

중간레진의 친수성이 상아질 접착에 미치는 영향

김용성 · 박상혁 · 최기운 · 최경규*

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실

ABSTRACT

EFFECT OF INTERMEDIATE RESIN HYDROPHILICITY ON BOND STRENGTH OF SINGLE STEP ADHESIVE

Yong-Sung Kim, Sang-Hyuk Park, Gi-Woon Choi, Kyoung-Kyu Choi*

Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate of Kyung Hee University

The purpose of this study was to evaluate the bond strength of a new Single step system with different curing mode composites, and to evaluate the effect of the intermediate resins which have different hydrophilicity on bonding ability by means of the micro shear bond testing and TEM examination for the adhesive interface. The adhesive used in this study was an experimental single step system (Bisco Inc., Schaumburg, IL). Experimental groups were produced by using six kinds of intermediate resin having different hydrophilicity that was hydrophilic, hydrophobic and most hydrophobic resin and as filled or not after applying adhesive. Each experimental group was further divided into two subgroups whether the adhesive was light cured or not. Dual cured composite (Bis Core, Bisco Ltd., Schaumburg, IL) was placed on the adhesive layer as light cure or self cure mode. The results of bond strength were statistically analyzed using one way ANOVA and multiple comparisons are made using Tukey's test at $\alpha < 0.05$ level.

The results of this study were as follows:

1. The application of intermediate resin did not increase the bond strength for light cured composite.
2. The bond strength of an experimental adhesive with self cured composite was significantly increased by the application of intermediate resin layer.
3. The bond strength of adhesive was irrespective of the cure or not of itself before intermediate resin layer applied.
4. As applied hydrophilic resin layer was, the initial bond strength was higher than both hydrophobic and most hydrophobic one used but there was no significance.

Using a single step adhesive with dual/self cured composite, the incompatibility between both of them should be solved by the application of intermediate hydrophobic resin to reduce the adhesive permeability. However, Single step adhesive can be used in the light cured composite restoration without any decrease of the initial bond strength. [J Kor Acad Cons Dent 32(5):445-458, 2007]

Key words: New Single step system, Intermediate resin, Light cured, Filled, Hydrophobic, Initial bond strength

* Corresponding Author: **Kyoung-Kyu Choi**

Professor of Division of Dentistry,
Graduate school of KyungHee University
1, Hoegi Dong, Dongdaemun Gu, Seoul, 130-702, Korea
Tel: 82-2-958-9337
E-mail: choikkyu@khu.ac.kr

- Received 2007.3.6., revised 2007.4.4.,
accepted 2007.4.24.-

I. 서 론

상아질에 대한 결합은 습윤 환경 및 기술적 민감성 등 불리한 접착 조건으로 인한 많은 어려움에도 불구하고 상당한 발전이 이루어져 왔다. 가장 이상적인 상아질 접착제는 접착과정에는 친수성을 가지며 중합 후에는 가급적 소수성을 유지하여 복합레진과의 결합을 용이하게 하여야 한다. 현실적으로 이러한 접착제의 개발은 어렵고 따라서, 소수성을 가지면서 상아질과의 결합이 용이한 방향으로 연구가 진행되고 있다.

현재 상용되고 있는 접착제는 크게 산부식형과 자가부식형으로 분류할 수 있으며, 전자는 3단계 또는 2단계, 후자는 2단계 또는 1단계 접착 과정을 갖는다. 산부식형 2단계 접착제와 자가부식형 1단계 접착제는 이온성/산성 단량체를 많이 포함하며 소수성 레진의 도포과정이 없기 때문에 수분의 흡수에 취약하고 중합 후 투과성 막과 같은 역할을 한다^{1,2)}. 임상적으로 와동의 수복에 있어 광중합형 복합레진이 주로 사용되고 있으나, 자가중합형 (self cured) 또는 이중중합형 (dual cured) 복합레진은 코어축조용, 수복 와동의 베이스, 최종 수복재 및 레진시멘트로서 간접수복물 또는 포스트의 접착에 널리 이용되고 있다^{3,5)}. 단축된 접착과정을 갖는 접착제의 접착제면을 따라 나타나는 투과도는 자가 또는 이중중합형 복합레진과 부적합성 (incompatibility)을 나타낸다. 반면, 3 단계의 접착과정을 갖는 전통적인 접착제와 2단계 접착과정을 갖는 자가부식형 접착제는 산도 (acidity) 및 친수도 (hydrophilicity)가 상대적으로 낮은 중간 레진층을 도포하기 때문에 이러한 복합레진과 부적합성을 해소할 수 있다⁶⁾. 생체 실험에 의하면 접착제의 투과도는 깊고 생활력있는 상아질로부터 수분을 접착층의 표면으로 삼출시킬 수 있다고 보고한다^{7,8)}.

단일 접착과정을 갖는 6세대 접착제가 복합레진과 부적합성을 갖는 주된 원인은 구성 성분간의 원치 않는 화학반응이 일어나고 더불어 접착제층의 투과도가 증가되기 때문이다. 6세대 접착제 (All in One, Single Step system)는 5세대 산부식형 접착제와 마찬가지로 치아를 자가 부식시키고 접착을 증진시키기 위해 친수성/이온성 산성모노머인 MAC 10, pyrophosphate, 4 AET, p TSNa, phosphoric acidic esters, pyro EMA 등과 함께 용매로서 수분을 다량 포함하는데, 이러한 모노머의 산도는 본질적으로 5세대 접착제 보다 높으며^{9,11)}, 산소억제층 내에 고농도로 잔류되어 산성을 유지한다. 자가/이중 중합형 복합레진과 6세대 접착제의 부적합성을 극복하기 위해 일부 접착제는 개시제로서 aryl sulphinate salts, barbituric acid, tertiary butyl peroxy maleic acid 등과 같은 3가 개시제 (ternary redox initiator)를 포함시켰으나, 부적합성을 극복하지는 못하였다^{12,13)}. 6세대 접착제를 상아질 표면에 적용하고 광중합한

후 광중합형 복합레진을 충전하여 시간 간격을 두고 광중합할 때, 지연중합에 따른 결합강도는 현저히 감소된다¹⁴⁾. 임상적으로 이중중합형 레진시멘트를 이용하여 간접수복물의 접착시 수복물을 와동내 위치시킨 후 여분의 레진을 제거하거나 시적하는 과정에서 광중합의 지체에 의해 지연중합이 발생할 수 있는데, 이러한 원인은 접착제층이 투과성을 갖는 막과 같은 구조 (permeable membrane)를 갖기 때문이다. 접착제층의 투과도 증가는 도말층 및 표층의 상아질을 자가부식하는 과정에서 용해된 각종 유/무기 성분과 친수성 단량체에 의한 전해질 농도가 증가하여 삼투압을 형성하기 때문으로 알려져 있다. 즉, 접착제 자체에 포함되어거나 내부 상아질에 포함된 수분이 고장성 전해질 층으로 이동하여 소수성 복합레진에 의해 붙잡혀 삼투성 수포 (osmotic blister)를 형성함으로써 접착제층의 투과도 증가를 설명할 수 있다^{7,10)}. 이러한 현상은 수화 상아질 (hydrated dentin)에서 접착제 도포 후 광중합형 복합레진을 충전하고 지연 중합하거나 자가/이중 중합형 복합레진을 결합할 때 발생한다^{15,16)}.

상아질 접착에 있어 수분은 습윤접착 방법을 이용하거나 용매로서 접착제 내에 포함되어 있어 제거가 어려우며 접착제면에 잔류할 수 있다¹⁷⁾. 접착제 내 수분은 친수성 HEMA, 산성단량체, 용해된 갈습 및 인산 이온 등에 의해 증발이 제한되며 따라서 접착제가 중합되기 전에 완전히 제거되지 않는다¹⁸⁾. 접착층 내 잔류 수분의 존재는 질산은의 침투에 의하여 확인되며 망상 구조를 갖는 “water trees” 효과 및 유화 중합 (emulsion polymerization)의 결과에 따른 구상형 레진 등이 TEM 관찰을 통하여 확인된다^{15,19)}. 접착층 내에 과도한 수분의 존재는 친수성 레진단량체의 용출을 촉진시키고 조기 접착실패와 레진·상아질 간의 결합을 파괴할 수 있다^{20,21)}.

Carvalho 등²²⁾은 레진시멘트인 Panavia F (Kuraray, Tokyo, Japan)를 사용할 때 부가적인 레진층의 도포에 의해 결합강도가 증가함을 보고하였는데 이는, 친수성을 갖는 자가부식형 접착제층의 중합 후 발생하는 투과도를 소수성 레진층에 의해 감소시킬 수 있음을 보여준다. 즉, 소수성을 갖는 레진시멘트를 포함한 이중 중합형 복합레진이 친수성의 6세대 접착제와는 직접적인 적합성이 부족한 결과이다.

