

상아질과 접착제 간의 계면양상

부산대학교 치과대학 치과보존학교실
강지영 · 허 복

Abstract

INTERFACIAL MORPHOLOGY BETWEEN DENTIN AND ADHESIVES

Ji-Young Kang, Bock Hur

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry,
Pusan National University*

The purpose of this study was to evaluate the effect of smear layer management on the interfacial morphology between dentin bonding system and dentin.

Clearfil New Bond, Scotchbond Multipurpose, Prisma Universal Bond 3 and X-R Bond were used on the cervical dentinal surfaces of bovine incisor teeth. All of the dentin bonding systems were labeled with fluorescein in primer and rhodamine B in adhesive. Specimens of 2~3mm thickness were prepared by longitudinal and labiolingual sectioning. The interface between dentin bonding system and dentin was observed by fluorescence imaging with a confocal laser scanning microscope.

Following results were obtained.

1. In the specimen of Clearfil New Bond, dentinal tubules were widened by destruction of peritubular dentin in the course of treatment with phosphoric acid of high concentration.
2. Hybrid layer was observed in the specimen of Scotchbond Multipurpose and X-R Bond.
3. In the specimen of Prisma Universal Bond 3, the penetration of adhesive was not observed clearly.

I. 서 론

법랑질에 대한 접착에 성공한 이후, 상아질도 37% 인산으로 부식시켜 법랑질에서와 같은 높은 결합력을 얻으려는 시도가 있었다. 그러나 법랑질과는 다른 상아질의 구조와 성분, 그리고

생체적합성에 대한 우려 때문에 부적합한 방법이라고 생각되었다. 이에 따라 상아질면의 무기질이나 유기질과의 화학적 결합을 시도하였다.

초기 제품에서는 상아질 표면의 칼슘을 치환하는 결합 증진제로서 표면 활성 comono-

mer인 N-phenylglycine glycidyl methacrylate를 사용하였으나 2세대 제품에서는 중합 가능한 phosphates를 Bis-GMA resin에 첨가하는 방법으로 상아질내 칼슘과의 결합을 도모하였다. 그러나 이들 제품은 대부분 소수성(hydrophobic)이며 도말층을 제거하지 않는 방식이었으므로 결합력이 2~6MPa로 매우 낮았고, 화학적 결합의 증거도 희박하였다¹⁻³⁾. 따라서 3세대 제품들은 결합력을 증가시키기 위해서 상아질의 표면 처리에 다시금 관심을 가지게 되었다. 도말층을 처리하는 방식은, 보존하되 변형하는 방법과 용해시켜 제거하는 방법으로 나눌 수 있고⁴⁻⁵⁾, 이러한 목적으로 산 처리제(acidic conditioner) 또는 킬레이트(chelator)등이 주로 사용되며, 레이저 조사와 미세연마(microabrasion) 술식도 표면처리에 이용되고 있다⁶⁾.

그러나 단순히 법랑질에서와 같이 고농도의 인산으로 부식시켜 관주 상아질을 파괴하고 얻은 macro resin tag는 결합력 향상에 효과가 없으며, 접착제의 다량체가 관간 상아질내로 침투하여 교원섬유의 다량체와 긴밀하게 결합함으로써 hybrid layer를 형성해야 높은 결합력을 얻을 수 있다는 이론이 받아들여지고 있는 것이 최근의 경향이다⁷⁻¹¹⁾. 이러한 이론을 확인할 목적으로, 상아질과 접착제간의 결합 양상을 접합면 관찰을 통해 규명해 보고자 하는 노력이 계속되어 왔다. 여기에 사용된 방법으로는, 주사 전자현미경으로 횡단면 시편에서 수복재와 상아질의 경계면을 관찰하거나¹²⁻¹⁴⁾, 강산으로 치질을 용해시켜서 얻은 resin replica를 관찰하는 방법¹⁵⁻¹⁹⁾ 등이 널리 사용되었으나 근래에는 보다 효과적인 투과 전자현미경적 관찰^{7,9,20)}, agron ion beam etching 후 주사 전자현미경적 관찰방법²¹⁻²³⁾ 등이 사용되고 있다.

