도재 수복물 합착시 상아질 접착 술식이 레진 시멘트의 전단결합강도에 미치는 영향

단국대학교 치과대학 보철학교실

강혜진 · 신수연

본 연구에서는 Clearfil™SEBond와 Adapter™SingleBond2를 사용하여 즉시 상아질 접착을 하였을 때 지연 상아질 접착을 하였을 때와 비교해 전단결합강도 및 파절 양상을 관찰하였다.

발치된 구치를 네 군으로 나누어 1군은 대조군으로 치아 삭제 직후 시편을 상아질 접착제를 광중합 후 합착하였고 2군과 3군은 치아 삭제 직후 각각 Clearfil™SEBond와 Adapter™SingleBond2로 즉시 상아질 접착을 한 후 열순환기에 교대침수 시키고 상아질 접착제를 광중합하지 않고 합착하였다. 4군은 삭제 후 아무 처리를 하지 않고 열 순환 후 상아질 접착제를 광중합하지 않고 합착하였다. 이후 만능 시험기로 모든 시편의 전단결합강도를 측정하였으며, 광학현미경으로 파절 양상을 관찰하였다.

측정 결과 대조군이 가장 높은 결합력을 보였고 지연 상아질 접착을 시행한 군에서 가장 낮은 결합력을 보였다. Clearfil™SEBond로 즉시 상아질 접착을 한 군은 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았고, 4군보다 유의하게 높은 결합력을 보였다. Adapter™SingleBond2를 이용하여 즉시 상아질 접착을 한 군은 4군보다 높은 결합력을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 파절 양상에서는 대조군과 2군이 4군에 비해 유의하게 혼합형 파절이 많이 나타났다(p<0.05).

이상의 결과로 보아, 도재 수복물의 합착에 있어서 치아 삭제 후 즉시 상아질 접착제를 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다. 하지만 이때 사용되는 상아질 접착제의 선택에 있어서는 실제 임상 조건에서의 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

주요어: 즉시 상아질 접착, 지연 상아질 접착, 상아질 접착제, 전단결합강도, 도재 수복물, 레진 시멘트

(**구강회복응용과학지** 2012:28(1):67~78)

서 론

최근 환자들의 심미적인 욕구가 증가하면서 라미네이트와 같은 도재 수복물에 대한 관심이 많아지고 있다. 라미네이트 술식은 치아를 보존적으로 삭제한다는 장점이 있다. 하지만 법랑질 표면에만 한정하여 치아를 삭제하려는 노력에도 불구하고 치아가 풍융하거나 배열이 흐트러진 상황에서는 치아 삭제 도중 상아질이 노출될 가능성이 크다. 이런 경우 보철물의 유지력을 위해 상아질 접착제(dentin bonding agent: DBA)의 도포가 필수적이다.

교신저자: **신수연**
단국대학교 치과대학 보철학교실, 충청남도 천안시 신부동 산 7-1, 대한민국
Tel: 82-41-550-1973, E-mail: syshin@dankook.ac.kr
원고접수일: 2012년 1월 22일, 원고수정일: 2012년 3월14일, 원고채택일: 2012년 3월 25일

전통적인 상아질 접착제의 적용 방법으로는 라미네이트 베니어를 시멘트로 합착시킬 때 상아질 접착제를 도포하게 된다. 이 때 수복물의 불완전한 장착을 방지하기 위해 베니어가 위치되기 전에 접착성 레진은 중합되지 않은 상태로 유지하는 것이 임상에서 추천된다.[1,2] 수복물의 장착 전 중합되는 상아질 접착제의 두께는 40μm 미만이 추천되지만, 중합된 상아질 접착제의 두께는 치아 표면 구조에 따라 60-80μm에서 200-300μm에 이르기 때문이다.[1,3] 또한 레진과의 결합에 중요한 역할을 하는 표면의 미중합층(oxygen inhibition layer)의 두께가 40μm에 이르기 때문에, 과도하게 상아질 접착제를 얇게 하는 것은 상아질 접착제와 레진과의 결합을 약화시킬 수 있다.[4] 즉, 라미네이트 베니어의 안착 전에 상아질 접착제를 중합하는 것은 수복물의 완전한 장착을 방해할 수 있다.

하지만 상아질 접착제를 광중합하지 않고 수복물의 합착시 레진 시멘트와 함께 상아질 접착제를 광중합하는 경우, 상아질 접착제를 먼저 중합한 후 레진 시멘트를 중합할 때보다 결합력이 떨어진다고 보고되었다.[2,5] 이것은 상아질 접착제가 미리 중합되지 않은 경우, 수복물의 장착 과정에서 중합되지 않은 상아질-레진 혼성층(dentin-resin hybrid layer)이 붕괴되기 때문이다.[1,6]

이에 최근에는 상아질 접착제의 적용을 최적화하기 위한 새로운 접근이 시도되어 지고 있다.[1,7,8] 즉, 치아를 삭제한 직후 인상채득 전에 상아질 접착제를 적용하는 술식으로 즉시 상아질 접착(Immediate dentin bonding 또는 immediate dentin sealing, IDS)이라고 한다.[9] 그리고 이전의 전통적인 상아질 접착제 적용 방법은 즉시 상아질 접착과 구별되도록 지연 상아질 접착(delayed dentin sealing: DDS)으로 불리운다.[9] 즉시 상아질 접착을 하는 경우 상아질 접착제가 완전히 중합된 후 인상채득이 이루어지므로 수복물이 정확하게 안착될 수 있고, 상아질-레진 혼성층을 보호하여 결합력도 증진된다고 보고되고 있다.[1,7,8,10-12]