최근 다양한 실험레진을 이용하여 접착제의 친수도가 상아질 접착에 미치는 영향에 관한 다수의 보고가 있다. El Zohairy 등²³⁾은 친수성 단량체를 포함하는 접착제는 시간 경과에 따라 수분을 흡수하기 때문에 도재 수복물의 접착내 구성에 부정적 영향을 미친다고 보고하였고, Carrilho 등²⁴⁾은 접착제를 중합한 후 물에 장기간 보관하였을 때 기계적 성질은 현저히 감소되며 이는 레진·상아질 간 결합 및 접착성 수복물의 내구성을 저해할 수 있다고 주장하였다. Yiu 등^{25,26)}은 레진의 친수성 증가는 수분의 흡수 정도를 결정하

는 중요한 요소로서 시간경과에 따라 레진의 기계적 성질을 저하시키고 이는 접착의 내구성을 저해할 수 있음을 시사한다. 이는 물분자가 수소결합을 통해 고분자 기질 내 극성부위에 지속적으로 결합하여 확산되는 것으로, 더욱이 접착레진 내 포함된 유기용매가 잔류하는 경우 단량체의 전환을 방해하고 중합된 레진을 소성화 (plasticize) 시킬 수 있다.

Ito 등²⁷⁾은 친수성 실험 레진에서 수분의 흡수가 가장 크고 (12.8%) 접착제의 탄성계수가 시간경과에 따라 크게 (73%) 감소한다고 하였다. 상용 접착제의 수분흡수는 5-12% 정도이며 3일 경과 후 약 19 - 42%의 탄성계수 감소를 나타낸다. 또한 모든 접착제는 물, 에탄올 또는 아세톤을 용매로 사용하고 있는데 이러한 유기용매가 접착층 내에 잔류하는 경우 혼성층의 구조적인 연속성을 저해하고 계면간극을 형성하여 결과적으로 결합강도를 감소시키게 된다²⁸⁾. Prati 등²⁹⁾은 복합레진 수복물에 대하여 인상을 채득하여 replica를 제작 관찰했을 때 상아질 · 복합레진의 계면의 변연 혼성층에서 물방울이 맺히는 것을 확인하였는데 이는 혼성층이 수분에 대한 투과성이 있음을 의미한다. King 등³⁰⁾은 친수성 상아질 접착제가 얇은 접착층을 갖는 경우 접착제를 통하여 수분이 증발되며 이러한 현상은 생활치의 상아질에 단일 과정 접착제 적용 시 더욱 두드러지게 나타난다고 보고하였다.

상아질 접착제의 지속적인 발전과 함께 접착과정의 단축은 수요자인 치과의사와 시대의 요구이다. 그러나 과정의 단축으로 인한 편리함의 이면에는 접착의 신뢰성에 대한 계속적인 의문이 제기되고 있다. 접착에 있어 상아질에 대한 완전한 이해와 기술적 민감도에 관한 제반 문제는 아직까지 해결되지 못하고 있는 실정이다. 이렇듯 상아질 · 레진의 접

착계면은 불안정하고 취약한 구조를 가지고 있으며 특히 접착과정이 단축된 접착제는 높은 친수성으로 인하여 수분의 투과 및 접착내구성이 의문시되고 있다. 단일 접착과정의 접착제는 복합레진과의 결합에 있어 조건을 가지며 특히, 자가중합 또는 이중중합형 복합레진과의 적합성에 더욱 불리한 문제를 안고 있다. 최 등³¹⁾은 상용되는 수종의 단일과정 접착제를 사용할 때 중간레진의 도포는 자가중합형 복합레진과의 부적합성을 개선시킬 수 있다고 보고한 바, 단일과정 접착제의 사용에 있어 이러한 부적합성을 해소하고 보다 내구성 있는 접착을 위하여 중간레진의 사용은 불가피한 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 단일과정 접착제를 이용함에 있어 중간레진의 사용여부, 사전 중합여부 및 필러의 포함여부 등에 따라 친수도가 서로 다른 3종의 중간레진을 도포하고 광중합 또는 자가중합형 복합레진의 결합강도 및 접착계면에서의 특성을 구명하기 위하여 시행하였다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

우식이 없고 건전한 제3대구치를 발치하여 thymol 용액에 보관한 후 결합강도 측정 및 투과전자현미경 관찰에 이용하였다. 저속 diamond saw (Isomet, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA)를 이용하여 대구치의 교합면측 법랑질을 제거한 후 2 mm 두께로 상아질 절편을 절단 제작하였다. 제작된 교합면측 상아질 표면은 #600 SiC paper를 이용하여 연마하였다.

Table 1. The materials used in this study

Materials	Description (Lot No.)	Main Composition
Experimental Single-step system	Part A	Water, Acid Neutralizer, Organophosphate, HEMA, Acrylate monomers,
	Part B	
Hydrophilic	D/E resin (0400002266) Filled D/E resin (469-135E)	Bis-GMA, HEMA
Hydrophobic	Hydrophobic resin (456-137A) Filled Hydrophobic resin (456-180D)	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA
Most Hydrophobic	Most Hydrophobic resin (469-135B) Filled most Hydrophobic resin (469-135D)	Ethoxylated resin, UDMA, TEGDMA
Bis-Core	Dual-cured composite (0300012552)	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, glass filler, fused silica

본 연구에 사용한 상아질 접착제는 Bisco사에서 제작한 실험용 Single step system을 이용하였고, 친수성 중간레진은 All Bond 2 (Bisco Inc, Schaumburg, IL, USA)의 D/E resin을 이용하였으며, 단량체의 구성을 달리하여 소수성 및 높은 소수성을 갖는 3종의 중간레진을 제조하였고 이들 중간레진에 필러의 포함 여부에 따라 총 6종의 중간레진을 제조하여 실험에 이용하였다. 이들 접착제, 중간레진 및 결합강도 측정에 이용된 복합레진의 각 구성성분은 Table 1에서 보는 바와 같다.

2. 실험방법

A. 실험군의 분류

실험용 Single step system의 Part A와 Part B를 동량으로 혼합한 후 상아질 표면에 도포하고 15초간 방치한다. 도포된 접착제를 수세하지 않고 완전히 건조시킨 후 대조군은 광중합기 (Astralis 5; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 이용하여 10초간 광중합하고 이후 광중합 또는 자가중합형 복합레진을 적용하였다 (2개군). 실험군은 접착제를 광중합하고 중간레진을 도포한 경우와 광중합하지 않고 직접 중간레진을 도포한 경우로 분류하고 중간레진의 형태는 친수성, 소수성, 높은 소수성이면서 필러를 포함하거나 그렇지 않은 경우 (24개군)로 총 26개로 분류하였고, 각 군당 15-23개의 시편을 제작하여 결합강도를 측정하였다 (Figure 1).

B. 미세전단결합강도 (micro shear bond strength) 측정

Single step 접착제를 제조자의 지시에 따라 교합면측 상아질 표면에 적용하고 광중합기 (Astralis 5; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 이용하여 10초간 광중합하였다 (Table 1). 내경 0.76 mm (0.03inch), 외경 2.29 mm (0.09inch), 높이 1.0 mm의 Tygon tube (Small Parts Inc, Miami Lakes, FL, USA)내에 서로 다른 중합모드를 갖는 복합레진으로 각각 충전하고 접착제가 도포된 상아질 표면에 부착하였다.

이중 중합모드를 갖는 혼합형 복합레진 Bis Core (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)을 이용하여 자가중합모드는 base와 catalyst를 동량으로 20초간 혼합하여 tube 내에 충전하였다. 각 교합면 상아질 표면에 4-6개의 시편을 부착하였고 광축매 반응을 억제하기 위해 어두운 곳에서 30분간 자가중합시켰다. 광중합 모드는 base를 이용하여 자가중합형 복합레진의 혼합 시 발생하는 기포의 흡입과 동일한 조건을 부여하기 위해 spatula를 이용하여 20초간 혼합한 후 tube 내에 충전하였다. 마찬가지로, 상아질 표면에 부착한 후 시편 당 각각 20초간 광중합시켰다.

시편을 37℃ 증류수에서 24시간 보관한 후, scalpel을 이용하여 Tygon tube를 제거하고 미세전단결합강도를 측정하기 위한 지그에 부착한 후 universal testing machine(EZ tester, Shimadzu Corp, Kyoto, Japan)에 고정시켰다. 직경 0.2 mm 교정용 ligature wire를 이용하여 전단력의 방향이 load cell의 중심과 접착계면에 일치하도록 위치시키고 시편이 부착된 치아의 표면에 가볍게 밀착시킨 후, 분당하중속도 1 mm로 전단하중을 가하여 시편이 탈락되는 최대값을 측정하여 단위면적당 결합강도로 환산하였다. 시편의 사용된 접착제 및 결합하는 복합레진의 중합형태에 따른 영향을 평가하기 위해 각 실험군의 측정값을 각각 one way ANOVA/Tukey's 검정하여 유의수준 0.05에서 통계 분석하였다.