그러나 이러한 방법으로는 치질과 수복물에 손상을 주지않고 건조한 상태로 관찰할 수가 없다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 공초점 레이저 주사 현미경을 이용하는 방법이 도입되고 있다²⁴⁻²⁶⁾. 이 방법에는 현미경 관찰을 위한 별도의 시편 처리 과정이 없기 때문에, 시편의 제작이 간단하며 수복물과 치질에 손

상이 없는 건전한 시편을 관찰할 수 있다. 또한 레이저선은 한 점으로 모이는 특성이 있어 정교한 초점을 쉽게 맺을 수 있고, 표본 내부로 투영되어 표본을 얇은 단면상으로 주사하여 표면하 구조를 관찰할 수 있다. 그리고, 컴퓨터 프로그램에 의하여 초점 바깥의 상은 모두 제거되고 초점이 맞는 상만을 볼 수 있게 되어 있어 해상력이 매우 높은 선명한 상을 볼 수 있다. 또한, 표본의 두께를 여러 단면으로 주사하여 컴퓨터 프로그램으로 재구성하면 입체적인 구조를 볼 수 있다. 또한 형광장치가 있어 조직 또는 세포내의 형광물질이나 인위적으로 표지한 여러 종류의 형광을 서로 다른 색깔로 동시에 추적할 수 있다²⁴⁾. 이상과 같은 내용을 토대로, 공초점 레이저 주사현미경을 이용하여 상아질과 접착제의 계면을 관찰함으로써, 상아질 표면 처리 방식이 상이한 몇몇 제품들을 사용하였을 때, 각각의 도말층 처리방법에 따른 접착제 침투 양상의 차이를 비교하고자 하였다.

II 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

실험대상 치아는 발거후 실온에서 증류수에 보관한 bovine incisor tooth를 사용하였다. 상아질 접착제는 표면처리 방식에 따라, 도말층을 용해시켜 제거하는 방식을 채택한 Clearfil New Bond와 Scotchbond Multipurpose, 그리고 도말층을 보존하되 변형하여 이용하는 Prisma Universal Bond 3와 X-R Bond를 사용하였으며 충전용 resin은 각각 동일 제조사의 제품을 사용하였다(표 1).

2. 연구 방법

가. 시편 제작

bovine incisor teeth를 resin block에 심은 후, 주수하에서 저속으로, 치경부 법랑질을 diamond disk로 삭제하여 평탄한 상아질면을 노출시켰다. 표면을 세척한 다음, 각 제조사의 지시에 따라 표2와 같은 방식으로 상아질 접착제를 사용한 후 충전용 resin을 첨가하였다.

이때 Scotchbond Multipurpose, Prisma Uni-

Table 1. Four dentin bonding agents and composite resins

Products		Manufacturers	Composition of bonding system
Bonding agent	Composite resin		
Clearfil New Bond	Clearfil FII	Kuraray	K etchant : 37% phosphoric acid Universal liquid Catalyst liquid
Scotchbond Multipurpose	Z-100	3M	etchant : 10% maleic acid primer : HEMA adhesive : HEMA, Bis-GMA
Prisma Universla Bond 3	APH	Caulk	primer : HEMA, PENTA, ethanol adhesive : phosphate ester, glutaraldehyde
X-R Bond	Herculite	Kerr	primer : phosphate ester dimethylacrylate adhesive : phosphated Bis-GMA

