

7세대 상아질 접착제(i-bond)의 전단 결합강도

가톨릭대학교 임상치과대학원 보철학과, ²구재홍 치과의원,
³가톨릭 대학교 의정부 성모병원 치과 보철과

¹²구 재 홍, ¹³차 현 석

ABSTRACT

Shear bond strength of 7th generation dentin bonding agent

Graduate School of Clinical Dental Science,
The Catholic University of Korea
Goo Jae Hong, DDS, MSD, Cha Hyun Suk, DDS, MSD

Purpose : The objective of this study was to evaluate shear bond strength of seventh generation dentin adhesive system (i-bond).

Materials and Methods : Specimens were obtained from 48 extracted human molars. Twelve dentin specimens were randomly assigned to each of 4 different adhesive systems (Prime & bond NT; One up bond; Prompt L-pop; I-bond). The occlusal surfaces of molars were grounded flat to expose dentin surface and 4 different bonding systems were applied according to the manufacturer's instructions. The plastic molds were placed on the bonded surface, and composite resin (Z250) were added on that surface and light irradiated for 40 sec. The resin-bonded teeth were stored in water (37°C) for 24 hours, and these specimens were tested in a shear mode at a cross-head speed of 1.0mm/min using an Instron testing machine. The data for each groups were subjected to an Tukey multiple comparisons test ($p=0.05$).

Results : i-bond exhibited significantly lower bond strength (7.41 ± 1.39 MPa) than Prime & bond NT (19.69 ± 5.05 MPa) and One up bond (10.84 ± 2.91 MPa) ($p<0.05$). Prompt L-pop (10.38 ± 2.02 MPa) and i-bond were not significantly different ($p>0.05$).

Fracture surface of i-bond indicated adhesive fracture. One up bond and Prompt L-pop indicated adhesive/cohesive complex fracture, and Prime & bond NT indicated cohesive fracture.

Key Words ; 7th generation dentin bonding agent, shear bond strength, fracture surface, i-bond

correspondence to : 차현석 DDS, MSD 가톨릭대학교 의정부 성모병원 치과 보철과, 경기도 의정부시 금오동 65-1,
Tel : 031-820-3184, Fax : 031-847-2894, E-mail : chahyunsuk@hanmail.net

서론

법랑질에 대한 접착과는 달리 상아질 접착은 좀 더 어렵고 예측하기 힘들다고 알려져 있다.¹⁾ 상아질은 유기질이 상당량 포함되어 있고 도말층이 덮여 있어 그 접착기전이 복잡하고 접착에 보다 많은 요소가 관여하고 있다. 따라서 치아 표면에 레진 수복 재료를 접착시키기 위한 접착제는 상아질에 대한 접착을 향상 시키는데 주안점을 두고 여러 세대에 걸쳐 발전 되어 왔다.

상아질 접착제는 'total-etch' 개념이 소개되면서 많은 발전이 이루어 졌으며 이는 전처리제로 도말층을 완전히 제거하는 것으로, Fusayama 들은 40% 인산 용액으로 상아질과 법랑질을 함께 산부식 처리하는 'total-etch'를 시도하였다.²⁾ 이 개념은 탈회된 상아질로 레진이 침투하여 혼성층 (hybrid layer)을 형성하는데, 이는 Nakabayashi에 의해 처음으로 자세하게 보고되었다.³⁾ 유사한 현상이 Gwinnett과 Matsui에 의해 in vitro 로 처음 서술되어, 후에 Simmelink 들에 의해 확인되었고, Gwinnett과 Ripa에 의해 in vivo로 확인되었다.^{4,5,6)}

Kanca는 상아질 표면을 습윤한 상태로 남겨서 콜라겐의 수축을 방지하고 친수성 프라이머 용액을 도포하여 하이브리드층을 형성하는 wet-bonding법을 제시하였다.⁷⁾ 하지만 임상 응용시 상아질의 적절한 습윤 상태를 일정하게 유지하는데 어려움이 있으며, 상아질은 과습윤 또는 과건조되어 적절한 결합을 얻는데 문제가 있을 수 있다.^{8, 9)}

