

수증 상아질 표면처리제에 의한 레진 침투 및 전단결합강도에 관한 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학 교실

이광원 · 이명종

목 차

- I. 서 론
- II. 실험 재료 및 방법
- III. 실험 성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고 문헌
- 논문 부도
- 영문 초록

I. 서 론

상아질 표면과 수복 물질간의 결합을 증진시키기 위해 여러 종류의 상아질 접착제(Dentin adhesive)와 접착 강화제(Primer), 그리고 상아질 표면 처리제에 대한 연구가 진행되고 있다. 실제로 수복 물질이 상아질에 물리적 또는 화학적으로 강하게 결합될 수 있다면 유지를 위한 치질의 삭제나, 변연부 누출, 세균과 변색 물질의 유입을 방지할 수 있으며 그에 따른 재발성 우식을 예방할 수 있으므로 수복물의 수명을 연장시킬 수 있다^{1,2)}.

그러나 이러한 상아질과 수복물질간의 결합에는 상아질의 구성 성분이나 표면처리후의 구조적 특성, 중합체의 화학적 특성, 접합 역학, 체액 이동 등의 복잡한 여러 인자^{3,4,5)}가 관여 되고 있으며, 특히 도말층과의 상호 연관성⁶⁾도 큰 비중을 차지하고 있다. 또한 Standford⁷⁾는 상아질의 산부식여부, 수복재료의 경화수축 정도, 치면의 깊이, 발

치후의 경과 시간, 실험치아의 기왕력등이 상아질 접합에 관여하는 또다른 인자로 고려하고 있다. 법랑질에서의 수복재료와의 결합은 Buonocore⁸⁾와 Bowen⁹⁾에 의한 산부식법이 현재까지 사용되고 있으며, 이는 산 처리후에 만들어지는 표층의 많은 미세공극을 사용하는 물리적 유지기전을 이용하고 있다. 이러한 산 용액들은 쉽게 도말층을 제거할 수 있는데, Nordenvall 과 Brannstrom¹⁰⁾은 37% 인산용액과 50%구연산을 사용하여 15초와 1분간 상아질에 적용한 결과 특별한 치수반응이나 염증반응, 치수괴사등이 나타나지 않았음을 보고 하였다. 가장 흔하게 사용되는 법랑질 산 부식 용액은 30-65%의 인산 용액을 들수 있으며, 이농도의 용액을 상아질에 적용시 도말층뿐만 아니라 관주 상아질도 용해시켜 상아세관이 넓혀지는 결과를 초래한다. Nordenvall¹⁰⁾과 Gwinnet¹¹⁾, Fusayma¹²⁾는 이렇게 넓혀진 상아세관내로 수복레진을 침투시킨 경우 resin tag의 형성과 결합력의 증가를 보고 하였다. 그러나 상아질 표면 처리후 하부기질내의 조직의 생활력과 치수와 관계된 형태적, 생리적 측면을 고려하여 적용이 이루어져야 한다^{13,14)}. 이처럼 법랑질과는 대조적으로 상아질을 산 처리하여 유기질을 제거하게 되면 무기질만을 표층에 남겨두는 결과가 되어 분말 형태로 붕괴 되어져 수복재료와의 결합에 장애가 될 수 있다¹⁾. 그후 상아질 접착제의 결합력을 증진시키기 위해서 상아질내의 유기질, 특히 교원섬유와의 결합을 강조하여 오고 있으며, Nakabayashi¹⁵⁾는 특히 상아질을 10% citric acid와 3% ferric chloride의 혼합물(10-3용액)로

本 研究는 1989년도 서울大學校病院 特診研究費로 充當되었음.

산부식시키는 경우 ferric ion 이 상아질 표층에 존재하는 교원섬유를 변성시키지 않음으로서 결합력이 증가되었다고 보고하였다.