C. 미세누출의 평가 (투과전자현미경 관찰)

각 실험군당 2개의 대구치를 이용하여 교합면측 법랑질을 제거한 후 저속 diamond saw를 이용하여 상아질을 노출시켰다. #600 SiC paper로 주수 하에 연마한 후 상아질 접착제를 제조자의 지시에 따라 적용하고 10초간 광중합하였다. 미세입자형 실험용 복합레진 (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)을 이용하여 광중합 모드는 base로, 자가중합모드는 base와 catalyst를 동량으로 혼합하여 상아질 표면에 약 2 mm 두께로 적용하고 20초간 광중합하였다.

제작된 치아를 37℃ 증류수에서 24시간 보관한 후, 저속 diamond saw를 이용하여 0.7 mm 두께로 근원심 방향으로 연속적으로 수직절단하였다. 치아당 중앙의 가장 넓은 2개의 slice를 선택하여 각군당 모두 4개의 slice를 복합레진 상아질 접착계면으로부터 1 mm를 남기고 2겹의 nail varnish를 도포한 후 10분간 증류수에 보관하였다. Tay 등³²⁾에 의한 방법에 따라 시편을 50wt% ammonium silver nitrate 용액에 넣고 24시간 어두운 곳에서 보관한 후 증류수로 수세한 후, 접착계면을 따라 은이온이 금속성 은입자로 변하는 것을 최소화시키기 위해 형광등 하에서 현상액에 8시간 동안 보관한 후 수세하였다 (Figure 2).

각 slice의 접착계면을 따라 길이 약 6 mm, 폭 약 2 mm로 trim하고 조직 본래의 구조적 연속성을 보존하기 위하여 Karnovsky's solution (2.5% glutaraldehyde and 2% paraformaldehyde in 0.1M cacodylate buffer, pH 7.3)을 사용하여 8시간 동안 고정한다 다음, 0.1M sodium cacodylate buffer (pH 7.0)를 사용하여 각각 10분간 3회 수세하였다. 1% osmium tetroxide (OsO₄)를 사용하여 다시 2시간 동안 후고정 (post fixation)하고 동일한 방법으로 수세하였다. 고정된 시편은 30 - 100% 농도의 에탄올을 사용하여 연속적으로 탈수하고 레진 상아질 계면의 주행방향을 맞춰 에폭시 레진에 포매하였다.

광학현미경하에서 면도날을 이용하여 절단면을 사다리꼴

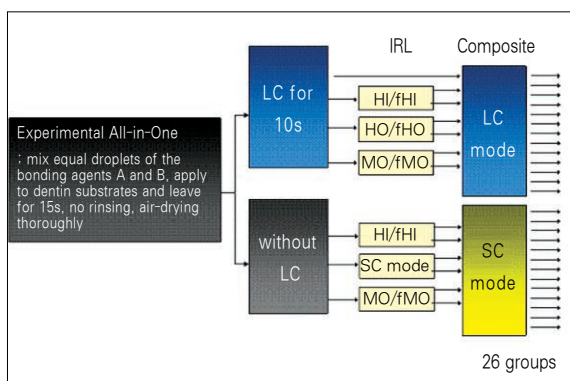


Figure 1. Bonding procedure and experimental grouping. LC: light cure, IRL: intermediate resin layer, SC: self cure, HI: hydrophilic, HO: hydrophobic, MO: mostly hydrophobic, f: filled

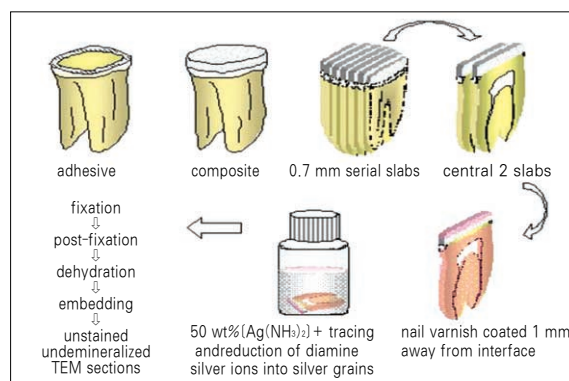


Figure 2. A schematic representation of the preparation of serial slabs from bonded composite, the application of nail varnish, immersion in the ammoniacal silver nitrate tracer.

형태로 형성하고 diamond knife (Diatome, Hatfield, PA, USA)가 부착된 ultramicrotome (MT 2C, RMC, Florida, USA)을 이용하여 각 실험군으로부터 약 200 nm의 절편을 취하여 screening한 후, 약 90 nm 두께 (ultra-thin section)의 절편을 제작하여 100 mesh formavar coated copper grids에 모았다. 부가 염색없이 80 kV의 Transmission Electron Microscope(Zeiss EM 900, Zeiss, Munich, Germany)로 접착제면을 관찰하였다.

III. 실험성적

Table 2와 Figure 3은 실험용으로 제작된 단일과정 접착제 대하여 접착제만 도포한 경우 (대조군)와 친수도가 다른 3종의 중간레진을 부가적으로 사용한 경우 접착제의 사전 중합여부, 필러의 포함여부에 따라 각각 2가지 중합 모드 (광중합 및 자가중합형)의 복합레진을 결합시켜 24시간 경과 후 미세전단 결합강도를 측정 한 결과를 보여준다. One way ANOVA로부터 결합강도 측정치를 분석한 결과, 중간레진의 친수도($p < 0.001$)와 필러의 포함여부 ($p < 0.01$)는 결합강도에 유의한 영향을 미쳤으나 중간레진 도포 전 접착제의 사전중합 ($p > 0.05$)은 결합강도에 통계학적 영향을 미치지 않았다. 각 실험군에서 접착제면의 TEM 관찰결과, 미세누출을 포함한 특징적인 소견은 Figure 5 - 12에서 보여주고 있다.

실험군 전체를 통하여 가장 높은 결합강도는, 접착제를 사전 중합하지 않고 필러를 포함하지 않은 친수성 중간레진을 도포한 후 광중합 또는 자가중합형 복합레진을 결합했을 때 측정되었다. 중간레진을 사용하지 않고 접착제만 도포한 경우 (대조군) 광중합 복합레진의 결합강도는 31.5 MPa였고 자

가중합형에서는 12.8 MPa로 통계학적 유의차를 나타내었다 ($p < 0.001$).

대조군에서 광중합형 복합레진을 접착한 경우 TEM 사진 (Figure 5 A, B)에서 혼성층은 약 2.0 μm 로 균일하게 형성되어 있으며, 수분이 포함되어 있는 은 침착이 혼성층과 상아세관을 따라 망상의 형태로 관찰되었다. 자가중합형 복합레진을 접착한 TEM 사진 (Figure 6 A)에서 혼성층은 불규칙하게 형성되어 있고 혼성층 내부와 접착제층에서 수많은 은 침착 (silver deposit)이 망상의 형태로 관찰되었다. 또한 혼성층 상방의 접착층은 분리되어 있으며, 그 주변에 많은 수분 통로 (water channel)를 확인할 수 있었다. 접착제층과 복합레진 사이의 계면은 접착제가 침투된 양상을 보이고 접착제와 상아질 기원의 수분에 의한 수포 (water blister) 형태를 관찰할 수 있으며 주변에 은 입자 (silver grain) 및 은 침착이 관찰되었다.

접착제 도포 후 중간레진을 사용한 경우 어떠한 조건에서도 광중합형 복합레진의 결합강도는 중간레진을 사용하지 않은 경우에 비하여 유의한 차이를 보이지 않았으나 ($p > 0.05$), 자가중합형 복합레진에서는 약 1.4 2.6배 정도 증가하였고 소수성이 가장 높고 필러를 포함시킨 중간레진을 접착제의 미중합 상태로 사용한 경우 (19.9 MPa)를 제외하고는 유의하게 증가되었다 ($p < 0.05$).