현재 사용중인 제 5세대 상아질 접착제에는 두 종류가 있는데, 첫 번째는 프라이머와 접착용 레진을 혼합한 용액을 산 부식된 법랑질과 상아질에 적용하는 접착제인 'one-bottle system'이 있으며, 두 번째는 산부식제와 프라이머를 혼합한 산성 프라이머로 법랑질과 상아질을 처리한 후 접착용 레진을 도포하는 접착제로 'self-etching primer system'이 있다.^{10,11)}

최근에는 self-etching primer와 bonding resin 기

능을 조합시켜 한 가지 용액으로 법랑질과 상아질을 일괄 처리하여 적절한 접착을 이룰 수 있게 하는 제 6세대 상아질 결합제가 개발되었는데, 이 경우에도 아직 두개의 용액을 혼합해서 사용하여야 하는 번거로운 문제가 있다. 가장 최근에는 이를 더 단순화하여 두 용액을 혼합하는 과정을 줄여 한 가지 용액을 도포하도록 단순화시킨 제 7세대 상아질 결합제 i-bond가 소개되었다.

Dunn은 i-bond (Kulzer, Germany)가 접착 술식의 단순화 과정으로 술자의 임상 술식에 따른 차이를 감소시킬 수 있고, 전단결합강도와 변연부 봉쇄 (marginal seal) 등의 특성도 제 6세대 상아질 결합제와 큰 차이가 없다고 하였다.¹²⁾ 그러나 Fritz와 Finger는 자가부식 시스템을 이용하는 상아질 결합제의 상아질에 대한 전단결합강도는 낮다고 보고하였다.¹³⁾

본 연구에서는 최근에 소개된 i-bond의 상아질에 대한 결합 특성을 Prime & bond NT, One up bond F, Prompt L-pop와 비교하기 위하여 전단결합강도를 측정하고 접착 계면에서의 파괴양상을 관찰하였다.

연구 재료와 방법

1. 실험 재료

본 연구에서 사용된 접착제로는 Prime & bond NT(Dentsply, USA), One Up bond F(Tokuyama Corp, Japan), Prompt L-Pop(3M ESPE, Germany), i-bond (Kulzer, Germany)였으며 (Table 1), 충전용 복합레진은 Z250 (3M ESPE, USA)을 사용하였다. 상아질 시편은 발거된 사람의 구치 48개를 사용하여 4종의 접착제에 각각 12개씩 사용하였다.

2. 시편제작:

우식에 이환 되지 않은 발거된 대구치를 레진 블록 (Orthodontic Resin, Dentsply)에 포매하고 증

Table 1. The dentin bonding systems used in this study.

Group	Generation	Product (manufacturer)	Clinical procedure
Control group	5th	Prime & bond NT (Dentsply, USA)	1. Apply etching for 15sec 2. Rinse for 15sec 3. Apply bonding agent for 20sec 4. Air blow gently 5. Light cure for 10sec
	6th	One up bond F (Tokuyama Co, Japan)	1. Mix A and B 2. Apply for 20sec 3. Light cure for 10sec
Test group	6th	Prompt L-pop (3M ESPE, Germany)	1. Mix A and B 2. Apply for 15sec 3. Air dry until even shine appeared 4. Light cure for 10sec
	7th	i-bond (Kulzer, Germany)	1. Coat 3 times to surface 2. Wait for 30sec 3. Air dry until glossy appeared 4. Light cure for 20sec

류수에서 냉장 보관하였다. 교합면의 노출된 상아질 직경은 3 mm 이상이 되도록 레진 블록을 다이아몬드 버와 #600 사포로 연마하여 상아질을 노출시키고 초음파 세척한 후 증류수에 보관하였고, 1 시간 이내에 사용하였다. 준비된 시편의 노출된 상아질 면에 4종의 상아질 접착제를 제조사의 설명서에 따라 도포 후 광중합을 하여 각각 12개씩의 시편을 준비하였다. i-bond는 실험군으로 하였고

Prime & bond NT, One up bond F, Prompt L-pop를 대조군으로 하였다.