따라서 산부식법 이외에 상아질 표면과의 결합력을 증진시키기 위한 연구등이 이루어져 왔으며, Scotchbond(3M Co.)¹⁷⁾와 같은 상아질 접착제는 도말층이 존재 하여도 이 두께의 깊이를 침투하여 calcium hydroxyapatite crystalites 내의 calcium 과 phosphorus 를 Scotchbond 로 방출 시킨다. 그후 변형이 되지 않은 collagen network 에 친수성을 지닌 methacrylate monomer 가 들어가 교원섬유와 서로 결합을 이루는 collagen entanglement theory 를 따르고 있다. 그후 이 접착제는 도말층을 용해시켜 수복물질의 부착력(wetability)을 강화시키고자 HEMA(Hydroxyethyl methacrylate), 말레인산(Maleic acid), 물등을 주성분으로 하는 접착 강화제(primer)를 첨가시켜 Scotchbond 2 (3M Co.)¹⁸⁾로 상품화 했다. 상아질 표면에 대한 결합력을 증진시키기 위한 다른 방법으로는 tannic acid 나 ferric chloride, glutaraldehyde 와 같은 성분으로 도말층을 고정(fixation)시키는 경우를 들 수 있다.^{2, 19-21)} 이는 도말층내에 노출된 교원섬유들의 결합을 증진시키고 또한 교원섬유와 하부기질과의 결합도 동시에 증가시켜 기질의 응집력(cohesion)을 증가시키는 방법이다. Amussen 과 Munksgaard^{22, 23)}와 Eliades²⁴⁾는 35% HEMA 와 5% glutaraldehyde 를 조합시켜 접합력을 측정 한 결과 수분이 있는 환경에서도 높은 결합강도를 보고하고 있다. Gluma(Columbus/Bayer)가 이의 예로서 0.5M 의 EDTA 용액은 도말층의 제거에 glutaraldehyde 는 상아질내에 있게 되는 교원섬유에 작용을 하게 되고, HEMA 는 복합레진과의 중합 반응에 관여하고 있다.¹⁸⁾

한편 Bowen 과 Cobb^{25, 26)}는 도말층을 제거하고 이를 다른 결정구조(Crystalline)들이 침착된 인위적

형성 도말층으로 대체시키는 방법을 사용하고 있다. 상아질 표면 처리제에는 ferric oxalate 와 2.5% 질산 용액, 말레인 산 등이 포함되어 있어 도말층을 용해시킨후 비용해성 반응물을 형성하여 상아세판의 입구를 밀폐 시킨다. 그후에 NPG (N-phenylglycine), NPG-GMA (N-phenylglycine and glycidyl methacrylate), NTG-GMA (N(P-tolyl) glycine and glycidyl methacrylate)와 같은 계면활성제와 PMDM (pyromellitic dianhydride and 2-hydroxyethylmethacrylate)과 같은 coupling agent 를 사용하여 상아질에 높은 결합력을 부여할 수 있다고 보고 하였다.²⁵⁻²⁸⁾

이후 상아질 표층에 대한 결합력의 증진을 위하여 여러 종류의 복합 레진에서 각기 다른 상아질 표면 처리제를 사용되고 있으나, 동일한 조건에서 각 표면처리제의 효과에 대한 보고가 미약한 바, 본 실험에서는 표면처리시 수복재료와 상아질사이의 접합면과 상아세판 내부로의 resin tag 형성 정도와 전달결합강도를 측정하여 연구, 비교한 결과 다소의 유의한 소견을 얻었기에 이에 보고 하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

충치와 충전물이 없고 교정치료를 목적으로 발거된 20 개의 소구치와 치주질환 및 지치주위염으로 발거된 60 개의 상, 하악 대구치 등 총 80 개의 실험치아를 택하여 발거 직후 생리식염수에 보관하였다. 상아질 표면처리제로는 3% H₂O₂와 GLUMA(Columbus/Bayer)내의 Cavity Cleanser, Dentin Conditioner(GC Inter. Corp), Scotchbond 2 (3M Dent. Prod) 내의 Scotchprep 을 이용하였다(Table 1).

Table 1. Dentin conditioners used in this experiments.

Conditioner	Composition	Manufacturer
Hydrogen Peroxide	3% H ₂ O ₂	
Cavity Cleanser	0.5 M EDTA	Columbus/Bayer
Dentin Conditioner	10% Polyacrylic acid	G-C Inter. Corp.
Scotchprep	HEMA, Maleic acid	3M Dent. Prod.