Paul과 Shärer[8]는 치아 삭제 직후 상아질 접착제를 적용함으로써 결합력이 상당히 증가함을 보고하였다. 또한 Magne와 Douglas[1]도 상아질 접착제의 적용 방법을 다르게 하여 결합력을 비교한 연구에서 접착제를 수복물의 장착 직전에 적용하는 것보다 치아 삭제 후 인상채득 전에 접착제를 적용한 경우 더 높은 결합력을 보인다고 보고하였다. 또한 필러가 함유된 상아질 접착제를 즉시 상아질 접착에 사용한 경우 상아질-레진 혼성층이 더 균일하고 안정화되어 결합력이 증가한다고 하였다. 이 밖에도 치아 삭제 직후 즉시 상아질 접착 술식을 시행하였을 때 수복물과 상아질 사이의 미세누출을 줄이며,[1,13] 박테리아 등에 의한 오염 및 치수의 민감성도 감소한다고 보고되고 있다.[3,14]

이 논문에서는 라미네이트 등의 심미적인 간접수복물의 합착에 많이 사용되고 있는 레진 시멘트 적용시, 즉시 상아질 접착을 시행하였을 때와 지연 상아질 접착을 시행하였을 때의 레진 시멘트와 상아질과의 전단결합강도 및 파절양상을 비교해 보도록 하였다. 또한 즉시 상아질 접착 술식에서 상아질 접착제로 Clearfil™ SE Bond와 Adapter™ Single Bond 2를 사용하였을 때, 각각의 전단 결합강도 및 파절 양상을 비교해 보고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 상아질 접착제

본 실험에서는 상아질 접착제로 Clearfil™ SE Bond(Kuraray Co., Ltd., Tokyo, Japan)와 Adapter™ Single Bond 2(3M ESPE, Seefeld, Germany)를 사용하였다(Table Ⅰ).

2) 레진 시멘트

도재의 합착을 위한 레진 시멘트로 Variolink® II(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 사용하였다(Table Ⅱ). Variolink® II의 사용시 산 부식

Table Ⅰ. Dentin bonding agents used in this study

Material	Manufacturer	Composition
Clearfil™ SE Bond	Kuraray Co., Ltd., Tokyo, Japan	Primer : dimethacrylate monomer, MDP, HEMA, water, catalyst Bond : MDP, HEMA, dimethacrylate monomer, microfiller, catalyst
Adapter™ Single Bond2	3M ESPE, Seefeld, Germany	Etchant: 35% phosphoric acid, silica thickener Bond: HEMA, Bis-GMA, dimethacrylates, methacrylate, fuctional copolymer of polyacrylic and poly itaconic acid, ethanol, water, nanofiller

MDP : 10-Metacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate
HEMA: hydroxyethyl methacrylate
Bis-GMA: bisphenol A diglycidylether methacrylate

제로 Total Etch™(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를, 상아질 접착제로는 Exite® DSC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 이용하였으며, 도재의 표면 처리를 위해서는 IPS Ceramic etching gel®(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)과 Monobond S(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 치아 시편 제작

손상을 주지 않고 발치된 건전한 구치 40개를 시편에 사용하였다. 발치된 치아는 24시간 동안 과산화수소(H_2O_2)에 침적시킨 후 실험에 사용할 때까지 4°C의 0.9% 생리식염수에 냉장 보관하였

Table Ⅱ. Resin cement used in this study

Material	Manufacturer	Composition
Variolink® II	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Etchant(Total Etch™): 37% phosphoric acid Primer(Exite® DSC): HEMA, DMA, phosphoric acid acrylate, silica, ethanol, nitiators Adhesive Luting resin(Variolink II low viscosity) Base paste : Bis-GMA, UDMA, TGDMA, fillers, pigments and stabilizers Catalyst paste/low viscosity: Bis-GMA, UDMA, TGDMA , fillers, pigments, stabilizers and catalysts IPS Ceramic etching gel®: 5% HF Monobond S: 3-methyacryloxypropyl-trimethoxysilane, water/ethanol solution containing acetic acid set up to pH 4

HEMA: hydroxyethyl methacrylate
DMA: dimethacrylate
Bis-GMA: bisphenol A diglycidylether methacrylate
UDMA: urethane dimethacrylate.
TGDMA : triethylene glycol dimethacrylate
HF: hydrofluoric acid

