합제의 탄성계수율을 비교할 때, 미세누출이 작다고 보고된 CL과 OP의 탄성계수율이 다른 상아질 결합제보다 작았다. 그러나, RC 전처리 후, OP의 탄성계수율이 RC 전처리하지 않은 경우보다 커진 것을 관찰할 수 있었다. 따라서, 근관치료 후 위의 상아질 결합제와 콤포짓트레진으로 수복을 한다면, RC를 사용하지 않거나, 추가로 범랑질 산부식을 포함하는 것이 좋을 것으로 사료된다⁴⁾.

미세누출과 전단결합강도에 영향을 미치는 여러 가지 요소 중, 도말층은 방어벽 역할을 하므로 제거하면 안된다는 보고도 있지만²²⁾, 세균에 대해 완벽한 방어벽 역할을 하지 못하고 근관치료제의 항균 효과를 감소시키며 충전제의 결합을 방해하기 때문에 제거하는 것이 유리하다고 보고되었다^{12,13,17)}. 근관세척액의 도말층 제거효과는 용액 자체의 화학적 성질, 양, 온도, 접촉 시간, 표면장력, 세척용 주사침의 도달 깊이, 직경에 의해 영향을 받으며, 차아염소산나트륨, EDTA와 같은 킬레이트 제제나 유기산이 사용되어왔다. Aktener 등²³⁾은 EDTA로 2분간 근관세척할 때 도말층이 완벽하게 제거되었다고 보고하였지만, 유기질과 무기질로 구성된 도말층을 동시에 제거하는 단일 세척제는 없었으며, 차아염소산나트륨과 EDTA를 병용하여 사용할 때 효과적으로 도말층이 제거된다고 보고되었다^{13,24)}. EDTA 전처리는 변연간격형성에 영향을 미치지 않는다고 보고되었지만²⁵⁾, 최근의 연구는 표면조절 후 차아염소산나트륨을 사용하여 탈회된 상아질의 노출된 교원섬유를 제거할 때, 전단결합강도와 변연간격이 증가한다고 하였다²⁶⁾. 본 연구는 도말층 제거를 위해 RC와 차아염소산나트륨을 사용하였으며, 도말층을 제거한 경우, 상아질과 상아질 결합제의 전단결합강도는 커지는 경향을 보였다.

상아질 결합제와 상아질간 결합강도는 공간상아질의 면적에 의해 영향을 받으며, 치수강과 가까워질수록 상아세관의 수와 직경이 증가하여 결합강도가 감소한다²⁷⁾. Suzuki 등²⁸⁾은 치수와 가까운 상아질에 대한 결합강도는 치수에서 먼 상아질의 30~40%라고 하였으며, Tagami 등²⁹⁾은 상아질의 두께와 결합용 레진의 결합강도 사이에 통계적으로 유의한 역비례 관계가 있다고 보고하였다. Burrow 등³⁰⁾은 상아질의 깊이나 나이가 결합강도에 큰 영향을 주지 않지만

치수강에 가까울수록 감소된다고 보고하였으며, Tao 등³¹⁾은 심부 상아질의 resin tag의 길이는 길지만 결합강도는 작다고 하였다. Pashley 등³²⁾은 교합면 상아질이 인접면이나 협측 상아질보다 더 낮은 결합강도를 보인다고 보고하였다. Tao 등³³⁾은 산부식으로 표면에서 도말층을 제거한 경우는 상아질의 깊이에 따라 결합강도에 차이가 있었지만, 도말층이 잔존된 경우는 결합강도에 유의한 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서 전단결합강도는 근단쪽으로 갈수록 증가하는 경향을 보였지만, 도말층 제거가 결합강도에 직접적인 영향을 미치지 않았다.

본 연구에서, RC 전처리한 모든 상아질 결합체의 전단결합강도는 RC 전처리하지 않은 군보다 큰 경향을 보였다. RC 전처리하지 않은 상아질 결합체간 전단결합강도는 차이가 없었지만, RC 전처리한 AB, SB는 CL, OP보다 컸다. 치수강 내부 상아질과 상아질 결합체간 전단결합강도비는 근단쪽으로 갈수록 커지는 경향을 보였고 도말층을 제거할 때, 전단결합강도비가 커진 것을 볼 수 있었다. 이는 치수강 내면의 상아세관 수와 직경이 근단쪽으로 갈수록 감소하기³³⁾때문으로 사료된다.

근관치료할 때, 도말층 제거가 추천되고^{12,15,23)}, 도말층을 제거하면 전단결합강도가 커진다고 보고되어 왔으며²⁶⁾, 본 연구 결과도 이와 일치한다. 그러나, 치아를 협설로 절단한 후 콤포짓트레진을 적용하는 방법을 사용하였기에 실제 근관 안에서 일어나는 중합수축의 영향을 그대로 재현하지 못하였다. 또한, 도말층을 제거하면 변연간격이 커지고⁹⁾ RC는 근관세척과 기구조작 후에도 잔유물이 존재하여 완벽한 근관폐쇄를 방해한다고 보고되었으므로¹³⁾, 향후 이러한 제재의 사용이 치수강 내부 상아질과 상아질 결합체간 미세누출에 미치는 영향에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

4종의 상아질 결합체(AB, CL, OP, SB)를 치수강 내부 상아질에 적용했을 때, 상아질 결합체간 전단결합성질의 차이와, 도말층 제거를 위해 사용되는 EDTA제제(RC)와 차아염소산나트륨이 상아질 결합체의 전단결합성질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 상아질 결합체의 전단결합강도(shear bond strength), 탄성계수율(elastic modulus ratio), 파절시 변위(displacement at fracture) 및 파절시 까지 흡수된 에너지(work up to fracture)를 측정하였고, 동일 치아 내에서 상아질의 부위에 따른 전단결합강도비를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 4가지 상아질 결합체간 전단결합강도를 비교할 때, RC 전처리하지 않은 군에서의 전단결합강도는 각 상아질 결합체간 차이가 없었으며($p>0.05$), RC 전처리 군에서는

AB군과 SB군이 CL군과 OP군보다 컸다($p<0.05$).