Table 2. Procedure of bonding agent application

Clearfil New Bond	acid etching : 30 sec. ; washing : 20 sec. ; dyr : 30 sec. ; adhesive(rhodamine B labeled) application
Scotchbond Multipurpose	acid etching : 15 sec. ; washing : 15 sec. ; dyr ; primer(fluorescence labeled) application and dry ; adhesive(rhodamine B labeled) application and light curing : 10 sec.
Prisma Universal Bond 3	primer(fluorescence labeled) application : 30 sec. ; dry : 10 sec. ; adhesive(rhodamine B labeled) application : 10 sec. ; air thinning ; light curing : 15 sec.
X-R Bond	primer(fluorescence labeled) application : 30 sec. ; dyr : 10 sec. ; light curing : 10 sec. adhesive(rhodamine B labeled) application : 10 sec. ; light curing : 10 sec.

versal Bond 3, X-R Bond의 primer에는 fluore-scene(Sigma)을, 4 제품의 adhesive에는 rhodamine B(Sigma)를 각각 첨가하였다.

다음, 주수하에서 저속 diamond disk로, 치

아 장축에 평행하게 순설 방향으로 절단하여 2~3mm 두께의 시편을 제작하였으며 제작된 시편의 표면은 # 600, 1,000 sand paper로 연마하였다. 제작된 시편들은, 현미경으로 관찰할

때까지, 건조되지 않도록 실온의 수중에 보관하였다.

나. 현미경 관찰

공초점 레이저 주사현미경(MRC 600, Bio-rad, UK.)을 사용하여 건조한 상태에서 400배의 배율로 관찰하였다. 이때, primer와 접착제에 혼합한 형광 색소가 확산된 양상을 관찰하기 위하여, 각 형광물질을 구별할 수 있는 파장의 filter를 사용하였다.

fluorescence(primer)인 경우에는 490nm excitation filter와 520nm barrier filter를, rhodamine B(adhesive)의 경우에는 546nm excitation filter와 600nm barrier filter를 사용하였다.

III. 결 과

가. Clearfil New Bond

산에 의해 관주상아질이 파괴되어 세관의 입구가 넓어짐과 동시에 관간상아질도 용해되어, 세관이 좁아졌으며 상아질면이 평탄하지 않고 불규칙 하였다(그림 1).

그리고 넓어진 상아세관을 따라 접착제가 두껍게 침투된 양상은 볼 수 있었으나 관간상아질내로 접착제가 확산된 양상을 볼 수 없었다(그림 2).

나. Scotchbond Multipurpose

상아세관의 입구는 다소 넓어졌으나 하부세관의 굵기는 변화가 없었다(그림 3).

primer는 세관을 따라 깊이 침투하였으며 접착제도 primer를 따라 확산되었지만 길이는 primer 부분보다 짧은 양상이었다(그림 4).

다. Prisma Universal Bond 3

상아세관의 형태 변화도 없었고, primer와 접착제가 세관과 관간상아질내로 침투한 흔적도 불분명 하였다(그림 5, 6).

라. X-R Bond

상아세관의 굵기는 변화가 없었고 관간상아

질도 보존되었으나, 세관과 관간상아질 내부로 primer가 깊이 확산되었다(그림 7). 그러나 접착제가 침투한 깊이는 매우 얇았다(그림 8).

IV. 총괄 및 고안

상아질은 법랑질보다 많은 유기질(18%)과 수분(12%)을 함유하기 때문에 낮은 표면 energy를 가지므로 수복재료의 wetting이 불량해서 접착에 불리하다. 또한 접착은 상아질의 wetness에 영향을 받는데, 심부로 갈수록 수와 개구면적이 커지며 조직액으로 차있는 세관구조를 가지기 때문에, 상아질은 법랑질보다 표면이 젖어 있다. 삭제후에는, 수산화인회석(hydroxyapatite)과 부분적으로 변성된 교원섬유를 주성분으로 하는, 1~5 micron 두께의 도말층이 형성된다. 이 도말층은, 상아질면을 덮으면서 세관도 일부 폐쇄하여, 상아질의 액체 투과력과 치수 과민 반응을 낮추고 상아질 접착에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이밖에도 상아질은 치수와 직접 연결된 살아있는 조직이므로 고농도의 산에 의한 치수 자극의 가능성 때문에, 선처리를 하는 것에 대해 오랫동안 거부감을 가지고 금기시 한 것이 사실이다^{3,4,7,21,27-29}. 실제로 zinc oxide eugenol cement로 수복하였을 때 볼 수 없었던 염증세포인 neutrophil이, 산 적용후 치수에서 관찰되었다³⁰. 즉 상아질 처리제 자체가 치수에 유해하다는 것이다. 그러나 접착제와 레진이 적절히 상아질을 봉쇄한다는 조건하에서, 산 농도를 낮추고 적용시간을 줄인다면 산 처리제의 영향은 우려할 정도는 아닌것 같다²⁰.