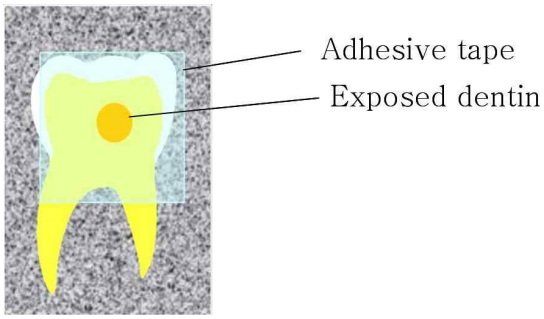


Fig. 1. Schematic draw of prepared tooth specimen

다. 치근의 길이를 짧게 한 후 Ortho-jet(Lang Dental Mfg. Co., Ltd., Wheeling, U.S.A.) 투명 레진에 포매하였고, Model trimmer(Osung, Kimpo, Korea)로 치아의 협면을 삭제하여 직경 5mm 이상의 상아질을 노출시켰다. 노출된 상아질 표면에 일정한 직경(2.44mm)의 펀치로 구멍을 뚫은 셀로판 테이프를 붙여, 일정한 접착 면적과 시멘트 두께를 갖도록 하였다(Fig. 1).

2) 도재 시편 제작 및 표면 처리

직경이 약 2.8mm인 Temporary stopping(DiaDent, Cheong-ju, Korea)을 1.5mm의 두께로 잘라 매몰재(Lamina vest, Shofu Inc., Kyoto, Japan)에 위치시켜 40개의 도재 시편을 위한 몰드를 제작하였다. 몰드에서 Temporary stopping을 제거하고 그 공간에 A1 shade의 도재 (Super Porcelain EX-3, Noritake Kizai Co., Ltd., Nagoya, Japan)를 축성하여 도재 소성로(Vacumat 40®, Vident™, Brea, U.S.A.)에서 소성하였다. 이 후 50㎛의 산화 알루미늄을 약 3기압 하에서 분사하여 대강의 매몰재를 제거하였다. 매몰재가 제거된 도재 표면에 물을 뿌리면서 220번부터 320번까지의 실리콘 카바이드 연마지로 순차 연마하여 두께가 1.2mm±0.2mm가 되도록 하였고, 연마된 도재 시편들을 증류수에 담아 초음파 세척기에 5분간 세척한 후 공기 중에서 건조시켰다. 건조된 도재 시편들은 IPS Ceramic etching gel®로 1분 동안 산부식 시킨 후 실란 결합제인 Monobond S를 도포하였고 10분 동안 실온에서 건조시켰다.

3) 상아질 표면 처리 및 도재 합착

40개의 치아 시편들을 10개씩 4개의 군으로 나누어 Table Ⅲ과 같이 처리하였다.

1군은 대조군으로 치아 삭제 직후 표면 처리된 도재 시편을 Variolink® II 레진 시멘트를 이용하여 노출된 상아질 표면에 합착하였다. 그 과정은 다음과 같다. 삭제된 상아질 표면을 Total Etch™로 15초 동안 산부식 후 물로 씻고 건조시켰다. 그 후 상아질과 도재 시편의 접착면에 Excite® DSC를 적용하고 광중합하였다. 제작한 도재 시편을 Variolink® II 시멘트의 Base paste를 이용하여 상아질 표면에 접착시켰다. 접착시 시멘트의 초기 경화시간인 2~3초 동안 광중합한 후 과잉의 시멘트를 제거하였고, 그 후 80초 동안 광중합하였다. 광중합시 광조사기와 시편 간의 거리는 셀룰로이드판 1매의 두께(약 0.1mm)로 하였다.

2군과 3군의 치아들은 삭제된 상아질 표면에 각각 Clearfil™ SE Bond 와 Adapter™ Single Bond 2를 제조사의 지시대로 적용한 후, 광중합하고, 중성 글리세린 젤리(glycerin gelly)인 Liquid Strip(Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein)을 적용하고 추가적으로 10초 동안 광중합하여 표면의 미중합층(oxygen inhibition layer)을 중합시켰다. 그 후 열 순환기(HA-K178, Tokyo Giken, Tokyo, Japan)에 넣고 5°C와 55°C의 조건에서 30초 동안 침적시키는 방법으로 총 500회 열 순환을 시행하였으며, Variolink® II를 이용하여 도재를 합착시켰는데, 이때는 Excite® DSC를 광중합하지 않았다.

4군의 치아들은 삭제된 상아질 표면에 아무런 처리를 하지 않고 2, 3군과 같이 열 순환기에 500회 교대침수 시켰다. Variolink® II를 이용하여 도재를 합착시켰으며, 이 때도 Excite® DSC를 광중합하지 않았다.

Table Ⅲ. Classification of experimental groups

	Group	N	DBA application	thermo-cycling	etching	Variolink II application		
						adhesive application	adhesive light curing	cemen-tation
1	(Control)	10	x	x	o	o	o	o
2	(IDS, SE)	10	o (SE)	o	o	o	x	o
3	(IDS, SB)	10	o (SB)	o	o	o	x	o
4	(DDS)	10	x	o	o	o	x	o
	Total	40						

C: Control
DBA: dentin bonding agent
IDS: immediate detin sealing
DDS: delayed dentin sealing
SE: Clearfil™ SE bond
SB: Adapter™ Single Bond 2

4) 전단결합강도 측정

모든 치아 시편을 24시간 동안 37°C의 증류수에 저장 후 만능 시험기(Kyung Sung Testing Machine Co., Ltd., Puchun, Korea)를 사용하여 각 군의 전단결합강도를 측정하였다. 5mm/min의 cross-head speed로 상아질과 도재 시편의 접합부에 전단 하중이 가해지도록 시편에 직각 방향으로 힘을 주었다. 도재 시편이 분리되는 시점의 최대 하중(Kg)을 구하고 이를 MPa로 환산하였다. 얻어진 결과는 윈도우용 SPSS® Version 12.0(SPSS Inc., Chicago, U.S.A.)을 이용하여 통계처리하였다. 각 군 간의 통계적 유의성을 검증하기 위하여 one-way ANOVA를 사용하였으며, Scheffe's test로 95% 유의수준에서 사후 검증하였다.