- RC 전처리 유무에 따른 전단결합강도를 비교할 때, RC 전처리 군 중 AB군과 SB군의 전단결합강도가 RC 전처리하지 않은 군보다 컸으며($p<0.05$), CL군과 OP군에서는 차이가 없었다($p>0.05$).
- 부위에 따른 전단결합강도비를 비교할 때, RC 전처리하지 않은 군 중 OP 군의 근단쪽층이 교합쪽층보다 컸고($p<0.05$), RC 전처리 군에서는 AB군의 근단쪽층이 교합쪽층보다 컸다($p<0.05$). RC 전처리유무에 따른 전단결합강도를 비교할 때, RC 전처리 군 중 AB군과 CL군의 근단쪽층 전단결합강도가 RC 전처리하지 않은 군보다 컸다($p<0.05$).

참 고 문 헌

- Reeh ES: Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures, *J Endod* 15: 512-516, 1989
- Reeh ES: Stiffness of endodontically-treated teeth related to restoration technique, *J Dent Res* 68: 1540-1544, 1989
- Rhoda S: A comparison of strains generated during placement of five endodontic posts, *J Endod* 17: 450-456, 1991
- Paterno: Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to intral cervical dentin, *Endod Dental Traumatol* 12: 227-236, 1996
- Buonocore: Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, *J Dent Res* 34: 849-853, 1955
- Yusayama: Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin, *J Dent Res* 58: 1364-1370, 1979
- 황선성, 임, 이: 상아질의 경도, 위치 및 잔존 상아질 후경이 상아질에 대한 부위별 미세 전단결합강도에 미치는 영향. 대한치과보존학회지 23: 401-412, 1998
- Edward J. Swift Jr: Effect of low-viscosity resins on the performance of dental adhesives, *Am J Dent* 9: 100-104, 1996
- Portin D: Bond strength and microleakage of current dentin adhesives, *Dent Mater* 10: 253-258, 1994
- Staninec M: Bond strength, interfacial characterization, and fracture surface analysis for a new stress-breaking bonding agents, *J Prosthet Dent* 74: 469-75, 1995
- Cohen S, Burns RC: Pathway of the pulp. 6th edition. CV Mosby 672-689
- Pallares A: The adaptation of mechanically softened gutta percha to the canal walls in the presence or absence of smear layer: a scanning electron microscopic study, *International Endodontic Journal* 28(5): 266-269, 1995
- Sen BH: The smear layer: a phenomenon in root canal therapy, *International Endodontic Journal* 28(5): 141-48, 1995
- Iata Gi: Removal of smear layer in the root canal using oxidative potential water, *J Endod* 22: 643-645, 1996
- 신명균, 안 김: Benzalkonium chloride가 BPDМ/HEMA계 접착제의 상아질 접착에 미치는 영향, 대한치과보존학회지 21: 569-580, 1996
- Ohgira H: Self-etching dentin primers containing Phenyl-P, *J Dent Res* 73: 1088-1095, 1994
- Akçener BO: The penetration of root canal sealers into dentinal tubule: A scanning electron microscopic study,

- International Endodontic Journal 26: 301-305, 1993.
18. Perdigao J : The interaction of adhesive systems with human dentin, *Am J Dent* 9: 167-173, 1996.
 19. Toru N.: Effect of pulpal pressure on adhesion of resin composite to dentin: Bovine serum versus saline, *Quint Int* 26: 221-226, 1995.
 20. Miyazaki M.: Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin, *Dental Mater* 11: 234-238, 1995.
 21. Ferrari M.: In vivo resin-dentin interdiffusion and tag formation with lateral branches of two adhesive systems, *J Prosthet Dent* 76: 250-253, 1996.
 22. Pashley DH.: Dentin Permeability: effects of smear layer removal, *J Prosthet Dent* 46: 531-537, 1981.
 23. Aktener BO : Smear layer removal with different concentrations of EDTA- Ethylene diamine mixture, *J Endod* 19: 228-231, 1993.
 24. Weiger R : Adhesion of a glass ionomer cement to human radicular dentine, *Endod Dental Traumatol* 11: 214-219, 1995.
 25. Soh U. The effect of smear layer removal on marginal contraction gaps, *J of Oral Rehabilitation* 21: 411-417, 1994.
 26. Uno S.: Function of the hybrid zone as a stress-absorbing layer in resin -dentin bonding, *Quint Int* 26: 733-738, 1995.
 27. Olsson. The structure of dentin surfaces exposed for bond strength measurements, *Scan J Dent Res* 101: 180-184, 1993.
 28. Suzuki T, Finger WJ.: Dentin adhesives: site of dentin vs. bonding of composite resins, *Dent Mater* 4: 379-383, 1988.
 29. Tagami J, Tao L.: Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins, *Dent Mater* 6: 45-50, 1990
 30. Burrow MF, Takakura H.: The influence of age and depth of on bonding, *Dent Mater* 10: 241-246, 1994.
 31. Tao L, Pashley DH.: Shear bond strengths to dentin effects of surface treatments, depth, and position, *Dent Mater* 4: 371-378, 1988.
 32. Pashley DH.: Clinical correlations of dentin structure and function, *J Prosthet Dent* 66: 777-781, 1991.
 33. Mjör IA.: The density and branching of dentinal tubules in human teeth, *Archs oral Biol* 41: 401-412, 1996.