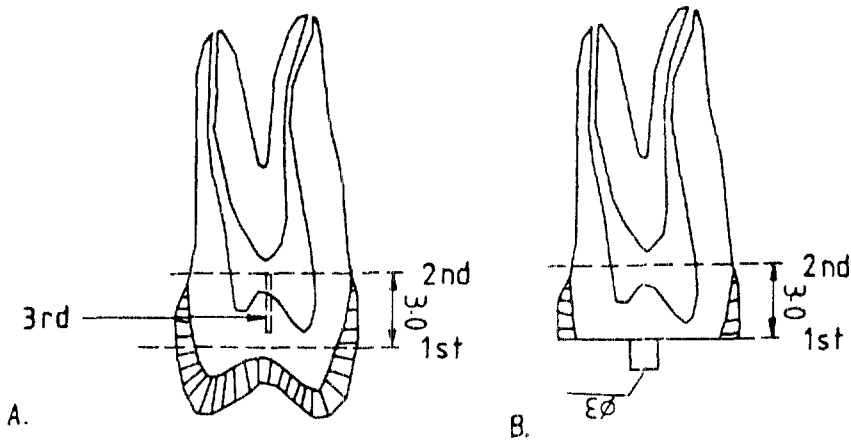


Fig 1. Schematic illustration of sample preparation.

Table 2. Experimental groups in this study in according to the conditioning procedure

Group	Dentin surface treatment
1	Untreated (Control group) after grinding with No. 400 silicon carbide paper
2	Swabbed with cotton pellet saturated with 3% H ₂ O ₂ for 20 seconds
3	Scrubbed with Cavity Cleanser (Columbus/Bayer) for 30 seconds
4	Scrubbed with Dentin Conditioners(GC Inter. Corp) for 20 seconds
5	Treated with Scotchprep(3M Dent. Prod.) for 60 seconds

나. 실험방법

1. 파절면 관찰을 위한 시편 제작

교정치료를 목적으로 발거된 20개중 10개의 소구치를 톱해 교합면측이 상방으로 향하게 위치시킨후 상아질이 완전히 노출되고 주위 가장자리 부위에만 법랑질이 잔존되도록 교두정에서 2.5-3 mm 되는 부위에 diamond saw(Buehler Co. Isomet)를 사용 증류수 주수하에서 일차횡절단을 하였다. 이차횡절단은 일차횡절단으로부터 치경부측으로 3 mm 되는 부위에서 일차 횡절단에 평행하게 횡절단 하였으며, 삼차 삭제는 이차 횡절단면에서 일차 횡절단면측으로 2.5mm 깊이의 직선 홈을 형성 하였다(Fig 1A).

이후 절단된 시편을 5개군으로 나누고 일차 횡절단을 행한 상아질 표면을 자동연마기(Buehler Co.)에서 주수하에 #400 silicon carbide 연마지를 사용하여 60 rpm의 속도로 10초간 연마한후 하기와 같은 표면처리를 하였다. 1군은 대조군으로서

상아질을 표면처리하지 않았으며 2군은 상아질표면을 3% H₂O₂로 적신 소면구로 20초간 문지르고 10초간 수세후 air로 건조하였고 3군은 Cavity Cleanser를 소면구에 적셔 상아질 표면을 30초간 문지르고 15초동안 수세후 air로 건조하였다. 4군은 Dentin Conditioner를 역시 면구에 적셔 20초간 문지르고 수세후 10초 동안 air로 건조시켰으며 5군은 Scotchprep을 스폰지에 적셔 60초간 도포하고 15초동안 air로 건조하였다(Table 2). 그후 각군의 상아질 표면에 brush를 사용하여 Scotchbond 2 (3M Co.)내의 Dentin Adhesive를 도포한후 Visilux 2 (3M Co.)를 사용하여 20초간 광중합시켰다.

2. 접착면 관찰을 위한 시편 제작

교정치료를 위해 발거된 20개의 치아중 잔여 10개의 치아에 파절면 관찰과 동일한 방법으로 시편을 제작하나 3차삭제는 행하지 않았다. 역시 각군의 표면처리후에는 상아질 표면에 Dentin

Adhesive 를 도포하고 Visilux 2 를 사용 20 초간 광 중합 시켰다. 그 후 주사전자현미경으로 관찰시 조작을 원활히 시행하기 위해 직경 3mm, 높이 3 mm 의 원통형 stainless - steel mold 내에 Silux(U paste)를 2 회에 걸쳐 충전 하였으며 각 increment 당 중합은 20 초씩 조사하였다(Fig 1.B).