접착제를 도포한 후 제조자의 지시에 따라 광중합을 시행한 경우 (A)와 광중합 하지 않고 (B) 친수성 중간레진과 광중합형 복합레진을 결합시킨 경우 대조군과는 달리 혼성층이나 접착층에서 은입자의 침착은 확인되지 않았고 균일한 두께의 혼성층이 형성되어 있었다. 사진 중합하지 않은 경우 접착층과 중간레진층의 총 두께는 약 12 μm 를 보이며 이들 층간에 불연속층은 관찰되지 않았으나 사진 중합한 경우

Table 2. Micro shear bond strength (MPa, mean \pm SD) of an experimental single step adhesive using intermediate resin layer

Hydrocity of IRL	Filler of IRL	Curing of adhesive	LC	SC
Hydrophilic	Adhesive only		31.5 \pm 5.4 ^{cdefg}	14.1 \pm 7.2 ^a
	Unfilled	Uncured	37.4 \pm 5.6 ^g	37.1 \pm 5.5 ^{defg}
		Cured	34.9 \pm 4.1 ^{defg}	34.2 \pm 3.6 ^{fg}
	Filled	Uncured	36.1 \pm 5.1 ^{efg}	29.9 \pm 5.5 ^{cdefg}
		Cured	35.0 \pm 5.7 ^{defg}	34.0 \pm 6.9 ^{defg}
Hydrophobic	Unfilled	Uncured	30.3 \pm 4.7 ^{cdefg}	28.0 \pm 5.1 ^{cd}
		Cured	29.4 \pm 5.8 ^{cde}	33.6 \pm 4.9 ^{defg}
	Filled	Uncured	25.8 \pm 5.1 ^{bc}	31.7 \pm 5.8 ^{cdefg}
		Cured	24.9 \pm 6.9 ^{bc}	29.0 \pm 7.2 ^{cde}
Most Hydrophobic	Unfilled	Uncured	31.0 \pm 5.5 ^{cdefg}	25.2 \pm 6.7 ^{bc}
		Cured	33.3 \pm 5.5 ^{defg}	28.0 \pm 8.1 ^{cd}
	Filled	Uncured	31.5 \pm 4.4 ^{cdefg}	19.9 \pm 6.7 ^{ab}
		Cured	31.4 \pm 6.2 ^{cdefg}	29.3 \pm 5.3 ^{cde}

Same superscript means no statistically difference in each adhesive group at $\alpha = 0.05$ level. Multiple comparison tests were performed within each adhesive group.

접착제층의 두께는 약 10 μ m, 중간레진층의 두께는 약 15 μ m 정도이며 불연속층이 관찰되었다 (Figure 7). 접착제를 도포한 후 광중합 하지 않고 직접 친수성 중간레진과 자가 중합형 복합레진을 결합시킨 경우, 균일한 두께의 혼성층이 형성되어 있으며, 광중합형 복합레진의 경우와 마찬가지로 혼성층이나 접착층에서 은입자의 침착은 확인되지 않았다 (Figure 8).

광중합형 복합레진의 결합강도는 사용된 중간레진의 친수도가 친수성, 높은 소수성, 소수성 순으로 나타났으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 자가중합형 복합레진의 결합강도는 사용된 중간레진의 친수도가 친수성, 소수성, 높은 소수성 순으로 나타났으나 유의한 차이를 보이지 않았다 (Figure 4).

소수성 중간레진을 사용한 경우 (Figure 9) 혼성층 내에 부분적으로 망상형 은침착이 관찰되었고 혼성층과 접착층에는 작은 은입자가 분산되어 있었다. 높은 소수성의 중간레진을 사용한 시편 (Figure 10)은 혼성층은 분명한 경계를 가지며 교원섬유는 전자 투과성을 나타내며 침투된 레진과 구별되고 있다. 혼성층에는 수많은 은입자가 분산되어 있으나 접착제층에는 관찰되지 않음을 고배율에서 확인할 수 있었다. 이와는 달리 높은 소수성이면서 필러가 포함된 중간레진을 도포하고 광중합형 복합레진 (Figure 11)을 결합한 경우 혼성층 내 은침착이 관찰되며 혼성층과 상아세관

내 은입자의 침착이 확인되었다. 자가중합형 복합레진 (Figure 12)을 결합한 경우 혼성층 내 많은 망상형 은침착이 관찰되었고 접착층은 상대적으로 얇으며 (약 3 μ m) 중간레진층에는 미세필러 입자와 은이온 침착이 확인되었다.

중간레진의 사용방법에서 동일한 조건을 갖는 경우 자가중합형 복합레진의 결합강도는 친수성일 때 가장 높았고 다음으로 소수성, 그리고 높은 소수성일 때 가장 낮은 경향을 보였다 (Figure 4). 중간레진을 사용할 때 접착제의 사전중합은 소수성이 높은 높고 필러를 포함시킨 경우를 제외하고 결합강도에 영향을 미치지 않았다. 즉, 단일과정 접착제 도포 및 건조한 후 중간레진을 직접 도포하고 최종적으로 중합만 하여도 결합강도에는 차이가 없었다.

IV. 총괄 및 고안

현재 상용되는 대부분의 상아질 접착제는 HEMA와 같은 친수성 단량체를 포함하고 있기 때문에 상아질과의 접착 시 용이하게 침윤 (wettability)되지만 소수성의 복합레진과 결합에는 한계가 있다. 자가부식형 2단계 접착제와 3단계 접착제는 친수성의 프라이머 (primer)를 도포하고 소수성의 접착레진을 사용하여 상아질 및 복합레진과의 적합성 (compatibility)을 도모하고 있다³³⁾. 반면, 전체 산부식형 2단계 접착제와 단일과정 접착제는 산성/이온성 레진 단량체

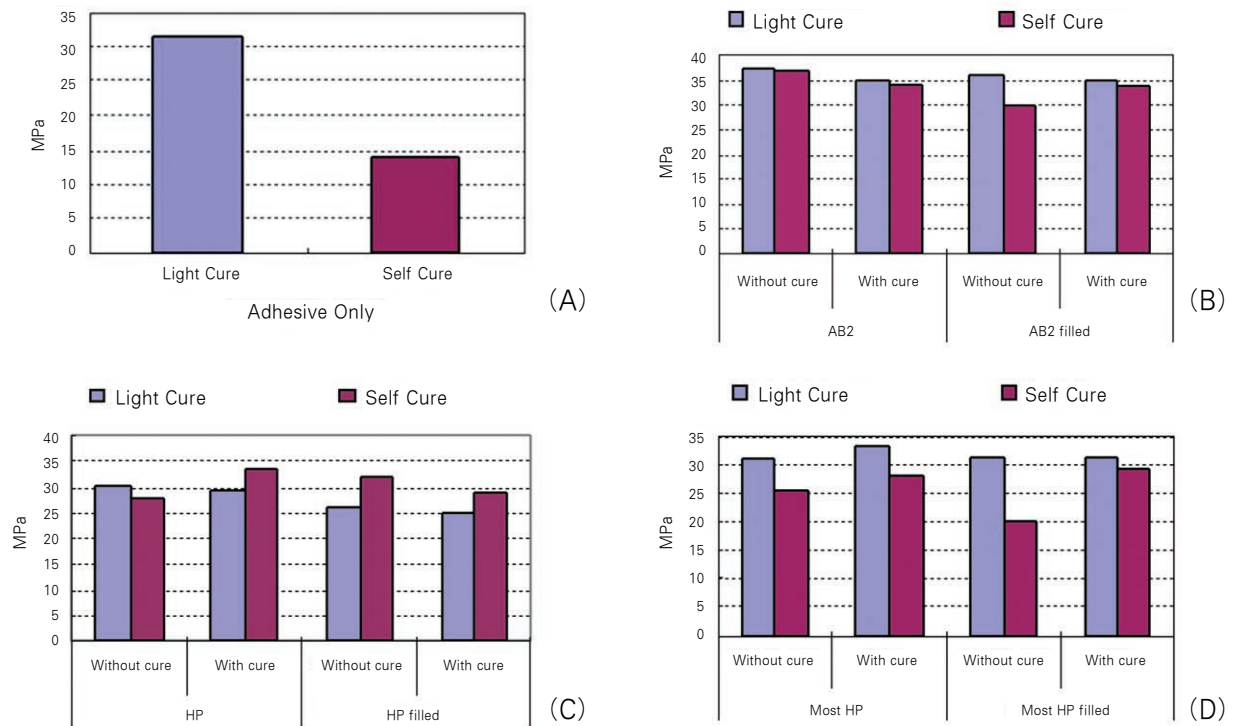


Figure 3. Bar charts showing the micro shear bond strength for adhesive only (A), with hydrophilic intermediate resin (B), with hydrophobic intermediate resin (C) and with most hydrophobic intermediate resin (D) according to the bonding protocols.