플라스틱 몰드 (직경 3mm, 높이 2 mm)를 블록 위에 고정하고 복합레진 (Z250, A2)을 충전하고 잉여분 레진은 블레이드로 제거 후, 40초 광조사하여 중합한 후 몰드를 제거하였다.

3. 전단결합강도 측정과 파절양상 관찰

시편은 37°C 증류수에 24시간 보관한 후 만능 시험기 (Instron 4465, England)를 사용하여 crosshead speed 1mm/min의 조건으로 최대 하중 값을 측정하였고, 상아질과의 접착 단면적을 이용하여 전단결합강도 값을 계산하였다. 전단결합강도 측정 후 각 접착 계면에서의 파절 양상은 광학현미경(Nikon SMZ-U, Japan)을 이용하여 관찰하였다 (magnification×10).

4. 통계분석

실험에 의해 얻어진 전단결합강도 값을 Tukey multiple comparisons test를 이용하여 각 군 간의 유의성을 분석하고 유의수준 5% 에서 검정하였다.

연구 성적 및 결과

1. 전단결합강도

각각의 접착제의 평균 전단결합강도는 높은 값으로부터 Prime & bond NT (19.69 MPa), One up bond F (10.84 MPa), Prompt L-pop (10.38 MPa),

Table 2. Shear bond strengths & type of fracture of four dentin adhesive systems.

Group	Generation	Adhesive	N*	Bond strength(Mean±SD, MPa)	Mode of fracture
Control group	5th	Prime & bond NT	12	19.69±5.05a	Cohesive
	6th	One up bond F	12	10.84±2.91b	Cohesive & adhesive
		Prompt L-pop	12	10.38± 2.02b, c	Cohesive & adhesive
Test group	7th	I-bond	12	7.41 ± 1.39c	Adhesive

note : N* = number of specimens,
a,b,c = adhesive systems with the same superscript letters within column are not statistically different (p>0.05).

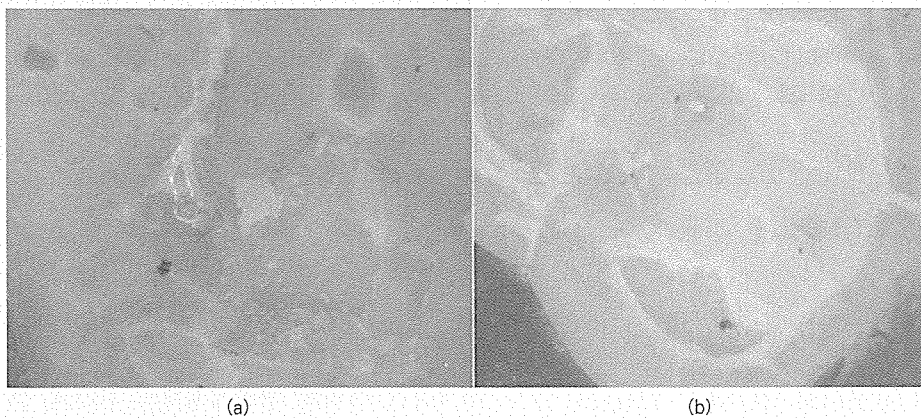


Fig 1. Fractured surface of Prime & bond NT group ($\times 10$):
 (a) shows cohesive fractured dentin, (b) shows remnant of bonding adhesive.