3. 파절면 및 접착면의 관찰

먼저 파절면을 관찰하기 위한 시편은 3 차 절단을 행한 직선 홈에 chisel 을 삽입하여 압력을 가해 시편을 파절시켜 2 등분 한 후 10% HCl 용액으로 20 초가 처리하였고, 접착면 관찰을 위한 시편은 치아와 이에 부착된 수복 레진을 10% HCl 용액으로 24 시간 탈회하였다. 이후 모든 시편은 금 증착 (Eiko ion coater, Eiko engineering Co.) 후 주사 전자현미경 (Hitachi S-450 SEM) 에 의한 가속 전압 25 KV 로 파절면과 접착면을 관찰하였다.

4. 전단결합강도 측정을 위한 시편 제작

80 개의 치아중 주사전자현미경 관찰을 위해 사용된 20 개의 소구치를 제외한 60 개의 대구치를 5 군으로 나누어 실험하였다. 먼저 25×15×15mm 의 stainless - steel mold 내에 치아를 장축에 평행하게 위치시킨 후 자가 중합 acrylic resin 을 사용하여 치근이 약 2mm 정도 노출되도록 식립하였다. 매 물된 치아는 저속의 Diamond saw 를 사용하여 상아질 표면이 노출되도록 교두정 2-3mm 하방에서 절단 하였고, 그 후 자동 연마기를 이용하여 60 rpm 의 속도로 10 초간 연마 하였다. 연마된 치아를 5 개의 군으로 나누어 상아질 표면 처리를 시행한 후 상아질 접착제를 도포하여 20 초간 광중합시킨 다음 레진 부착용 mold 내에 치아가 식립된 acrylic block 을 위치시킨 후 상아질면에 직경 3mm, 높이 3mm 가 되도록 Silux(U paste) 를 2 회에 걸쳐 광 중합시켜 접착하였다. 이후 치아를 37℃ 에서 24 시간 보관 후 만능시험기 (Instron Model No. 4201 U.S. A) 에 전단 장치를 부착하고 용량 50kg 의 load cell 을 이용하여 cross head speed 1mm/min 에서 측정하였으며 통계적 유의성은 Scheffe test 를 사용하였다.

III. 실험성적

가. 파절면 및 접착면의 관찰상

서로 다른 상아질 표면 처리에 의한 파절면

및 접착면의 변화상은 다음과 같은 결과를 보였다.

1 군 : 접착면의 관찰상에서는 대부분의 시편에서 resin strings 의 형성이 나타나지 않았고, 여러부위에서 표면의 거칠기에 따른 기공 형성이 일어나 수복레진이 접착되지 못하고 있다(Fig 3,4). 또한 파절면에서도 상아세관 내로 인지되어질 수 있는 resin tag 의 침투는 나타나지 않고 있다(Fig 5). 그러나 한 종류의 시편에서는 접착면의 일정부위에 100µm 이상으로 길게 형성된 resin strings 이 보이고 있었으며(Fig 6), 파절면에서도 5µm 이내의 resin tag 가 일부분의 상아세관을 따라 형성되고 있었다(Fig 7).

2 군 : 3% H₂O₂ 처리 후 나타나는 접착면의 관찰상은 대조군과 동일하게 resin strings 의 형성은 찾아 볼 수 없고 기공 형성의 빈도가 증가되고 있었다(Fig 8). 파절면에서도 역시 상아세관 내부로 침투되고 있는 resin tag 는 볼 수 없었으나(Fig 9), 표층에 존재하는 즉 세관의 입구 부위는 일부분 resin tag 가 점유하고 있었다(Fig 10).

3 군 : Cavity Cleanser 에 의한 접착면의 변화상은 1 군이나 2 군에 비해 광범위한 resin strings 형성을 보이고는 있었으나 tag 의 길이는 30µm 내외로 비교적 짧게 형성되고 있었다(Fig 11,12). 파절면에서도 상아세관 내부로의 resin tag 형성 정도는 1 군과 2 군에 비해 증가되고 있었지만 부분적으로 tag 가 나타나지 않는 경우도 있었으며 전반적인 tag 의 길이는 20-30µm 를 유지하고 있었다(Fig 13).

4 군 : Dentin Conditioner 처리 후의 접착면의 관찰상은 3 군에 비해 더욱 넓은 resin strings 의 형성을 보이고 있었으며 50µm 이상으로 서로 연결되면서 수복레진 내면으로부터 방사되고 있었다(Fig 14,15). 파절면에서도 상아세관 내부로 resin tag 가 40-50µm 이상으로 깊이 침투되고 있으며 개방되어진 상태로 존재하는 상아세관은 볼 수가 없었다(Fig 16).