또한 상아질 접착제의 개발역사에서 화학적 결합의 시도가 실패한 이후 현재의 제품들은 대부분 어떤 방식으로든지 상아질에 산처리를 하고 있다. 본 연구에서 사용한 Clearfil New Bond는 상아질 산부식법을 도입한 초기의 제품으로 법랑질에서와 같이 37% 인산을 사용한다. 인산 gel로 부식한 상아질 표면은 도말층과 smear plug가 모두 제거되고, 탈회로 인하여 수산화인회석(hydroxyapatite)의 지지를 상실한 교원섬유층이 수축된 결과로 산 처리

하지 않은 면보다 낮아진다²³⁾. 또한 고농도 산에 의해 관간 상아질이 용해되거나 약해져서 상아세관의 입구가 funnel shape으로 넓어지고⁶⁾, 고장성액이 수분을 상아질로부터 표면으로 끌어내어 양자의 내부 확산을 막으려 하기 때문에 monomer의 확산이 방해받아 효과적인 접착이 이루어지지 못하여 결합력이 알려진 바로는 4~8MPa 정도로 매우 낮다^{7, 20, 21, 28, 31)}.

따라서 현재는 약산으로 처리하여 도말층을 제거하고 관간 상아질을 부분적으로 탈회하면서 smear plug는 보존하는 방식을 택하고 있는데 그 예가 Scotchbond Multipurpose로서 10% maleic acid를 etchant로 사용하고 있다. maleic acid로 상아질면을 처리한 후에는 상아세관 뿐만 아니라 표면적으로 탈회된 관간 상아질내로도 친수성 monomer인 primer가 침투하여 1~5micron의 표면 상아질과 결합하게 된다. 이때 primer는 collagen network를 보다 개방 형태로 유지하는 기능을 한다²⁹⁾. primer는 HEMA와 polyalkenoic acid의 수용액으로 구성되어 있으며, 세관을 막지 않는다. 접착제가 primer의 상방을 덮으며 세관을 막는데 본 연구의 결과(그림 3, 4)에서도 확인할 수 있었다¹⁶⁾. 이러한 primer의 한 성분인 HEMA(hydroxyethyl methacrylate)는 monomer의 확산을 증진시키고, 상아질의 성분과 얽혀서 hybrid layer의 형성을 촉진하는 것으로 알려져 있는 화학물질이다³¹⁾. 이렇게 보존된 교원섬유가 접착제의 polymer와 결합하여 생성되는 hybrid layer(resin infiltrated layer)의 존재가 결합력 증진에 중요한 것으로 부각되고 있는데, 이 층은 산에 강하고 미생물 침투에 효과적인 방어막이라고 한다^{8, 11)}.

Nakabayashi의 주장에 따르면 hybrid layer 형성을 위해서는 다음과 같은 3가지 특징이 요구된다고 하였다. 첫째는 상아질이 탈회될 때 collagen을 포함한 dentinal peptide가 변성되지 않아야 하고, 둘째는 bonding resin에 친수성과 소수성기가 모두 붙은 monomer가 포함되어야 하며, 마지막으로 catalyst는 산소와 수분의 존재 하에서도 중합될 수 있어야 한다는 것이다¹¹⁾. Scotchbond Multipurpose에

서는 hybrid layer로 추정되는 층을 관찰할 수 있었고, 알려진 결합력은 25MPa로 상당히 높다¹⁷⁾.