5) 파절 양상 관찰

파절 양상을 관찰하기 위해 광학 현미경(SZ-TP, Olympus, Tokyo, Japan)을 사용하여 40배로 관찰하였다. 시편을 건조시킨 후 파절된 상아질 면의 파절 양상을 관찰하여 다음의 세 가지로 구분하였는데, 상아질 표면에서 레진 시멘트가 깨끗이 탈락하면서 파절이 일어났을 때를 접착성 파절(adhesive failure pattern), 레진 시멘트 내에서 파절이 일어났을 때를 응집성 파절(cohesive failure pattern), 이 둘이 함께 나타난 경우를 혼합형 파절(mixed failure pattern)로 하였다. 이후 Mann-Whitney U Test를 이용하여 95% 유의수준에서 사후 검증하여 각 군 간에 유의한 차이가 있는지 보았다.

결 과

1. 전단결합강도

각 군의 전단 결합 강도의 측정 결과를 Table Ⅳ에 나타내었다. 1군에서 측정된 평균 전단결합강도는 14.86MPa, 2군은 11.18MPa, 3군은 4.11MPa, 4군은 3.14MPa로 1군이 가장 높게, 4군이 가장 낮게 나타났다. 각 군의 측정된 전단결

합강도를 one-way ANOVA와 Scheffe's test로 분석한 결과 1군과 2군은 3, 4군보다 유의성 있게 높은 결합력을 보였다(p<0.05)(Table Ⅴ). 2군은 1군과 유의한 차이를 보이지 않았으며, 3군은 4군보다 높은 결합력을 보였으나 유의한 차이는 없었다(p<0.05)(Table Ⅴ).

2. 파절 양상

1군과 2군에서는 주로 접착성 파절이, 4군에서는 주로 혼합형 파절이 많이 나타났고(Table Ⅵ), Mann-Whitney U test로 검정시 1군과 4군, 2군과 4군 사이에는 파절 양상의 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table Ⅶ).

Table Ⅳ. Results of shear bond strength

Group		Mean	SD	N
1	(Control)	14.86	3.40	10
2	(IDS, SE)	11.18	4.75	10
3	(IDS, SB)	4.11	2.82	10
4	(DDS)	3.14	1.47	10
			Total	40

(unit: MPa)
SD: Standard Deviation

Table Ⅴ. Results of Scheffe's Test of shear bond strength

Group		1 (Control)	2 (IDS,SE)	3 (IDS,SB)	4 (DDS)
1	(Control)				
2	(IDS, SE)				
3	(IDS, SB)	*	*		
4	(DDS)	*	*		

* denotes pair of groups significantly different at level of 0.05.

Table Ⅵ. Distribution of failure modes as observed by optical microscopy

Group	1 (C)	2 (IDS,SE)	3 (IDS,SB)	4 (DDS)
Adhesive failure	10%	20%	60%	90%
Mixed failure	90%	80%	40%	10%
Cohesive failure	0%	0%	0%	0%

Table Ⅶ. Results of Mann-Whitney U test of failure mode

Group		1 (C)	2 (IDS,SE)	3 (IDS,SB)	4 (DDS)
1	(Control)				
2	(IDS, SE)				
3	(IDS, SB)				
4	(DDS)	*	*		

* denotes pair of groups significantly different at level of 0.05.

총괄 및 고안

전통적으로 간접 도재 수복물을 레진 시멘트로 합착시 지연 상아질 접착이 시행되었으며, 치아 삭제 후 임시 수복 기간이 지나 수복물을 합착할 때 상아질 접착이 이루어졌다. 하지만 이것은 상아질과 수복물 사이의 결합에 최적의 조건을 주지 못하는데 수복물과 합착되기 전까지 상아질이 오염될 수 있고,[12,14] 혼성층은 광중합되기 전까지는 쉽게 파괴되어,[1] 수복물과 상아질 사이의 결합력이 감소하기 때문이다. 라미네이트 베니어 등의 도재 수복물에서 치아와의 결합력은 수복물의 수명에 큰 영향을 주기 때문에,[15-18] 최적의 상아질 접착을 위한 새로운 접근이 시도되어 졌고, Bertschinger 등[7]과 Paul 등[8]은 치아 삭제 직후 인상채득 전에 상아질 접착을 하여 결합력을 증가시킬 수 있다고 하였다.