5 군 : Scotchprep 처리 후의 접착면에서는 4 군에 비해 resin strings 의 형성된 부위가 감소되어져 나타나고 있지만 단위 면적당 strings 의 밀집 정도나 길이, strings 사이의 연결 정도가 증가된 상을 볼 수 있었다(Fig 17). 파절면에서는 4 군에서와 유사한 상을 나타내고 있었으며 resin tag 의 길이 역시 50µm 이상으로 상아세관 심부로 침투되고 있었다(Fig 18).

Table 3. Shear bond strength to dentin following surface treatment (Kg/cm²)

Group No	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
1	9.47	3.42	13.68	10.59	16.80
2	10.98	3.45	14.11	10.80	17.44
3	10.85	4.15	14.21	12.30	20.04
4	11.44	4.38	14.36	12.73	20.59
5	12.89	5.87	14.72	21.53	27.35
6	13.14	7.18	14.93	26.25	28.61
7	13.74	7.43	15.82	28.59	38.38
8	14.25	8.21	18.59	30.15	33.67
9	15.82	9.47	18.71	37.04	33.75
10	18.24	9.62	21.08	37.10	48.41
11	21.27	15.36	33.51	39.75	50.64
12	21.54	17.93		45.33	57.72
Mean	14.47	8.04	17.61	26.01	32.37
S.D.*	4.01	4.60	5.79	12.37	13.60

* S.D. : Standard Deviation

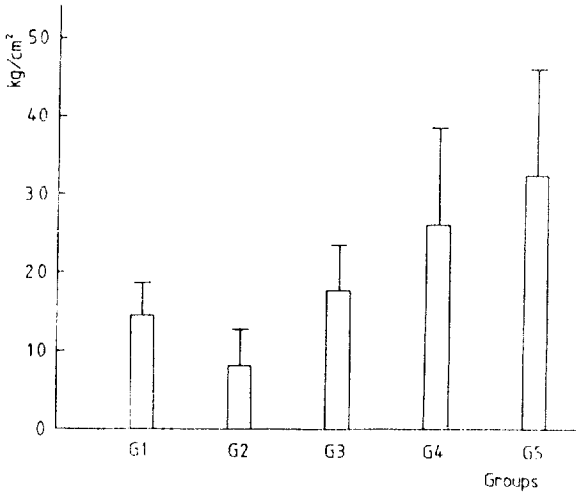


Fig 2. Comparison of shear bond strength to dentin following various surface treatment.

나. 각 실험군의 전단결합강도

제작된 60개의 시편중 측정전에 상아질 표면으로부터 탈락된 1개의 시편을 제외한 59개의 대구치를 각 실험군별로 구분하여 전단결합강도를 측

정하고 통계적 유의성을 조사 하였다. Table 3에서 볼 수 있는 것처럼 제 5군(Scotchprep 으로 처리한 군)이 가장 큰 전단결합강도를 보였고 제 4군(Dentin conditioner 로 처리한 군)과 제 3군(Cavity Cleanser 로 처리한 군)이 다음으로 큰 순서를 나타내고 있었으며 제 1군(대조군)과 제 2군(H₂O₂로 처리한 군)에서는 미약한 전단결합강도를 나타내었다(Fig 2). 각 실험군별간의 통계적 유의성에서는 1%유의 수준에서 제 2군과 제 4군, 제 5군 사이에서는유의한 차이가 인정되었고, 제 1군과 제 5군, 제 3군과 제 5군 사이에서도 유의한 차이가 인정되었다.

V. 총괄 및 고안

치과용 수복물과 상아질 표면의 결합력을 증진시키기 위한 여러 노력들 중 산용액을 이용하여 도말층을 제거하려는 방법은 치수에 손상을 야기시킬 수 있으므로, 희석된 산을 짧은 시간동안 사용하여 효과를 보고자 하였다²⁰⁾. 예로써 6% 구연산용액으로 60초간 산부식을 시행한 경우 37% 인산용액을 이용 15초간 산부식한 결과와 동일하게