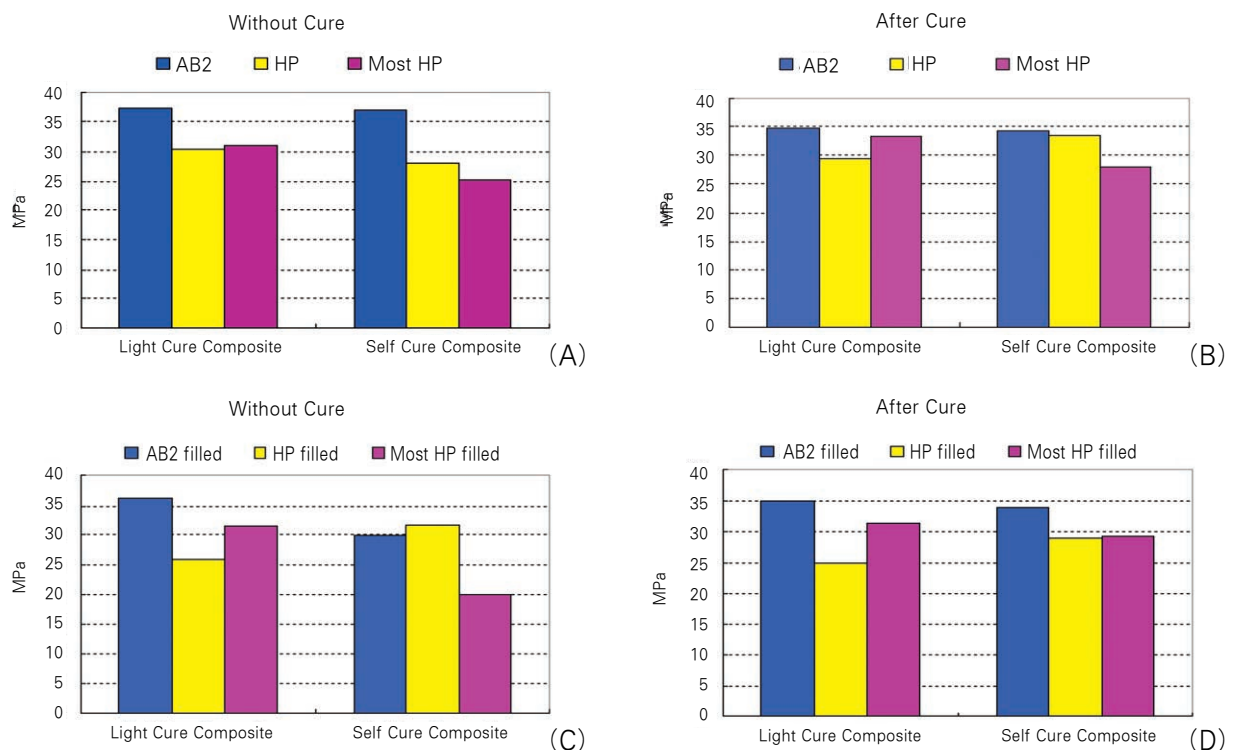


Figure 4. Bar charts compared to the micro shear bond strengths according to hydrophilicity of intermediate resin. (A) no filled intermediate resin without cure of adhesive, (B) no filled intermediate resin after cure of adhesive, (C) filled intermediate resin without cure of adhesive, (D) filled intermediate resin after cure of adhesive.

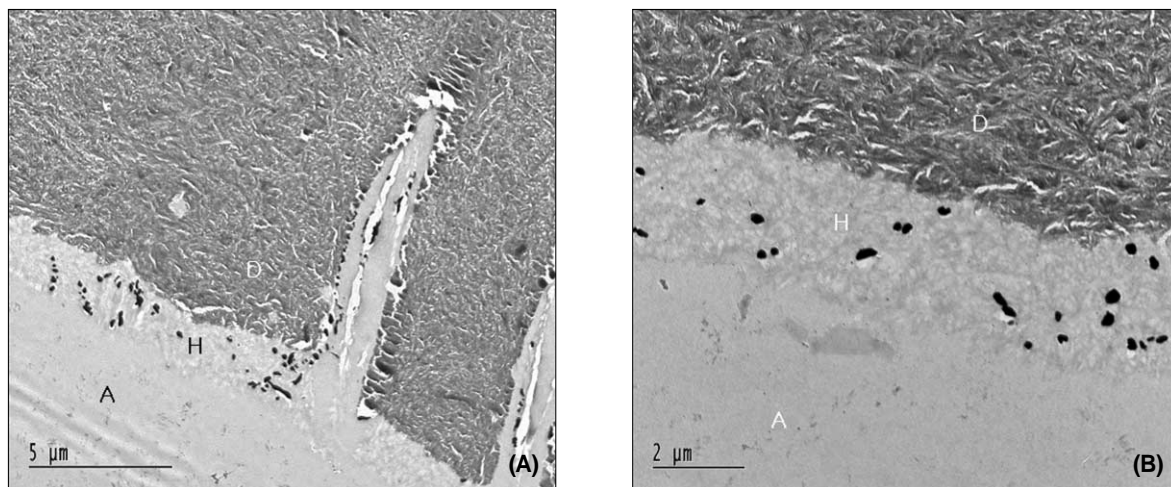


Figure 5. Transmission electron micrographs of the resin dentin interfaces after immersion in 50wt% silver nitrate. An experimental single step adhesive was bonded with light cure mode composite. A) $\times 3,400$, B) $\times 7,100$: Hybrid layer (H) was formed uniformly between dentin (D) and adhesive layer (A), and its thickness was approximately $2.0 \mu\text{m}$. Nanoleakage, in the form of reticular patterns of silver deposits could be seen in the hybrid layer and along dentinal tubule after immersion with silver nitrate tracer.

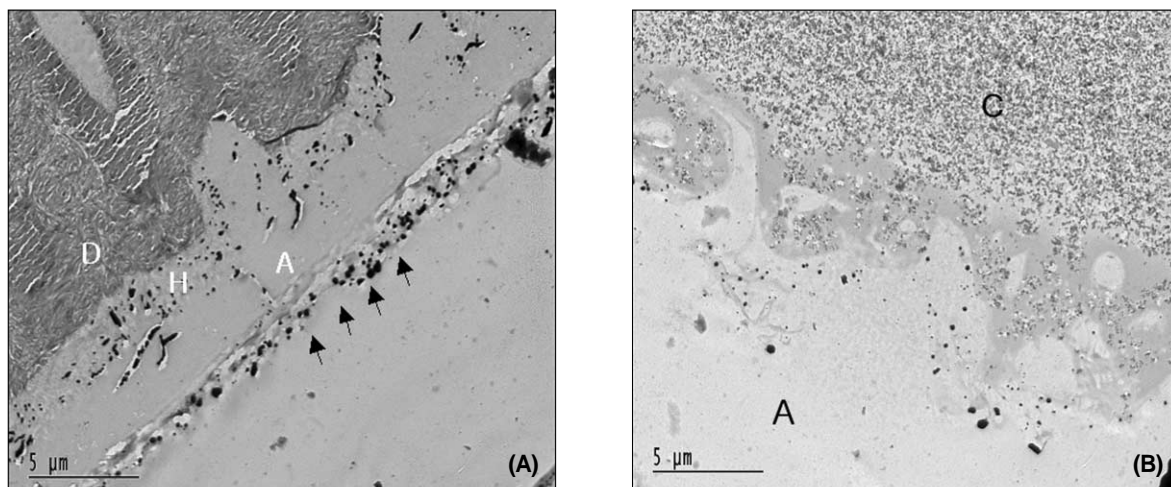


Figure 6. TEM micrographs of an experimental adhesive bonded with self cure mode composite. A) The resin dentin interface; The thickness of hybrid layer (H) was not evenly formed. Much of silver deposits were identified within and top of hybrid layer. Adhesive layer (A) was totally separated and silver deposits were infiltrated into adhesive layer (arrows). B) The resin composite interface; The interface was very irregular and worm eaten appearance. The interface of composite (C) side was hollowed with some adhesive and unidentified mass. Some of silver grains were shown along the interface in adhesive side.

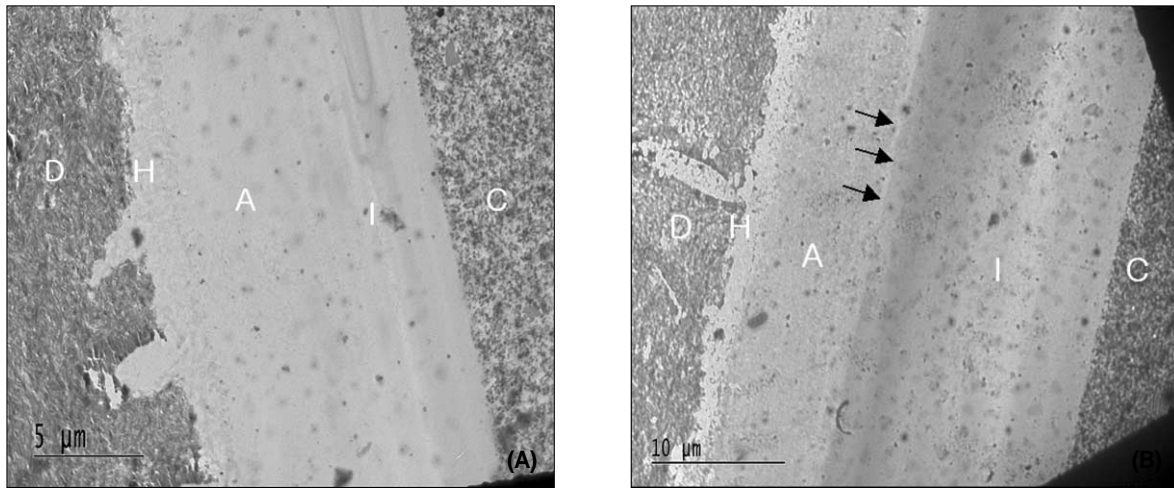


Figure 7. TEM micrographs of the resin dentin interfaces of an experimental adhesive with light cured composite after the hydrophilic intermediate resin layer (IRL) applied. A) IRL was directly applied on adhesive layer without curing. The hybrid layer was well formed and it was hard to identify any silver deposit. The thickness of IRL and adhesive layer was approximately 12 μm . B) IRL was applied after light curing of adhesive layer. Hybrid layer was also well formed and it was hard to identify any silver deposit. The thickness of IRL and adhesive layer was relatively thicker approximately 25 μm . There were definite demarcation line between adhesive layer and IRL (arrows).