이에 반해 Prisma Universal Bond 3와 X-R Bond에서는 도말층을 제거하는 과정이 없다. Prisma Universal Bond 3는 이론적으로 화학적 결합을 표방하는 제품으로 접착제의 성분인 phosphate ester가 도말층내로 침투하여 도말층내의 수산화 인회석과 결합할 뿐만 아니라 도말층 하부 상아질까지 침투하여, 상아질 성분과 결합한다고 한다¹⁶⁾. 또 접착제에 포함된 glutaraldehyde는 매우 효과적인 protein cross-linking agent로서 이온결합은 이 system의 중요한 부분을 차지한다¹³⁾. 그러나 본 연구에서는 접착제가 세관내로 침투한 흔적이 불분명하였으며 상아질의 형태 변화도 볼수 없었다. 알려진 결합력은 11.2¹⁶⁾ 또는 18.6MPa³⁾이다.

그러나 X-R Bond에서는 표면 산처리가 없었음에도 primer 성분이 상아세관과 관간 상아질을 따라 깊이 침투된 hybrid layer라 생각되는 부분을 관찰할 수 있었다. primer의 성분인 phosphate ester와 dimethylacrylate가 상아질의 calcium과의 결합을 촉진하는 역할을 하고²⁷⁾, 도말층을 제거하지는 않지만 특성을 변화시킨다²⁸⁾. 결합력은 15.6MPa정도로 알려져 있다³⁾.

위에서 살표본 바와 같이 결합력 증진에 필수적인 hybrid layer는 산용액으로 표면처리를 시행한 Scotchbond Multipurpose와 시행하지 않은 X-R Bond의 시편 모두에서 관찰할 수 있었다. 따라서 아직은 상아질 표면 처리법에 있어서 확고하게 정립된 원칙은 없다고 볼 수 있다. 그러나 2제품의 결합력 차이가 상당히 큰것을 볼때 도말층을 약산으로 제거하는 방식이 좀 더 우수하다고 생각된다.

최근의 결합제의 경향은 치질뿐 아니라 아말감이나 금속 또는 porcelain과도 부착할수 있는 다목적 bonding system들이 계속 개발되고 있으며, 젖은 표면이 접착에 불리하다는 종래의 이론과는 다른, 젖은 표면에서의 결합력이 더 높다는 wet bonding도 선보이고 있다^{15, 33, 34)}.

V. 결 론

도말층 처리방식이 상아질과 접착제의 결합에 미치는 영향을 조사하기 위하여 bovine incisor teeth의 순면 치경부 상아질에, primer에는 fluorescene을 첨가하고 접착제에는 rhodamine B를 첨가한, Clearfil New Bond, Scotchbond Multipurpose, Prisma Universal Bond 3, X-R Bond의 4가지 dentin bonding system을 적용하였다.

수복된 치아를 장축에 평행하게 순, 설방향으로 절단하여 2~3mm 두께의 절편을 제작하고, 접착제와 상아질의 계면을 공초점 레이저 주사 현미경으로 관찰하여 도말층 처리방식에 따른 접착제의 침투 양상과 상아질의 형태변화를 조사하였다.

1. 도말층을 고농도 인산으로 처리한 Clearfil New Bond의 경우에는 관주상아질의 파괴로 인해 세관이 확대되어 붉은 resin tag가 형성되었다.
2. Scotchbond Multipurpose와 X-R Bond를 적용한 시편에서 hybrid layer를 관찰할 수 있었다.
3. Prisma Universal Bond 3 시편에서는 접착제의 침투양상이 불분명 하였다.