smear plug를 포함한 모든 도말층의 제거를 보고하였다³⁰⁾. 이렇게 모든 도말층을 제거하는 방법은 상아세관을 개방시켜 유지력을 증가시키고 노출된 표층부 교원섬유들과 집착강화제(priming agent)사이의 공유결합이 쉽게 이루어질 수 있다는 장점을 가지고 있다^{12,28)}. 그러나 이에반해 미생물 침투에 대한 보호막을 상실한다는 점과 상아세관의 입구에 있게되는 smear plug를 제거함으로써 세관을 통한 투과도가 4 배에서 9 배정도로 증가되어 개방된 상아세관을 통해 미생물이 치수에 염증반응을 야기시킬 수 있다는 점³¹⁾, 또한 산부식에 의해 관주상아질이 용해되어져 세관입구가 깔대기 모양으로 넓혀진 경우에서 보다 자연적인 상아세관의 평형 상태에서 얻어진 resin tag의 형태가 유지력에 유리한 방향으로 작용할 수 있다는 단점³²⁾들을 내포하고 있다. 이러한 이유들로 Brannstrom 등³²⁾은 smear plug를 제거하지 않는 방향에서 표층부 잔존 도말층의 제거를 추천하고 있으나 많은 와동들의 복잡한 입체적 구조와 또한 이러한 부위에 대한 접근이 쉽지않아 임상적인 시행이 매우 어렵다는 점을 지적하고 있다.

이외에 치수에 자극을 줄 수 있는 또다른 인자로 와동벽과 수복재사이의 누출이나 분리에 의한 영향을 생각할 수 있으며 분리된 수복물이 외부로부터의 물리적 응력이나 심한 온도변화에 있게되면 수복물과 와동벽 사이에서 pumping 작용에 의해 잔여 단량체(residual monomer)나 다른 유해산물들이 상아세관을 통해 침투하여 치수에 자극을 줄 수 있다^{33,34)}. 이와같은 수복레진과 상아질사이의 경계면에서 발생할 수 있는 수축간격의 폭은 17 MPa 이상의 전단결합강도가 얻어지는 경우에서만 소실되어짐을 보고³⁵⁾하고 있어서 본 실험에서 얻어진 수치상에서는 중합수축에 의한 변연 이개율이 증가될 수 있음을 암시하고 있다.

Brannstrom 과 Garberglio³⁶⁾는 상아세관내로 분지되는 조상아세포의 범위는 대부분 치수상아 경계면에서 0.2mm 내에 한정되어 있고 0.7mm 이상을 넘어 존재하는 경우는 흔하지 않음을 보고하였다. 그러나 치질이 건조된 상황에서는 중간단량체나 산용액이 상아질의 산부식에 의해 침투정도가 증가되어져 조상아세포나 세관내로 분지된 조상아세포 돌기에 다다를 수 있으며 이는 특히 잔존상아

질의 두께가 1.0mm 이하일 경우 치수는 심한 비가역적 치수반응으로 나타날 수 있음을 보고하였다¹⁴⁾. 실제로 타 연구들에서 50% 구연산용액이나 37% 인산용액을 5초간 와동에 적용한 결과 smear plug와 15-20 μ m의 관주상아질을 포함한 모든 도말층을 제거하였다^{37,38)}. 이러한 보고들에 근거하여 많은 임상가들은 고농도의 인산이나 구연산용액들의 산부식제는 상아질의 산부식에 유용치 못함을 지적하고 있는 바 본 실험에서도 사용하지 않았다. 그 결과 관주상아질과 smear plug를 제거하지 않고 표층부의 잔존 도말층을 제거할 수 있는 용액에 대한 연구가 진행되어 왔다. Brannstrom 과 Johnson³⁹⁾은 H₂O₂나 95% alcohol과 같은 일상적인 와동 세척액으로는 표층부 도말층의 제거가 어려움을 보고하였으며, Brannstrom 등^{39,40)}은 0.2% EDTA와 Benzalchonium chloride, 1% Sodium fluoride를 함유한 Tublicid와 같은 용액을 고안 사용한 결과 위 조건에 근접한 결과를 나타내었다고 보고하였다. 그러나 Franquin 과 Brouillet⁴¹⁾는 Silux와 Scotch-bond로 수복을 시행하기 앞서 EDTA와 인산을 사용하여 상아질을 표면처리한 결과 단순히 pumice를 사용하여 연마한 대조군에 비해 심한 염증반응을 보고하고 있다. 위의 사실들에 기초하여 상아질 표면처리제가 가져야 할 요건으로서 smear plug와 관주상아질을 제거하지 않고 표층부의 잔존 도말층을 제거하며, 치질과 수소결합이 가능한 functional group을 많이 가지는 고분자량의 물질이 요구로 되어진다. 또한 표면처리제내에 antiseptic한 성분을 포함시켜 smear plug내에 존재하는 미생물들을 효과적으로 제거할 수 있어야 한다^{42,43)}. 임상에서 사용되고 있는 대부분의 상아질 표면처리제는 조작의 편리성이나 효능, 안전성등에 기초하여 10-48% 농도의 Polyacrylic acid를 사용하고 있다. 적정농도에서 사용되는 Polyacrylic acid는 도말층으로부터 유용하지 않은 오염물들을 제거해 주는 동시에 smear plug를 제거하지 않고, 치질과 수소결합을 할 수 있는 많은 카르복실기를 포함하고 있기 때문에 상아질 표면에 효과적인 침결 및 습윤을 부여할 수 있다. 또한 치질표면의 Ca²⁺과 같은 무기질을 용해시키는 양이 미세하여 상아세관을 노출시키기는 하지만 관주상아질을 용해하거나 상아세관을 확대시키지는 않으므로 글라스 아