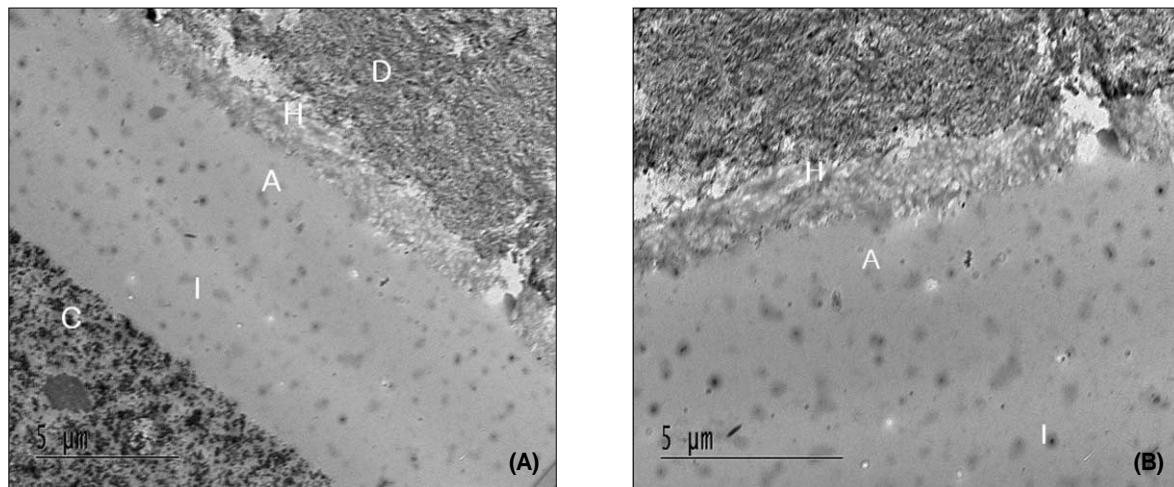


Figure 8. TEM micrographs of the resin dentin interfaces an experimental adhesive with self cured composite after the hydrophilic IRL applied. The IRL was directly applied on adhesive layer without curing. A) $\times 4,400$, B) $\times 5,600$: Hybrid layer was formed evenly and it was also hard to identify any silver deposit. The thickness of hybrid layer was approximately 10 μm .

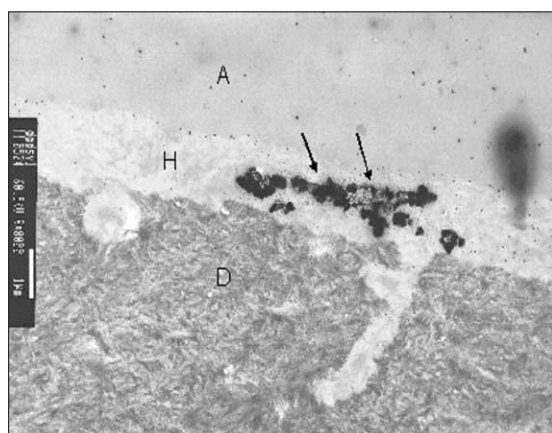


Figure 9. TEM micrographs of the resin dentin interfaces an experimental adhesive with light cured composite after the hydrophobic IRL applied ($\times 8,000$). Collagen fibrils within the hybrid layer (H) appeared electron lucent as the undemineralized sections were not stained prior to TEM examination. Nanoleakage, in the form of reticular patterns of silver deposits could be seen in the hybrid layer and along dentinal tubule after immersion with silver nitrate tracer (arrows). Numerous isolated silver grains present throughout the hybrid layer and adhesive layer.

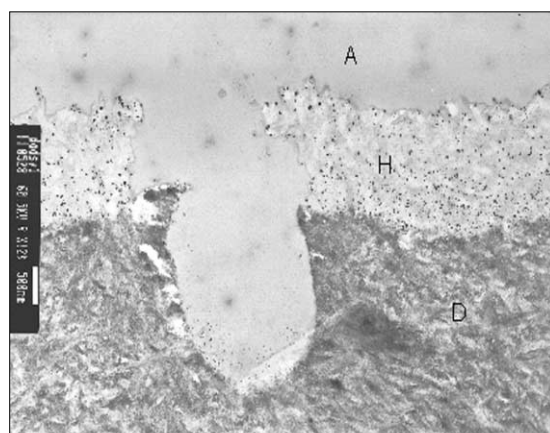


Figure 10. TEM micrographs of the resin dentin interfaces an experimental adhesive with light cured composite after the most hydrophobic IRL applied ($\times 12,000$). The hybrid layer was well formed and its thickness was approximately $2 \mu\text{m}$. Collagen fibrils within the hybrid layer (H) clearly appeared electron lucent at this high magnification. The isolated silver grains were unevenly distributed in both the hybrid layer and lower side of dentinal tubule.

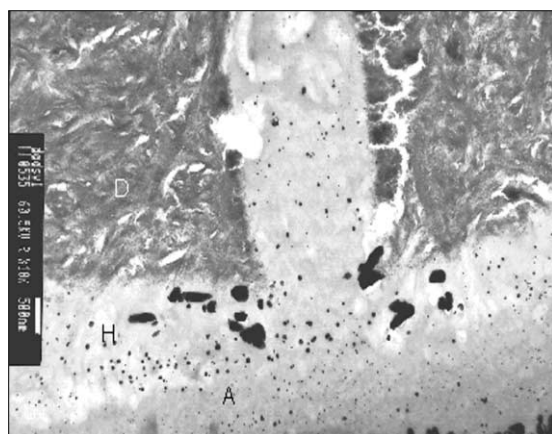


Figure 11. TEM micrographs of the resin dentin interfaces an experimental adhesive with light cured composite after the most hydrophobic filled IRL applied ($\times 10,000$). Nanoleakage, in the form of reticular patterns of silver deposits could be seen in the hybrid layer (arrows). Numerous isolated silver grains were unevenly distributed in both the hybrid layer and dentinal tubule.

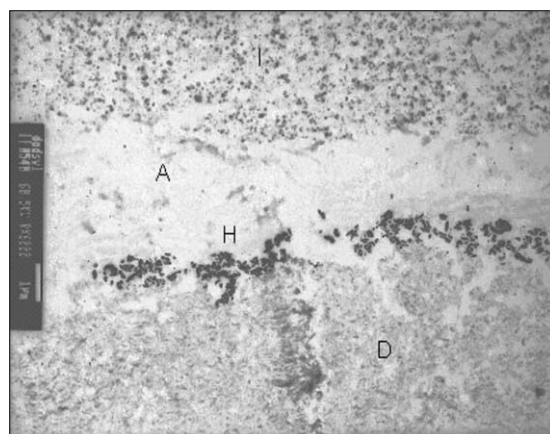


Figure 12. TEM micrographs of the resin dentin interfaces an experimental adhesive with self cured composite after the most hydrophobic filled IRL applied ($\times 6,000$). Nanoleakage, in the form of reticular patterns of silver deposits could be seen in the hybrid layer. Microfiller particles and silver grains could be seen within the intermediate resin layer (I). The adhesive layer (A) was relatively thin (approximately $3 \mu\text{m}$) compared to the intermediate resin layer.

의 농도증가로 인하여 소수성 레진도포 과정이 없기 때문에 수분의 흡수 가능성이 크고 중합 후 투과막과 같은 작용을 한다^{1,2,9,15)}. 이러한 현상은 레진 상아질 계면에서 상아질로부터 이동한 수분이 접착층을 침투하여 형성한 통로(water channels)에 대한 투과전자현미경 관찰에서 확인되었고 이를 “water tree”라 부르고 있다^{12,19)}.

본 실험은 실험용 단일과정 접착제를 상아질에 도포하고 중간레진의 사용여부, 접착제의 사전 중합여부 및 필러의 포함여부 등에 따라 친수도가 다른 3종의 중간레진의 도포 후 광중합 또는 자가중합형 복합레진을 결합하였을 때 결합강도 및 접착계면에서 차이를 나타낼 것이라는 가설을 규명하고자 시행하였다. 중간레진을 사용하지 않고 접착제만 도포한 경우 (대조군) 광중합 복합레진의 결합강도는 31.5 MPa 이었으나 자가중합형에서는 약 40%인 12.8 MPa로 통계학적 유의차를 나타내었다 ($p < 0.001$). 단일과정 접착제의 산도와 투과도로 인한 자가중합 또는 이중중합 복합레진과의 부적합성을 나타내는 것으로 선행학들의 연구와 유사한 결과를 나타내었으나^{12,15,22)} 자가중합형의 경우 최 등³¹⁾의 대조군과 비교했을 때 One Up Bond와 유사하지만 Prompt L Pop 과 Xeno Bond III에 비하면 상당히 높은 값을 나타내었다.