참고문헌

1. Barkmeier, W. W. and Cooley, R. L. : laboratory evaluation of adhesive systems. Operative Dent. (supplement 5) : 50-61, 1992.
2. van Meerbeek, B. et al. : Chemical characterization of the resin-dentin interface by Micro-Raman Spectroscopy. J. Dent. Res. 72(10) : 1423-1428, 1993.
3. Spencer, P. et al. : Chemical characterization of the dentin/adhesive interface by Fourier transform Infrared Photoacoustic Spectroscopy. Dent. Mater. 18(1) : 10-15, 1992.
4. Heymann, H. O. and Bayne, S. C. : Current concepts in dentin bonding : focusing on dentinal adhesion factors. JADA, 124 (5)27-36, 1993.
5. Mandras, R. S. et al. : Shear bond strength of 10 dentinal bonding restorative systems. General Dent. 3-4 : 133-137, 1993.
6. Bertolotti, R. L. : Conditioning of the dentin substrate. Operative Dent. (supplement 5) : 131-136, 1992.
7. Nakabayashi, N. : Adhesive bonding with 4-META. Operative Dent.(supplement 5) : 125-130, 1992.
8. Leinfelder, K. F. : Current developments in dentin bonding systems : major progress found in today's products. JADA, 124 (5) : 40-42, 1993.
9. Nakabayashi, N. : Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo : durable bonding to vital dentin. Quint. Int. 23 : 135-141, 1992.
10. Retief, D. H. : Adhesion to dentin. J. Esthe. Dent. 3(3) : 106-113, 1991.
11. Nakabayashi, N. et al. : Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. J. Esthe. Dent., 3(3) : 133-138, 1991.
12. Jacobsen, T. and Finger, W. J. : Morphology of coupling sites between bonding agents and dentine in vivo and in vitro. J. Dent. 21(3) : 150-157, 1993.
13. Perdigao, J. et al. : In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. J. Dent. Res. 73(1) : 44-55, 1994.
14. Goracci, G. et al. : In vivo and in vitro analysis of a bonding agent. Quint. Int. 25 : 627-635, 1994.
15. Suh, B. I. : All-Bond : Forth generation dentin bonding system. J. Esthe. Dent. 3

- (4) : 139–147, 1991.
16. Chappell, R. P. and Eick, J. D. : Shear bond strength and scanning electron microscopic observation of six current dentinal adhesives. *Quint. Int.* 25(5) : 359–368, 1994.
 17. Ferrari, M. : The micromorphologic relationship between resin and dentin in Class V restorations : An in vivo and in vitro investigation. *Quint. Int.* 25(9) : 621–625, 1994.
 18. Walshaw, P. R. and McComb, D. : SEM evaluation of the resin-dentin interface with proprietary bonding agents in human subjects. *J. Dent. Res.* 73(5) : 1079–1087, 1994.
 19. Ferrari, M. et al. : Morphologic aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with five different dentin adhesive systems tested in vivo. *J. Prosthe. Dent.* 71 : 404–408, 1994.
 20. Pashley, D. H. et al. : Interaction of conditioners on the dentin surface. *Operative Dent.*(supplement 5) : 137–150, 1992.
 21. van meerbeek, B. et al. : Factors affecting adhesion to mineralized tissues. *Operative Dent.*(supplement 5) : 111–124, 1992.
 22. Harnirattisai, C. et al. : Interfacial morphology of an adhesive composite resin and etched caries-affected dentin. *Operative Dent.*, 17 : 222–228, 1992.
 23. Inokoshi, S. et al. : Interfacial structure between dentin and seven dentin bonding systems revealed using argon ion beam etching. *Operative Dent.* 18 : 8–16, 1992.
 24. Watson, T. F. : Application of confocal scanning optical microscopy to dentistry. *Brit. Dent. J.*, 9 : 287–291, 1991.
 25. Watson, T. F. : A confocal optical microscope study of the morphology of the tooth/restoration interface using Scotch-bond 2 Dentin Adhesive. *J. Dent. Res.* 68 (6)1124–1131, 1989.
 26. Boyde, A. et al. : Fluorescence in the tandem scanning microscope. *J. Microscopy* 157 : 39–49, 1989.
 27. Jonson, G. H., Powell, V. and Gordon, G. E. : Dentin bonding system : A review of current products and techniques. *JADA*, 122(6) : 34–41, 1991.
 28. Jendresen, M. D. et al. : Annual review of selected dental literature : Report of the Committee on Scientific Investigation of the American Academy of Restorative Dentistry. *J. Prosthe. Dent.*, 70(1) : 44–85, 1993.
 29. Erickson, R. L. : Surface interactions of dentin adhesive materials. *Operative Dent.* (supplement 5) : 81–94, 1992.
 30. Stanley, H. R. : Pulpal consideration of adhesiv materials. *Operative Dent.* (supplement 5) : 151–164, 1992.
 31. Nakabayashi, N. and Takarada, K. : Effects of HEMA on bonding to Dentin. *Dent. Mater.* 3 : 125–130, 1992.
 32. Chappell, R. P. et al. : Dentinal tubule anastomosis : A potential factor in adhesive bonding? *J. Prosthe. Dent.* 72 : 183–188, 1994.
 33. Kanca, J. : Dental adhesion and the all-Bond System. *J. Esthe. Dent.* 3(4) : 129–132, 1991.
 34. Charlton, D. G. and Beatty, M. W. : The effect of dentin surface moisture on bond strength to dentin bonding agents. *Operative Dent.* 19 : 154–158, 1994.