또한, Magne 등[19]은 치아 삭제 직후 즉시 상아질 접착을 하였을 때 지연 상아질 접착시보다 높은 결합력이 나타남을 보고하였는데, 즉시 상아질 접착시 치아 삭제 직후 직접법으로 수복하였을 때와 유의한 차이를 보이지 않을 정도로 높은 결합력을 나타냈다고 보고하였다. 또한 증가된 유지력으로 더욱 보존적인 치아 삭제가 가능해졌다고 하였다.[20] Ozturk와 Aykent[10]도 도재 수복물의 합착시, 즉시 상아질 접착을 하였을 때 지연 상아질 접착보다 더 높은 결합 강도를 보고하였다.

이 밖에도 즉시 상아질 접착시 박테리아의 침투와 상아질의 민감성이 감소한다고 보고되고 있다.[7,8,12] 또한 유한 요소 분석과 주사 전자 현미경을 이용한 실험에서 즉시 상아질 접착시 수복물이 열과 기계적 하중에 더 오래 견딜 수 있으며, 수복물과 상아질 사이의 적합도도 증가하는 것으로 나타났다.[1]

본 실험에서는 Magne 등[9]이 주장한 즉시 상아질 접착 술식 과정을 따랐다. 즉시 상아질 접착 술식시 상아질 접착제와 인상재의 상호작용을 방지하기 위해 상아질 접착제의 중합시 접착층 표면의 미중합층을 제거해야 하는데 이를 위해 본 실험에서도 Clearfil™ SE Bond와 Adapter™ Single Bond 2의 도포 후 Liquid Strip을 상아질 접착제 위에 적용한 후 추가적으로 10초 동안 광중합하고 물로 씻어내어 표면의 미중합층을 제거하였다.

실험 결과는 Clearfil™ SE Bond를 사용하여 즉시 상아질 접착을 한 2군에서 대조군과 유의한 차이를 보이지 않는 전단결합강도를 보였으며, 지연 상아질 접착을 하였을 때보다 유의하게 높은 결합력을 보였다. 또한 Adapter™ Single Bond 2를 사용한 3군에서도 유의한 차이를 보이지 않았지만 지연 상아질 접착시보다 높은 결합력을 보였다. 이와 같은 결과에 다음과 같은 원인을 생각할 수 있다.

첫째로, 삭제된 직후의 상아질이 상아질 접착에 유리한 조건을 제공한다는 점이다.[3,8,14] 본 실

험에서 전단 결합 강도의 측정 결과 열 순환 과정을 거치지 않은 1군에서 가장 높은 결합력을 보였고, 치아 삭제 후 아무런 표면 처리를 하지 않은 4군에서 가장 낮은 결합력을 보였으며, 상아질 접착제로 즉시 상아질 접착제를 적용한 2군에서는 이보다 높은 결합력을 보였다. 특히, Clearfil™ SE Bond를 이용하여 즉시 상아질 접착을 시행한 2군에서는 치아 삭제 직후 아무런 상아질 오염이 일어나지 않은 1군과 전단 결합 강도에서 유의한 차이를 보이지 않았는데 치아 삭제 후 상아질 접착제를 적용함으로써 상아질의 오염을 막을 수 있었기 때문이라고 생각된다. 최근의 연구에서 Magne 등[21]은 즉시 상아질 접착을 한 후 12주 동안의 임시 수복 기간까지는 삭제된 직후의 상아질 접착제와의 결합력을 유지하면서 상아질의 오염을 막을 수 있다고 하였다. 본 실험에서는 증류수가 담긴 수조에 교대침수시켰지만, 실제 구강 안은 음식물의 섭취 등으로 인한 오염이 많아 임상에서는 지연 상아질 술식 시 더 낮은 결합력을 보일 것으로 사료된다.

둘째로, 미리 중합된 상아질 접착제는 결합력을 증진시킨다는 점에서 즉시 상아질 접착시 결합력이 증가함을 설명할 수 있다. McCabe 등[5]과 Dietschi 등[6]은 상아질 접착제를 중합시킨 후 레진 시멘트 또는 콤포짓트 레진 수복물을 중합하였을 때, 상아질 접착제와 수복물 하방의 레진 시멘트, 또는 콤포짓 레진 수복물를 함께 중합시키는 것보다 결합력이 크다고 하였다. 이는 수복물을 위치시키거나 콤포짓 레진을 적용하면서 압력을 가하게 되어 하방의 중합되지 않은 상아질-레진 혼성층이 무너지기 때문으로 알려져 있다.[1,6] 본 실험에서도 대조군인 1군을 제외하고 수복물의 완전한 안착을 위해 Variolink® II의 상아질 접착제인 Excite® DSC를 중합하지 않은 상태에서 도재를 시멘트로 접착한 후 상아질 접착제와 시멘트를 함께 광중합 하였다. 하지만 치아 삭제 직후 즉시 상아질 접착 후의 광중합으로 인해 상아질과의 결합력이 증가하여 2군에서는 대조군인 1군과도 유의한 차이를 보이지 않았다.