대조군중 광중합형 복합레진을 접착한 경우 혼성층은 균일하게 형성되어 있으며, 수분이 포함되어 있는 은 침착이 혼성층과 상아세관을 따라 망상의 형태로 관찰되었다. 자가중합형 복합레진을 접착한 경우, 혼성층은 불규칙하게 형성되어 있고 혼성층 내부와 접착제층에서 수많은 은 침착 (silver deposit)이 망상의 형태로 관찰되었다. 또한 혼성층 상방의 접착층은 분리되어 있으며 그 주변에 많은 수분 통로 (water channel)를 확인할 수 있었다. 접착제층과 복합레진 사이의 계면은 접착제가 침투된 양상을 보이고 접착제와 상아질 기원의 수분에 의한 수포 (water blister) 형태뿐 아니라 주변에 은 입자 (silver grain) 및 침착이 관찰되었다. 혼성층과 접착제층에서 관찰되는 은입자는 접착제 내부에 포함된 친수성 영역 (domain)에 의한 수분이 잔류하여 질산은 염색에 의해 검게 염색된 것이다. 자가부식형 접착제에서 이러한 미세 공간을 감소시키기 위해서는 적용 후 수분을 포함한 용매의 완전한 건조가 필수적임을 시사한다 (34). 그러나 혼성층에서 관찰되는 은침착은 형성기전이 다르다. 자가부식형 접착제가 투과성을 갖기 때문이며, 이는 접착층의 상층부에 여러 성분의 전해질이 고농도를 유지하지만 하부의 상아질은 상대적으로 저농도를 유지하고 있어 삼투경사 (osmotic gradient)에 의하여 수분을 유인하는 현상이다.

자가중합 복합레진을 단일과정 접착제와 결합할 때, 이중개시제 (binary initiator; BPO & tertiary amine)는 염기성을 갖고 있어 접착제의 잔류 산성모노머와 산 염기 반

응 (redox reaction)에 의한 charge transfer complex를 형성하므로써 더 이상의 중합반응 (radical polymerization)을 제한하여 결합력의 심각한 감소를 유발할 뿐 아니라⁹⁾, 자가중합 복합레진의 중합시간은 3분에서 그 이상이 소요되기 때문에 접착제의 투과성으로 인하여 수분의 삼투 현상이 동시에 발생한다.

상아질의 혼성층 두께는 일반적으로 산부식제 또는 접착제의 산도에 비례한다. 35% 인산에 의한 산부식의 경우 혼성층의 두께는 약 4.0 5.0 μm ^{13,33)}, 2단계 자가부식형의 경우 약 0.5 1.0 μm ^{6,33)}, 이에 비하여 보다 산도가 높은 단일과정 접착제의 경우 약 1.5 4.5 μm ^{10,31)} 정도로 혼성층의 두께와 산도는 통계학적으로 매우 높은 ($r^2 = 0.813$) 상관관계가 나타난다. 본 연구에 사용된 실험용 접착제의 혼성층 두께는 약 1.5 2.0 μm 로, 선행학들의 연구 보고에서 사용된 단일과정 접착제의 결과와 유사하였다.

일원분산 분석 결과, 중간레진의 친수도 ($p < 0.001$)와 필러의 포함여부 ($p < 0.01$)는 결합강도에 유의한 영향을 미쳤으나 중간레진 도포 전 접착제의 사전중합 ($p > 0.05$)은 결합강도에 통계학적 유의한 영향을 미치지 않았다. 접착제 도포 후 중간레진을 사용한 경우 어떠한 조건에서도 광중합형 복합레진의 결합강도는 중간레진을 사용하지 않은 경우에 비하여 유의한 차이를 보이지 않았으나, 자가중합형 복합레진에서는 증가하였고 소수성이 높은 필러를 포함시킨 중간레진을 접착제의 사전 중합 없이 사용한 경우를 제외하고는 유의한 증가를 나타내었다. 접착제를 도포하고 광중합을 하거나 광중합 하지 않고 친수성 중간레진과 광중합형 복합레진을 결합시킬 때, 대조군과는 달리 혼성층이나 접착층에서 은이온의 침착은 확인되지 않았고 균일한 두께의 혼성층이 형성되었고, 사전 중합하지 않은 경우 접착층과 중간레진층의 총 두께는 약 12 μm 를 보이며 이들 층간에 불연속층은 관찰되지 않았으나 사전 중합한 경우 접착제층과 중간레진층의 전체 두께는 약 25 μm 정도이며 경계면이 관찰되었다. 단일과정 접착제 도포 및 건조한 후 중간레진을 직접 도포하고 최종적으로 중합한 하여도 결합강도에는 차이가 없었던 이전의 상용 접착제를 이용한 연구³¹⁾와 유사한 결과를 나타내었다.

실험에 사용된 중간레진은 친수도에 따라 HEMA가 포함된 All Bond 2의 D/E resin, HEMA가 배제된 소수성 레진, Bis GMA가 배제된 높은 소수성 레진을 이용하였다. HEMA는 적은 분자량이고 수산기 (OH)와 메타크릴레이트기 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}$)로 구성되어 친수성을 갖고, Bis GMA 역시 분자구조는 크지만 수산기를 포함하고 있으며, E Bis GMA는 Bis GMA의 수산기가 에폭시기 (CH_2)로 치환되어 소수성을 띤다. 이들 단량체는 분산력, 극성, 수소결합에 대한 solubility parameter 측정을 통하여 친수도에 대한 평가가 선행학들의 연구에서 이루어져 있다^{25,26,28)}.

본 실험에서 광중합형 복합레진의 결합강도는 사용된 중간레진의 친수도가 친수성, 높은 소수성, 소수성 순으로 나타났으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 자가중합형 복합레진의 결합강도는 사용된 중간레진의 친수도가 친수성, 소수성, 높은 소수성 순으로 나타났으나 유의한 차이를 역시 보이지 않았다. 중간레진의 사용방법에서 동일한 조건을 갖는 경우 자가중합형 복합레진의 결합강도는 친수성일 때 가장 높았고 다음으로 소수성, 그리고 높은 소수성일 때 가장 낮은 경향을 보였다. 중간레진을 사용할 때 접착제의 사전중합은 소수성이 가장 높았고 필러를 포함시킨 경우를 제외하고 결합강도에 영향을 미치지 않았다.

접착제의 친수성은 구강환경에서 수분의 흡수를 증가시키고 가수분해에 의한 파괴를 촉진시킨다^{35,36)}. 따라서 친수성 접착제는 시간 경과에 따라 결합강도가 감소되는데 이는 산부식 깊이와 단량체 침투 정도의 차이로 인한 보호막지 못하는 교원섬유 층 (hybridoid layer)과 더불어 접착제 상아질 계면에 불안정한 HEMA의 침투에 의한 다공성의 교원섬유 망상체가 기인하는 것으로 알려져 있다^{37,38)}. 본 실험의 결과 광중합 복합레진의 경우 중간레진의 친수도 및 사용조건은 유의한 차이를 보이지 않았지만, 자가중합 복합레진의 경우 중간레진의 친수도와는 무관하게 결합강도가 증가하였다. 친수성과 소수성 중간레진 사용 간에 유의한 차이가 없다면 접착의 내구성을 고려했을 때 소수성의 중간레진을 추천해야 한다.

접착과정의 단순화는 접착제의 개발 및 수요에 있어 불가피한 경향으로 받아들여지고 있다. 다양한 목적을 위한 복합레진의 사용에 있어 적절한 접착제의 선택은 중요하며 특히 접착과정의 단축에 따른 결합강도의 감소 및 부적합성과 같은 부작용을 최소화하기 위한 노력은 필수적이라 할 수 있다. 따라서 본 연구를 임상적 관점에서 종합하면, 광중합형 복합레진의 수복 시 단일과정 접착제를 사용하는 것은 초기 결합강도에 영향을 미치지 않으며, 이중 또는 자가중합형 복합레진을 단일과정 접착제와 사용할 때는 접착제 도포 후 광중합하지 않고 직접 소수성 중간레진을 그 위에 도포하고 광중합한 후 복합레진을 사용할 수 있을 것이다. 향후 이러한 접착과정과 접착제의 장기적인 내구성에 대하여 보다 심도 있는 연구가 필요하다.