이오노며 시멘트나 폴리카르복실 시멘트의 치질에 대한 화학결합을 방해하지 않는다⁴³⁾.

이에 본 실험에서도 표층부 도말층을 제거하지 못하는 3% H₂O₂⁴⁴⁾와 같은 기존의 표면청정제를 사용한 결과 Polyacrylic acid나 EDTA, maleic acid로 처리한 군에 비해 레진침투나 형성부위가 경미함을 나타내 보이고 있었다. 그러나 상아질 표면을 전혀 처리하지 않은 대조군에 비해서도 레진 침투나 결합강도가 적게 측정된 이유는 알 수 없으며 오히려 대조군의 접합면에서 100 μ m 이상으로 길게 형성되는 resin strings을 나타내 보이고 있으나 아직 타 연구들에서도 보고되어 있지 않은 바 차후에 연구가 필요하리라 사료된다. 또한 실험에 이용된 Cavity Cleanser는 0.5M 농도의 EDTA 용액으로서 표층부 도말층을 효과적으로 제거³⁹⁾할 수 있었으나 Silux/Scotchbond 2수복재를 이용시 상아질 접착레진의 침투나 형성정도, 전단결합강도가 Dentin Conditioner나 Scotchprep에 비해 크지 않음을 나타내었다. 이에 반해 Dentin Conditioner는 smear plug를 제거하지 않고 표층부 도말층을 효과적으로 용해⁴⁴⁾시키고 있으며 resin strings의 형성정도나 침투 깊이가 Scotchprep에 견주어 거의 대등한 결과를 나타내고 있었다. 한편 maleic acid와 같은 산부식제가 포함된 Scotchprep의 경우에는 표층부 도말층뿐만 아니라 부분적인 smear plug의 용해를 동반하는 바람직하지 않은 점⁴⁴⁾도 가지고 있었지만 HEMA와 같은 중간 단량체를 함유시켜 레진의 침투깊이나 strings들의 형성밀도, 전단결합강도등이 본실험에서는 타군에 비해 유의성있는 증가를 보여주고 있었다.

이와같은 resin strings의 형성이나 침투에는 여러 인자가 복합적으로 관여하고 있으며 많은 실험에서 30-50% 인산용액을 이용하여 상아질을 산부식시킨 후 수복레진과 상아질사이의 접합면에서 상아세관과 세관의 측분지(lateral extension)가 레진에 의해 침투되고 있음을 보여주었다¹¹⁾. 이러한 레진 침투의 깊이나 형성정도는 다음의 여러 인자들 즉 체액유동의 속도나 산부식후 수복레진을 적용하기 까지의 경과된 시간, 산부식제의 종류와 농도, 건조방법및 상아질면의 깊이와 표면상태, 수복레진의 점도등에 의해 차이를 나타낼 수 있다^{45,46)}. Gwinnet¹¹⁾은 임상적 술식에 따라 상아질 면을 건조시키고