한편, 본 연구에서는 즉시 상아질 접착시 Clearfil SE™ Bond와 이전의 Adapter™ Single Bond에 5nm의 나노필러가 함유된 Adapter™ Single Bond 2의 전단 결합 강도를 비교하였는데 그 결과, Clearfil™ SE Bond를 사용한 군에서 Adapter™ Single Bond 2보다 유의하게 높은 전단 결합 강도를 보였다. 이러한 결과의 원인으로 필러를 생각해 볼 수 있는데, 이전의 연구를 살펴보면 Jayasooriya 등[11]은 즉시 상아질 접착에 필러가 함유된 상아질 접착제인 Clearfil™ SE Bond를 사용하였을 때 필러가 함유되지 않은 Adapter™ Single Bond를 사용하였을 때보다 결합력이 더 높다고 보고하였다. 또한 Magne 등[1]은 필러가 함유된 상아질 접착제를 즉시 상아질 접착시 사용하였을 때 더 연속적이고 균일한 층을 형성한다고 하였다. 최근 많은 상아질 접착제가 미세 필러를 포함하고 있는데 보통 접착성 레진은 휘발성 용매에 녹아 있으며 적용 후 용매가 증발하고 접착성 레진이 남게 되어 광중합 된다. 이때 필러는 상대적으로 낮은 점도의 접착성 레진이 균일한 두께를 갖도록 해주고 혼성층을 안정화시킨다.[22] 또한 필러를 포함하는 접착제는 점도가 증가하고 그 결과 두꺼운 접착층을 형성하여 복합레진의 중합 또는 기능시에 발생되는 내부 또는 외부 응력을 분산하고 흡수할 수 있는 역할을 한다.[22] 그러나 필러의 포함에 의해 결합력이 증가하는가에 대해서는 논란이 있다. 만일 필러가 교원섬유 사이로 충분히 침투한다면 혼성층의 인장강도를 증가시켜 강한 결합을 유지할 수 있고, Lee 등[23]도 구강 내의 환경을 재현한 연구에서 필러가 들어있는 상아질 접착제에서 시간에 따른 결합력 감소가 적다고 하였다. 하지만 오히려 필러가 교원섬유 사이로 침투하지 못하고 응집되어 있거나 덩어리로 남아 있는 경우 결합력에 도움이 되지 못한다. 또한 필러의 함량이 10%wt를 넘게 되면 monomer의 침투가 감소하고, 기포가 생겨 오히려 그 결합력이 감소한다.[24] 즉, 상아질 접착제 내의 필러가 얼마나 상아질의 교원섬유 사이로 침투하여 혼성층을 안

정화시키는지에 따라 상아질 접착제의 결합력이 달라질 것으로 생각된다.

본 실험에서는 두 상아질 접착제 모두 필러를 가지고 있었기 때문에 결합력의 차이가 필러보다는 두 상아질 접착제의 시스템의 차이에서 나타난 것으로 사료된다. Adapter™ Single Bond 2는 프라이머와 접착성 레진이 합쳐진 one-bottle system의 상아질 접착제로서 산 부식제의 수세 후 교원섬유의 붕괴를 막고 레진이 침투할 수 있는 환경을 만들기 위해 습윤 상태를 유지하는 것이 필수적이며,[25] 과도한 건조나 과도한 습윤상태가 탈회된 콜라겐을 무너지게 하여 결합력을 감소시킬 수 있다.[26] 반면에, Clearfil SE™ Bond는 자가 부식형 상아질 접착제로써 산부식-프라이머를 단일 과정으로 처리하고 접착제를 도포하게 된다.[27] 이 경우 프라이머가 산성을 가지게 되어 프라이머가 침투하는 만큼 산부식도 일어나게 된다. 즉, 탈회층과 레진침투층이 동일하게 되며 이것은 교원질의 탈수를 막아주며, 습윤 접착(wet-bonding)의 어려움을 배제한다. 그러나 본 실험에서는 발치된 치아를 이용하였고, Adapter™ Single Bond 2의 적용시에는 산부식 후 건조시키는 과정에서 적절한 습윤 상태를 만들기가 어려워 낮은 결합력을 보인 것으로 사료된다. Tay 등[28]도 one-bottle system의 상아질 접착제가 치아의 습윤 정도에 매우 민감하다고 보고한 바 있다.

광학 현미경으로 파절 양상을 비교한 결과, 대조군과 Clearfil SE™ Bond로 즉시 상아질 접착을 시행한 2군에서, 지연 상아질 접착을 시행한 4군보다 유의하게 혼합형 파절이 많이 나타났다. 이는 대조군과 2군에서 4군 보다 유의하게 높은 전단 결합 강도를 보인 것을 확인해 준다. Magne 등[19]도 즉시 상아질 접착을 시행한 군보다 지연 상아질 접착을 시행한 군에서 더 많은 접착성 파절이 일어났다고 하였으며, McCabe 등[5]도 즉시 상아질 접착시 지연 상아질 접착시보다 응집성 파절 및 혼합형 파절이 증가함을 보고하였다. 또한 이번 실험의 모든 시편에서 시멘트와 라미네이트 도재 사이에서는 파절은 일어나지 않았는데, 이는 도재에 산부식과 실란 처리를 통해 결합력을 증진시켰기 때문으로 사료된다. 한편, 미리 중합된 상아질 접착제가 구강 내에 노출되면 물을 흡수하게 되어 상아질 접착제와 수복물 사이의 결합력이 약화될 수 있다는 보고도 있으나,[22,29] Pasley 등[3]의 실험에서는 즉시 상아질 접착 후 100회의 열 순환 하였을 때 상아질 접착제의 미세누출이 증가하지 않았으며 본 연구에서도 500회의 열 순환을 시행하였으나 미리 중합된 상아질 접착제와 시멘트 사이의 파절은 나타나지 않았다. 이는 이전에 중합된 상아질 접착제인 Clearfil™ SE Bond 또는 Adapter™ Single Bond 2와 나중에 시멘트의 합착시 중합된 상아질 접착제인 Excite® DSC 사이에서, 상아질과 이전에 미리 중합된 상아질 접착제와의 결합보다 더 강한 결합이 이루어졌음을 보여주며 이와 같은 결과의 원인으로 남아있는 자유라디칼과, 반데르 발스 힘, 미세 기계적 결합 등이 보고되고 있다.[19,30,31] 또한 주사 전자 현미경으로 치아와 수복물 사이의 계면을 관찰한 결과, 전통적인 지연 상아질 접착시에는 상아질-레진 혼성층과 그 위의 레진 시멘트 사이에 틈이 있었으나 즉시 상아질 접착에서는 틈이 생기지 않았다고 보고되었다.[1]