V. 결 론

단일과정 접착제를 이용함에 있어 복합레진과의 부적합성을 개선하고자 중간레진을 사용함에 있어서, 그 특성 및 사용방법에 따라 결합에 영향을 미칠 것으로 생각되는 바, 본 연구는 중간레진의 친수도, 접착제의 사전중합여부 및 필러의 포함여부 등에 따라 상아질에 대한 광중합 또는 자가중합형 복합레진의 결합강도 및 접착계면에 대한 투과전자

현미경 관찰을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 중간레진의 적용은 광중합형 복합레진의 결합강도를 증가시키지 않았다.
2. 자가중합형 복합레진의 결합강도는 중간레진을 적용할 경우 증가하였다.
3. 중간레진의 적용 전 접착제의 중합여부는 결합강도의 변화에 영향을 미치지 않았다.
4. 중간레진이 친수성일 때 소수성 또는 높은 소수성의 중간레진을 적용할 때 보다 높은 결합강도를 나타냈으나 통계학적 유의차는 없었다.

광중합형 복합레진의 수복 시 단일과정 접착제를 사용하는 것은 초기 결합강도에 영향을 미치지 않으며, 자가중합형 복합레진을 단일과정 접착제와 사용할 때는 접착층의 투과도를 감소시키는 소수성의 중간레진을 적용하여 부적합성을 해소할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Tay FR, Pashley DH, Suh B, Carvalho R, Miller M. Single step, self etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part I. Bond strength and morphologic evidence. *Am J Dent* 17:271-278, 2004.
2. Tay FR, Pashley DH, Garcia Godoy F, Yiu CK. Single step, self etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent* 17:315-322, 2004.
3. Kramer N, Lohbauer U, Frankenberger R. Adhesive luting of indirect restorations. *Am J Dent* 13(Spec No):60D-76D, 2000.
4. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: a review of the current literature. *J Prosth Dent* 80:280-301, 1998.
5. Diaz Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosth Dent* 81:135-41, 1999.
6. Cheong C, King NM, Pashley DH, Ferrari M, Toledano, M, Tay FR. Incompatibility of self etch adhesives with chemical/dual cured composites: two step vs one step systems. *Oper Dent* 28:747-755, 2003.
7. Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, Lai CN. Single bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. *In vivo* evidence. *J Dent* 32:611-621, 2004.
8. Chersoni S, Suppa P, Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, Huang C, Prati C, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. *In vivo* and *in vitro* permeability of one step self etch adhesives. *J Dent Res* 83:459-464, 2004.
9. Sanares AM, Itthagarun A, King NM, Tay FR, Pashley DH. Adverse surface interactions between one bottle light cured adhesives and chemical cured composites. *Dent Mater* 17:542-56, 2001.
10. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 17:296-308, 2001.

11. Kubo S, Yokota H, Sata Y, Hayashi Y. Microleakage of cervical resin composite restoration. Modern trends in adhesive dentistry Proceedings of the adhesive dentistry forum '99 in Tsurumi, Yokohama, Japan, Kuraray Co. Ltd., 153-165, 1999.
12. Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM, Wei SH. Factors contributing to the incompatibility between simplified step adhesives and chemically cured or dual cured composites. Part I. Single step self etching adhesive. *J Adhes Dent* 5:27-40, 2003.
13. Tay FR, Suh BI, Pashley DH, Prati C, Chuang SF, Li F. Factors contributing to the incompatibility between simplified step adhesives and chemically cured or dual cured composites. Part II. Single bottle, total etch adhesive. *J Adhes Dent* 5:91-105, 2003.
14. Tay FR, King NM, Suh BI, Pashley DH. Effect of delayed activation of light cured resin composites on bonding of all in one adhesives. *J Adhes Dent* 3: 207-25, 2001.
15. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 30:371-82, 2002.
16. Tay FR, Pashley DH, Peters MC. Adhesive permeability affects composite coupling to dentin treated with a self etch adhesive. *Oper Dent* 28:610-21, 2003.
17. Moll K, Haller B. Effect of intrinsic and extrinsic moisture on bond strength to dentine. *J Oral Rehabil* 27:150-165, 2000.
18. Pashley EL, Zhang Y, Lockwood PE, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effects of HEMA on water evaporation from water HEMA mixtures. *Dent Mater* 14:6-10, 1998.
19. Tay FR, Pashley DH. Water treeing - A potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 16:6-12, 2003.
20. Carrilho MRO, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Long term durability of resin dentin bond: a microtensile bond strength study. *Am J Dent* in press.
21. Carrilho MRO, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Effects of storage media on mechanical properties of adhesive systems. *Am J Dent*, in press. *Am J Dent* 17:104-8, 2004.
22. Carvalho RM, Pegoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NR, Pashley DH. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilise self etching primers to dentine. *J Dent* 32:55-65, 2004.
23. El Zohairy AA, De Gee AJ, Hassan FM, Feilzer AJ. The effect of adhesives with various degrees of hydrophilicity on resin ceramic bond durability. *Dent Mater* 20:778-787, 2004.
24. Carrilho MR, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Effects of storage media on mechanical properties of adhesive systems. *Am J Dent* 17:104-8, 2004.
25. Yiu CK, King NM, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, CarrilhoMR, et al. Effect of resin hydrophilicity and water storage on resin strength. *Biomaterials* 25:5789-96, 2004.
26. Yiu CK, King NM, Carrilho MR, Sauro S, 26. Rueggeberg FA, 26. Prati C, 26. Carvalho RM, 26. Pashley DH, 26. Tay FR. Effect of resin hydrophilicity and temperature on water sorption of dental adhesive resins. *Biomaterials* In press, 2005.
27. Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B, Svizero N, Carvalho RM, Yiu C, et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials* 26:6449-59, 2005.
28. 28. Yiu CK, 28. Pashley EL, 28. Hiraishi N, 28. King NM, 28. Goracci C, 28. Ferrari M, 28. Carvalho RM, 28. Pashley DH, 28. Tay FR. Solvent and water retention in dental adhesive blends after evaporation. *Biomaterials* 26:6863-72, 2005.
29. Prati C, Chersoni S, Acquaviva GL, Breschi L, Suppa P, Tay FR, Pashley DH. Permeability of marginal hybrid layers in composite restorations. *Clin Oral Investig* 9:1-7, 2005.
30. King NM, Hiraishi N, Yiu CK, Pashley EL, Loushine RJ, Rueggeberg FA, Pashley DH, Tay FR. Effect of resin hydrophilicity on water vapour permeability of dental adhesive films. *Eur J Oral Sci* 113:436-42, 2005.
31. Choi SM, Choi KK, Park SJ. Effect of the additional application of a resin layer on dentin bonding using single step adhesives. *JKACD*, in Press, 2006.
32. Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single step adhesives. *J Dent Res* 81:472-476, 2002.
33. Chang YI, Choi KK, Park SJ. Compatibility between two step self etching adhesives and composites with different curing mode. *JKACD*, in Press, 2006.
34. Han CS, Choi KK, Choi GW. Influence of application/drying time of self etching primer on shear bond strength to dentin. *Kyung Hee Dent J* 23:1, 175-185, 2001.
35. Tanaka J, Ishikawa K, Yatani H, Yamashita A, Suzuki K. Correlation of dentin bond durability with water absorption of bonding layer. *Dent Mater J* 18:11-8, 1999.
36. Burrow MF, Inokoshi S, Tagami J. Water sorption of several bonding resins. *Am J Dent* 12:295-8, 1999.
37. Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, Pashley DH. Long term durability of dentin bonds made with a self etching primer, *in vivo*. *J Dent Res* 78:906-11, 1999.
38. Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *J Dent Res* 82:141-5, 2003.

국문초록

중간레진의 친수성이 상아질 접착에 미치는 영향

김용성 · 박상혁 · 최기운 · 최경규*

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실

단일과정 접착제를 이용함에 있어 복합레진과의 부적합성을 개선하고자 중간레진이 결합에 영향을 미칠 것으로 사료된다. Experimental single step system (Bisco Ltd., Schaumburg, IL)을 대조군으로 하고 6종의 중간레진을 접착제의 중합여부, 복합레진의 광중합-자가중합 여부로 분류하였다. 상아질에 대한 광중합 또는 자가중합형 복합레진의 결합강도를 측정하고 접착계면에 대한 투과전자현미경 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 중간레진의 적용은 광중합형 복합레진의 결합강도를 증가시키지 않았다.
2. 자가중합형 복합레진의 결합강도는 중간레진을 적용할 경우 증가하였다.
3. 중간레진의 적용 전 접착제의 중합여부는 결합강도의 변화에 영향을 미치지 않았다.
4. 중간레진이 친수성일 때 소수성 중간레진을 적용할 때 보다 높은 결합강도를 나타냈으나 통계적 유의차는 없었다.

광중합형 복합레진의 수복 시 단일과정 접착제를 사용하는 것은 초기 결합강도에 영향을 미치지 않으며, 자가중합형 복합레진을 단일과정 접착제와 사용할 때는 접착층의 투과도를 감소시키는 소수성의 중간레진을 적용하여 부적합성을 해소할 수 있을 것이다.

주요어: 단일과정 접착제, 중간레진, 사전 중합여부, 필러, 소수성, 결합강도