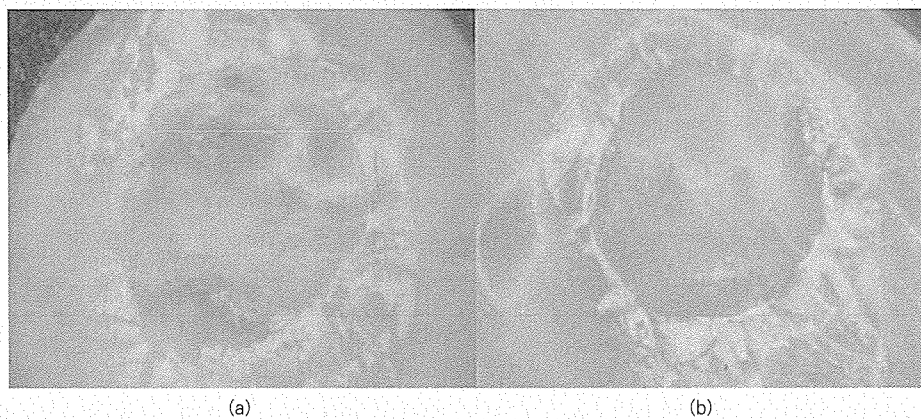


Fig 2. Fracture surface ($\times 10$) of One up bond group (a) and Prompt L-pop group (b): shows remnant of resin or bonding adhesive.

i-bond (7.41 MPa) 순으로 높았다(Table 2).

통계적으로 Prime & bond NT와 i-bond 간에는 유의성을 보였고 ($p < 0.05$), One up bond F와 i-bond 간에도 유의성을 보였고, One up bond F와 Prompt L-pop 간에는 유의성이 없었고, Prompt L-pop과 i-bond 간에도 유의성이 없었다 ($p < 0.05$) (Table 2).

2. 접착 계면 관찰

Prime & bond NT에서는 상아질이 파괴



Fig 3. Fracture surface ($\times 10$) of i-bond group: fracture occurred between dentin surface and dentin bonding agent.

되어 콤포지트 레진에 상아질 일부분이 접착되어 있거나 접착제 내부 또는 콤포지트 레진에서 파괴가 일어나는 응집파괴(cohesive fracture) 양상이 일어났다(Fig. 1). Fig. 1의 좌측 시편에서는 콤포지트 레진 접착부위 우측 중앙에서 상아질이 파괴된 모습을 볼 수 있고, 우측 시편에서는 상아질 위에 대부분이 레진으로 덮여 있는 것을 볼 수 있었다.

One up bond F (Fig. 2a)와 Prompt L-pop (Fig. 2b)에서는 파절면에 약간의 레진이 잔류하는 응집파괴(cohesive fracture)와 접착파괴(adhesive fracture)가 혼합된 혼합파괴를 볼 수 있었다. i-bond에서는 파절면에 잔류하는 레진이 거의 없었고, 상아질과 접착제 계면에서 접착파괴(adhesive fracture) 양상이 관찰되었다 (Fig. 3).

총괄 및 고찰

상아질 접착제는 접착기전에 따라 여러 단계로 발전되어 왔고 제 4세대 상아질 접착제부터는 인산으로 산부식 처리 후 친수성 프라이머를 적용하여 향상된 접착력을 얻을 수 있었으며, 범랑질과 상아질의 일괄처리가 가능하게 되었다. 그러나 제 4세대 상아질 접착제의 경우 여러 단계의 술식을 거쳐야 하므로 사용에 다소 불편한 점이 있었고, 시술자에 따라 접착강도가 크게 차이를 보이는 문제가 제기되었다. Silverstone은 여러 접착 과정으로 타액 오염 가능성이 증가하여 접착강도가 감소할 수 있다고 보고하였으며, 타액이나 혈액으로 오염될 경우 다단계 접착 과정을 처음부터 반복해야만 하는 어려움이 있다.¹¹⁾ 또한 적절한 wet bonding을 위하여 처리한 상아질의 습윤한 상태 차이가 접착강도와 술후 민감성 등에 크게 영향을 줄 수 있다.

이를 보완하기 위해서 산부식제, 프라이머 및 접착 레진 등 3가지 성분을 부분적으로 결합시킨 제 5세대 상아질 접착제가 개발되었다. 제 5세대 상아질 접착제는 접착 술식 단계를 감소하여 임상적용

을 단순화할 수 있는 'One-bottle system' 과 탈회된 교원섬유의 수축을 방지할 수 있는 '자가부식형 프라이머 (self-etching system)' 가 있다.¹⁵⁾ 'One-bottle system'은 범랑질과 상아질을 한번에 산부식 처리한 후 프라이머와 접착 레진이 혼합된 용액으로 한 번에 처리하는 상아질 접착제이다. 자가부식 시스템은 산성의 기능성 모노머를 포함한 프라이머로 상아질과 범랑질을 한번에 처리하여 산부식 처리와 동시에 모노머를 상아질 내로 침투시킬 수 있는 상아질 접착제이다.