본 연구에서는 실험상의 한계가 있었는데 라미네이트 도재 수복 과정을 재현하는 과정에서 구치를 이용하였으나 실제 임상에서는 주로 심미 수복은 전치부에서 이루어진다는 점에서 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다. 또한 발치 후에 상아질 접착제를 적용하여 습윤 접착이 중요한 one-bottle system의 접착제에 불리한 환경이었으므로, 접착 시스템이 다른 Clearfil SE™ Bond와 Adapter™ Single Bond 2에서 객관적인 결과를 얻기가 어려웠다. 향후 전치를 이용한 연구 및 발치 전 구강 내에서 상아질 접착 과정을 시행하도록 하는 등의 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서는 레진시멘트를 이용하여 도재 수복물의 합착시 즉시 상아질 접착과 지연 상아질 접착을 하였을 때의 전단결합강도 및 파절 양상을 비교하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서의 전단결합강도의 비교시, 치아 삭제 직후 상아질 접착제를 광중합하고 도재를 합착한 대조군에서 가장 높은 결합력을 보였다.
2. 즉시 상아질 접착과 지연 상아질 접착의 전단결합강도를 비교시,
   1) Clearfil™ SE Bond로 즉시 상아질 접착시 지연 상아질 접착을 하였을 때보다 유의하게 높은 결합력을 보였고(p<0.05),
   2) Adapter™ Single Bond 2 로 즉시 상아질 접착시 지연 상아질 접착을 하였을 때보다 높은 결합력을 보였으나 유의한 차이는 없었다.
3. 즉시 상아질 접착 술식에서 사용된 상아질 접착제에 따른 전단결합강도를 비교시, Clearfil™ SE Bond 를 사용하였을 때 Adapter™ Single Bond 2 를 사용하였을 때보다 유의하게 높은 결합력을 보였다(p<0.05).
4. 파절양상을 비교한 결과, 대조군과 Clearfil™ SE Bond 로 즉시 상아질 접착시, 지연 상아질 접착을 하였을 때보다 유의하게 혼합형 파절이 많이 나타났다(p<0.05).

이상의 결과로 보아, 도재 수복물의 합착시 결합강도는 치아 삭제 후 즉시 상아질 접착제를 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다. 하지만 실제 임상 조건과 유사하게 전치를 이용한 연구와 동일한 접착 시스템의 상아질 접착제를 이용하는 실험이 더 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Magne P, Douglas WH. Porcelain veneers: dentin bonding optimization and biomimetic recovery of the crown. Int J Prosthodont 1999;12:111-21.
2. Frankenberger R, Sindel J, Krämer N, Petschelt A. Dentin bond strength and marginal adaptation: direct composite resins vs ceramic inlays. Oper Dent 1999; 24:147-55.
3. Pashley EL, Comer RW, Simpson MD et al. Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. Oper Dent 1992;17:13-20.
4. Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. J Dent Res 1990;69:1652-58.
5. McCabe JF, Rusby S. Dentin bonding-the effect of pre-curing the bonding resin. Br Dent J 1994;176: 333-6.
6. Dietschi D, Herzfeld D. In vitro evaluation of marginal and internal adaptation of class II resin composite restorations after thermal and occlusal stressing. Eur J Oral Sci 1998;106:1033-42.
7. Bertschinger C, Paul SJ, Luthy H, Schärer P. Dual application of dentin bonding agents: Its effect on the bond strength. Am J Dent 1996;9:115-119.
8. Paul SJ, Schärer P. The dual bonding technique: A modified method to improve adhesive luting procedures. Int J Periodontics Restorative Dent 1997;17:536-45.
9. Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. J Esthet Restor Dent 2005;17:144-55.
10. Ozturk N, Aykent F. Dentin bond strengths of two ceramic inlay systems after cementation with three different techniques and one bonding system. J Prosthet Dent 2003;89:275-81.
11. Jayasooriya PR, Pereira PN, Nikaido T, Tagami J. Efficacy of a resin coating on bond strengths of resin cement to dentin. J Esthet Restor Dent 2003;15: 105-13.
12. Paul SJ, Schärer P. Effect of provisional cements on the bond strength of various adhesive bonding systems on dentinine. J Oral Rehabil 1997;24:8-14.
13. Jayasooriya PR, Pereira PN, Nikaido T et al. The effect of a “resin coating” on the interfacial adaptation of composite inlays. Oper Dent