Explanation of figures

“D” in all of the figures denote dentin.

Fig 1. Fluorescent image of interface between Clearfil New Bond and dentin.

Adhesive which was labeled with rhodamine B could be observed as white color. Conditioned surface is lower than unconditioned surface.

Fig 2. Fluorescent image of interface between Clearfil New Bond and dentin.

The deep penetration of adhesive into the widened tubules could be observed.

Fig 3. Interface between dentin and Scotchbond Multipurpose.

Primer labeled with fluorescein (green) and adhesive labeled with rhodamine B (yellow) could be observed. Tubule opening is widened slightly and primer has deeply penetrated into the tubules.

Fig 4. Same field as fig. 3

Rhodamine B from adhesive to be seen alone. Adhesive has shortly penetrated into the tubules.

Fig 5. Interface between dentin and Prisma Universal Bond 3

Dentin/composite interface with primer labeled with fluorescein (green) and adhesive labeled with rhodamine B (yellow). The penetration of adhesive was not observed clearly.

Fig 6. Same as fig. 5

Fig 7. Interface between dentin and X-R Bond

Dentin/composite interface with primer labeled with fluorescein (green) and adhesive labeled with rhodamine B (yellow).

Dentin structure was not changed but primer has deeply penetrated into the tubules and intertubular dentin.

Fig 8. Same field as Fig. 7

Rhodamine B from adhesive to be seen alone.

논문사진부도 ①

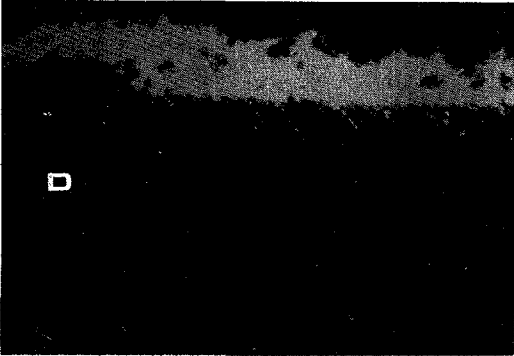


Fig 1.