제 6세대 상아질 접착제에서는 부식제, 프라이머 및 접착 레진 등 3가지 성분 모두가 하나의 용액으로 혼합되어 있어 접착 술식을 더욱 단순화하였다.¹⁵⁾ 이 접착제는 두 번 처리하는(2단계 자가부식 시스템) 자가부식형 프라이머와 구별하여 한 번만 처리하는(1단계 자가부식 시스템) 자가부식형 접착제이다. 최근 Freedman와 Dunn은 이를 더 단순화하여 용액 두개를 혼합하여 사용하는 6세대 자가부식형 접착제와 구별하여 혼합과정이 필요 없는 한 용기 안에 한 용액이 들어 있는 자가부식형 접착제인 i-bond를 제 7세대 상아질 접착제라고 명명하였다.^{16,12)} 6세대와 7세대 접착제는 모두 1단계 자가부식형 상아질 접착제로 산부식 처리 후 수세와 건조 그리고 재습윤처리 과정 없이 산부식과 동시에 레진 모노머가 상아질 내로 침투되므로 건조에 의한 교원 섬유 수축 가능성을 감소할 수 있으며 상아질 표면에 수분이 과도하게 잔류하여 레진의 침투를 방해하거나 레진내 수분이 함유되어 결합강도가 약화되지 않는다고 하였다.

기존의 산부식형 상아질 접착제는 산부식과 레진 모노머의 침투가 분리된 과정으로 진행되어서 탈회된 깊이까지 레진 모노머가 침투하지 못하여 결합강도가 약화될 수도 있는데, 자가부식형 상아질 접착제는 산처리제와 함께 레진 모노머의 침투가 일어나므로 탈회한 깊이만큼 충분한 레진이 침투될 수 있다. 탈회 깊이와 동일하게 레진이 침투될 경우 물의 흡수에 따라 가수분해 될 수 있는 노출된

교원 섬유 생성을 억제할 수 있다고 한다.¹⁷⁾ 레진에 의해 보호되지 않고 노출된 교원 섬유는 수분의 침투 경로가 되어 미세누출과 가수분해로 인해 결합 내구성을 단축시킬 수 있다.

또한 자가부식형 상아질 접착제는 상아질 면에서 탈회 후 수세하지 않으므로 교원섬유에는 수산화인회석이 부분적으로 잔류하여 혼성층 형성에 의한 접착뿐만 아니라 무기물에 대한 화학적 결합력도 기대할 수 있어 산부식형 상아질 접착제 보다 변연 적합성이 우수하다고 한다.¹⁸⁾ 그 외에도 i-bond는 접착과정을 단순화하여 시술 시간을 더욱 감소하였고, 제 4세대와 5세대 상아질 접착제가 요구하는 습윤(wet field)에 대한 부담이 없으며, 제 6세대 상아질 접착제에서의 혼합 과정을 생략하여 시술 민감성을 감소할 수 있다고 하였다.¹⁹⁾ 또한 i-bond의 상아질 전단결합강도는 18-25MPa 라고 보고가 있으며, 술후 민감성을 감소할 수 있는 "Gluma"를 함유하고 있다고 하였다.¹²⁾