2003;28:28-35.
14. Cagidiaco MC, Ferrari M, Garberoglio R, Davidson CL. Dentin contamination protection after mechanical preparation for veneering. Am J Dent 1996;9:57-60.
15. Dumfahrt H. Porcelain laminate veneers. A retrospective evaluation after 1 to 10 years of service: part II-clinical results. Int J Prosthodont 2000;13; 9-18.
16. Friedman MJ. A 15-year review porcelain veneer failure- a clinician's observations. Compend Contin Educ Dent 1998;19:625-28.
17. Inokoshi S, Willems G, Van Meerbeek B et al. Dual-cure luting composites: Part I: Filler particle distribution J Oral Rehabil 1993;20:133-46.
18. Sjögren G, Molin M, Van Dijken J, Bergman M. Ceramic inlay(Cerec) cemented with either a dual-cured or a chemically cured composite resin luting agent. A 2-year clinical study. Acta Odontol Scad 1995;53:325-30.
19. Magne P, Kim TH, Cascione D et al. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. J Prosthet Dent 2005;94:511-9.
20. Magne P, Perroud R, Hodges JS, Belser UC. Clinical perfomance of novel-design porcelain veneers for the recovery of coronal volume and length. Int J Periodontics Restorative Dent 2000;20:440-57.
21. Magne P, So WS, Cascionr D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration. J Prosthe Dent 2007;98:166-74.
22. Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. Biomaterials 2005;26:6449-59.
23. Lee SY, Greener EH, Covey DA, Menis DL. Effects of food/oral simulating fluids on microstructure and strength of dentin bonding agent. J Oral Rehabil 1997;23:353-61.
24. Miyazaki M, Ando S, Jiniura K et al. Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. Dent Mater 1995;11: 234-238.
25. Kanca J. Resin bonding to wet substrates. I. Bonding to dentin. Quintenssence Int 1992;23:39-41.
26. Ferrari M, Tay FR. Technique sensitivity in bonding to vital, acid, etched dentin. Oper Dent 2003;28:3-8.
27. Watanabe I, Nakayabashi N, Pasley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. J Dent Res 1994;73:1212-1220.
28. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Micromorphological spectrum from over drying to over-wetting acid conditioned dentin in water-free acetone-based single bottle primer/adhesives. Dent Mater 1996;12:236-44.
29. Burrow MF, Inokoshi S, Tagami J. Water sorption of several bonding resins. Am J Dent 1999;12:295-8.
30. Suh BI. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. J Esthe Restor Dent 2004;16:316-23.
31. Papacchini F, Dall'Oca S, Chieffi N et al. Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: effect of surface treatment and oxygen inhibition. J Adhes Dent 20007;9 :25-31.

An effect of Dentin Bonding Procedure on the Shear Bond Strength of Resin Cement to Porcelain Restoration

Hae-Jin Kang, D.D.S., Soo-Yeon Shin, D.D.S.,M.S.D.,Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to determine whether there were differences in shear bond strength to human dentin using IDS technique compared with DDS. Forty freshly extracted human molars were and devided into 4 groups. The control group specimens were, on the morrow of tooth preparation, light-cured after application of dentin bonding agent and cemented with resin cement. The IDS/SE(immediate dentin sealing, Clearfil™ SE Bond) and IDS/SB (immediate dentin sealing, Adapter™ Single Bond 2) specimens were, on the morrow of tooth preparation, light-cured after application of dentin bonding agent(Clearfil™ SE Bond and Adapter™ Sing Bond 2, respectively), whereas DDS specimens were not treated with any dentin bonding agent. IDS/SE, IDS/SB and DDS specimens were thermocycled. Following that delay, specimens were cemented with resin cement. The dentin bonding agent was left unpolymerized until the application of porcelain restoration. Shear bond strengths were measured using a universal testing machine. Specimens also were evaluated for mode of fracture using an optical microscope. The mean shear bond strengths of control group and IDS/SE groups were not statistically different from one another. The bond strength of IDS/SE group had a significantly higher mean than that of DDS group. There was no significant difference in the mean shear bond strength between IDS/SB(4.11MPa) and DDS group. The evaluation of failure modes indicates that most failures in the control group and IDS/SE groups were mixed, whereas failures in the DDS group were interfacial. When preparing teeth for indirect ceramic restoration, IDS with Clearfil™ SE Bond results in improved shear bond strength compared with DDS.

Key words: Ceramic restoration, Delayed dentin sealing, Dentin bonding agent, Immediate dentin sealing, Resin cement, Shear bond strength

Correspondence to : Soo-Yeon Shin
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University,
San 7-1, Shinbu-Dong, Cheonan, Choongnam, 330-716, Korea
Tel: +82-41-550-1973, E-mail: syshin@dankook.ac.kr
Received: January 22, 2012, Last Revision: March 14, 2012, Accepted: March 25, 2012