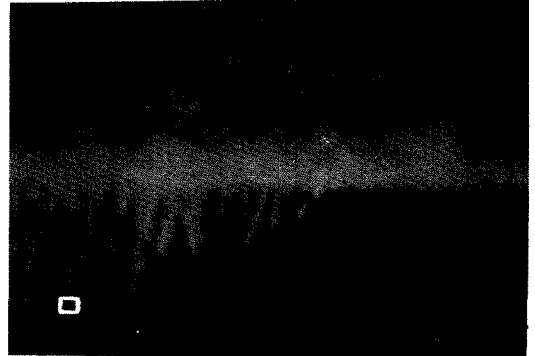


Fig 2.

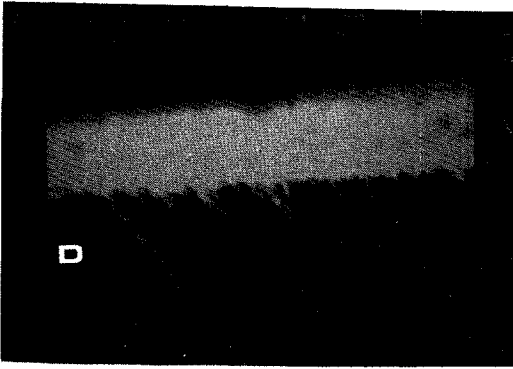


Fig 3.

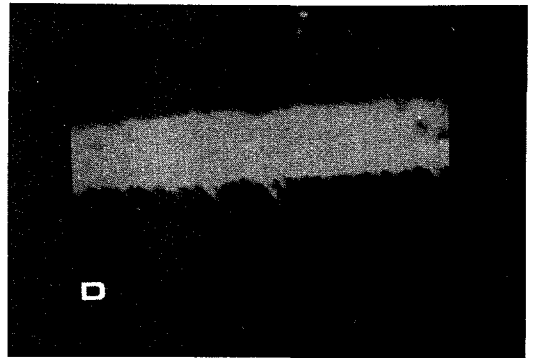


Fig 4.



Fig 5.

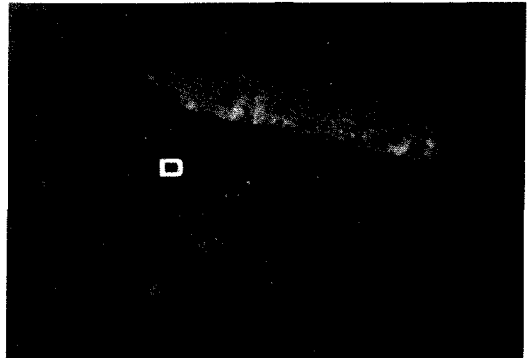


Fig 6.

논문사진부도 ②

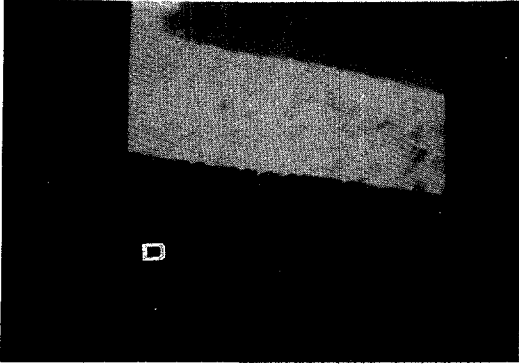


Fig 7.

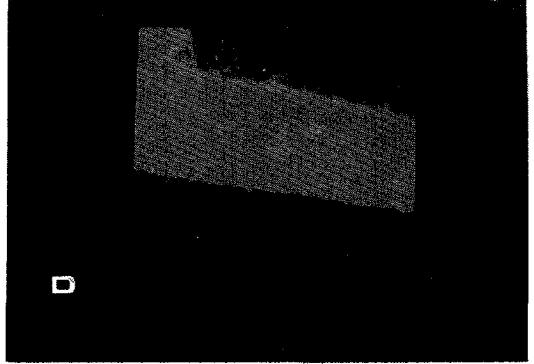


Fig 8.