그러나 레진계 수복 재료를 치아에 효과적으로 접착시키기 위한 접착제는 젖음성, 산도, 투과능 및 강도 등 여러 가지 특성이 요구되는데, 단일한 화학 성분으로 이러한 특성을 얻는다는 것은 매우 어렵다. 법랑질과 상아질을 일괄 처리하는 1단계 자가부식 시스템은 젖음성과 안정성 등이 다소 떨어지고 전체적인 접착 능력이 감소하는 것으로 보고되었다.²⁰⁾ 또한 Pashley는 친수성인 1단계 자가부식 시스템은 물을 흡수하여 water-filled channels (water trees)을 형성할 수 있는데 이 경우 결합력은 매우 낮아진다고 하였다.²¹⁾ 또한 1단계 자가부식 시스템의 경우 접착 레진 자체가 약산성이지만, 35% 인산과 유사하게 법랑질을 산부식시킬 수 없고 수세 과정을 거치지 않기 때문에 산 또는 용매로 사용되는 물 성분이 접착 계면에 잔류할 수 있으므로 그 효과에 대해서 많은 논란이 있었지만, 아직까지 그에 대한 연구 보고는 많지 않은 실정이다. Fabianelli 들은 1단계 자가부식 시스템이 불안정한 산성 모노머와 법랑질을 산부식 하기에 부적

절한 산도를 가지고 있어서 법랑질 접착에는 효과적이지 않다고 지적하였고, Fritz와 Finger는 상아질에서도 1단계 자가부식 시스템이 낮은 전단결합강도를 보인다고 하였다.^{22,13)}

본 연구에서는 i-bond의 전단결합강도가 7.41 ± 1.39 MPa로 Prime & bond NT (19.69 ± 5.05 MPa)와 One up bond F (10.84 ± 2.91 MPa) 보다 유의하게 낮고 ($p < 0.05$), Prompt L-pop (10.38 ± 0.02 MPa)과는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$). i-bond의 전단결합강도 (7.41 ± 1.39 MPa)는 Munksgaard와 Asmussen이 중합수축에 의한 변연 간극을 방지하기 위하여 제시한 17 MPa 보다 낮은 결합력이다.²³⁾ 6세대와 7세대 상아질 접착제의 전단결합강도가 낮은 이유는 불안정한 산성 모노머에 의한 것이라고 추정하고 있다.¹⁵⁾

또한 Satoshi는 1단계 자가 부식 시스템이 2단계 자가 부식 시스템 보다 많은 용매를 함유하고 있어 레진층 두께가 불충분하게 형성 되는 것도 영향을 줄 수 있으므로 6세대와 7세대 상아질 접착제에서는 중합수축 때 발생하는 중합수축 응력을 보상할 수 있을 정도로 충분한 두께의 레진층이 형성되도록 dry spots를 갖는 glossy film을 확인하는 것이 중요하다고 말하였다.²⁴⁾

Pashley는 1단계 자가 부식 시스템이 얇은 접착제 두께 (5-10 μ m)로 인해 공기 중의 산소가 접촉하여 산소 억제층을 형성하여 불완전한 중합을 유도하여 결합력을 약화 시키므로 이러한 얇은 산소 중합 억제층(thin oxygen-inhibited layers) 형성에 의한 영향을 감소하기 위하여는 콤포짓트 레진과 혼성층사이의 접착제의 두께가 20-50 μ m 정도 되어야 한다고 하였다.²¹⁾ 또한 6세대와 7세대 상아질 접착제에서는 도말층을 제거하지 않는데, Barkmeier 들은 도말층 제거과정 없이도 19.4 ± 3.1 MPa의 전단결합강도를 얻을 수 있다고 보고했지만, Watanabe 들은 도말층이 잔류하는 상아질에의 결합강도가 10.4 MPa이라고 보고하였으며 도말층은 접착 레진에 의해 강화되더라도 아주 약한 구조이

기 때문에 완전히 도말층을 제거하는 것을 추천하였다.^{25,26)}

광학현미경으로 파절 양상을 관찰한 결과에서 Prime & bond NT의 경우는 상아질이 파괴되어 콤포짓트 레진에 상아질 일부가 접착되어 있거나 접착제 내부 또는 콤포짓트 레진에서 파괴가 일어나는 응집파괴 양상을 볼 수 있었다. One up bond F 와 Prompt L-pop에서는 파단면에 약간의 레진이 잔류하는 응집파괴와 접착 파괴의 혼합 파괴 양상을 볼 수 있었지만, i-bond에서는 파단면에 레진이 거의 잔류하지 않는 상아질과 접착제 계면에서

의 접착파괴 양상이 관찰되었다. 광학현미경 사진 관찰에서도 i-bond의 상아질에서 전단결합강도의 개선 효과를 얻을 수 없었다.

본 연구 결과에서 i-bond는 접착 과정의 단순화와 임상적 술식의 간편성으로 보다 임상에서 유용할 수 있으나 Prime & bond NT, One up bond F, Prompt L-pop와 비교하여 상아질에 대한 전단결합 강도의 개선 효과는 없었다. 하지만 최종 결론을 위해서는 i-bond에 대한 종합적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- White GJ, Beech DR, Tyas MJ. Dental smear layer: an asset or a liability for bonding? *Dent Mater.* 1989;5(6):379-383.
- Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res.* 1979;58:1364-1370.
- Nakabayashi N. Resin reinforced dentin due to infiltration of monomers into dentin at the adhesive interface. *Dent Mater J.* 1982;1:78-81.
- Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives. The Physical relationship between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol Dec.* 1967;12(12):1615-1620.
- Simmelinck JW, Nygaard VK, Scott DB. Penetration of resins into partially demineralized enamel in vivo. *J Dent Res.* 1974;55:731-735.
- Gwinnett AJ, Ripa LW. Penetration of pit and fissure sealants into conditioned enamel in vivo. *Arch Oral Biol.* 1973;18:435-439.
- Kanca J. Wet bond: Effect of drying time and distance. *Am J Dent.* 1996; 9(6):273-276.
- Tay FR, Gwinnett AJ, Wei SHY. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in acid- conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent.* 1996;279:43-48.
- Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo, Quintessence. 1998
- Ferrari M, Goacci G, Garcia-Godoy F. Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *Am J Dent.* 1997;10:224-230.
- Watanabe I, Nakabayashi N. Bonding durability of photocured Phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. *Quintessence Int.* 1993;24:335-342.
- Dunn JR. i-bond : the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compend contin Educ Dent.* 2003;24(2Suppl):14-18.
- Fritz UB, Finger WJ. Bonding efficiency of single-bottle enamel/ dentin adhesive. *Am J Dent.* 1999;12:277-282.
- Silverstone LM. State of the art on sealant research and priorities for future research. *J Dent Educ.* 1984;48(2suppl):107-118.
- Kugel G, Ferrari M. The science of bonding from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc.* 2000;131 Suppl:20s-25s.
- Freedman G. Seventh-Generation Adhesive

참고 문헌

- systems. Dent today. 2002; 21(11):106-111.
17. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. Oper Dent. 1994;19:59-64.
 18. Manabe A, Itoh K, Tani C, Hisamitsu H, Wakumoto S. Effect of functional monomer in commercial dentin bonding agents use of an experimental dentin bonding system. Dent Mater J. 1999;18:116-123.
 19. Miyazaki S, Iwasaki K, Onose H, Moore BK. Enamel and dentin bond strengths of single application bonding systems. Am J Dent. 2001;14:361-366.
 20. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Fatigue behavior of different dentin adhesives. Clin Oral Invest. 1999;3:11-17.
 21. Pashley DH. The evolution of dentin bonding. Dent Today. 2003; 22:112-119.
 22. Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M. Efficacy of self etching primers on sealing margins of class II restorations. Am J Dent. 2003;16(1):37-41.
 23. Munksgaard Ec, Irie M, Asmussen E. Dentin polymer bond promoted by Gluma and various resins. J Dent Res. 1985; 64(12):1409-1411.
 24. Satoshi Inoue, Marcos A. Microtensile Bond Strength of Eleven Contemporary Adhesive to Dentin. J Adhesive Dent. 2001;3:237-245.
 25. Barkmeier WW, Los SA, Triolo, Jr PT. Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner bond 2. Am J Dent. 1995;8:289-293.
 26. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. J Dent Res. 1994;73:1212-1220.