상아질 접착제를 적용후 측정된 결과 0.2mm의 레진 침투를 보였으나 24시간 치아를 건조시킨후 같은 술식을 시행한 결과 2.0mm까지 심부로 깊히 레진이 침투함을 관찰하였다. 또한 Jendersen과 Gwinnet⁴⁶⁾는 정상적인 상아질의 경우 산부식을 시행하고 레진을 적용한 결과 100 μ m이상의 레진 침투를 보였으나 침식(erosion)이 일어난 상아질의 경우에는 30 μ m미만의 침투를 나타내었다고 보고함으로써 다양한 인자들에 의해 레진 침투가 변화될 수 있음을 지적하고 있다. 본 실험에서는 교정치료를 위해 발거된 치아들을 발거직후 37 $^{\circ}$ C 생리식염수에 보관하여 가능한 여러 조건을 표준화시키고자 하였으며 실험결과는 Dentin Conditioner와 Scotchprep을 이용 표면처리한 군에서 50 μ m때로는 100 μ m 이상으로 깊게 형성 침투되는 resin strings의 모습을 나타내었다.

또한 수종의 상아질 표면처리제에 의한 결합강도에 관하여 Hinoura와 Phillips 등⁴⁷⁾은 Silux/Scotchbond의 수복재를 사용시 상아질 표면을 처리하지 않은 대조군에서 45.5kg/cm²의 가장 높은 인장결합강도를 나타내었고 H₂O로 처리한 경우 42.0 kg/cm²의 다음 순서를 보였으며 구연산이나 Polyacrylic acid의 경우에는 39.3kg/cm², 24.1kg/cm²의 낮은 결합강도를 보고하고 있음으로써 초기의 Dual-cured Scotchbond와 같은 상아질 접착제의 경우 표면처리의 유용치 못함을 지적하고 있어서 Scotchbond 2 상아질 접착제를 이용한 본 실험에서와는 매우 상이한 결과를 나타내고 있다. 이는 구성성분의 변화와 더불어 도말층의 용해를 목적으로 하는 말레인 산등의 첨가에 의해 접착기전이 변환되어 있음을 시사하고 있다. 또한 Standford 등⁷⁾은 수종의 수복레진중 상아질의 표면처리를 요구하는 Den-Mat Bonding System(8.7MN/m²), Clearfil Bond System-F(10.3 MN/m²) Clearfil New Bond(11.4MN/m²)의 상아질 접착제가 처리를 필요로 하지않는 Dentin-Adhesit(6.1 MN/m²)와 Scotchbond(8.9 MN/m²)의 경우에서보다 더욱 높은 결합강도를 보고함으로써 상아질 표면처리제사용에 의한 결합강도의 증감을 지적하고 있다. 이에 본 실험에서도 치수에 자극을 피할수 있고 부분적으로 상아질 표면처리제가 갖추어야 할 요건을 구비한 수종의 표면처리제를 사용 실험한 결과

상아질 표면을 처리하지 않은 대조군(14.47 ± 4.01 kg/cm²)과 H₂O₂로 처리한 군(8.04 ± 4.60 kg/cm²)에 비해 Dentin Conditioner(26.01 ± 12.37 kg/cm²)와 Scotchprep(32.37 ± 13.60 kg/cm²)을 이용한 군에서 결합강도가 증가됨을 보임으로써 Stanford의 주장에 유사함을 보이고 있었으나 Cavity Cleanser를 사용한 군(17.61 ± 5.79 kg/cm²)에서는 대조군에 비해 결합강도의 유의성 있는 증가를 보이지 않았다. 또한 본 실험에서 얻어진 수치들을 타 연구들과 비교 평가시 특별히 상아질내 유기질과의 반응이 일어났음을 암시하여주는 수치로는 확인할 수 없었고 Nakabayashi 등¹⁶⁾이 주장한 단순한 세관 내부로의 레진의 침투에 의한 물리적 유지에 의해 결합이 일어났음을 암시하여 주고 있다. 즉 Nakabayashi¹⁶⁾에 의하면 상아세관 심부로의 레진 tag의 침투에 의해서는 최대로 6MN/m² 이상의 결합강도를 가질 수는 없으며 그 이상의 강도를 나타내기 위해서는 상아질내 유기질이나 무기질과의 결합이 있어야 함을 강조하고 있다. 실제로 이와같은 유기질과의 화학적 결합을 위해 많은 노력들이 행해지고 있으며 Amussen 과 Munksgasrd^{22, 23)}, Antonucci 등⁴⁸⁾은 수분이 존재하여도 상아질내 유기질의 amino group(-NH₂)이나 hydroxyl group(-OH)과 반응을 할 수 있는 acid chloride나 isocyanates가 함유된 단량체를 사용하였으며, Eliades 등²⁴⁾은 GLUMA 내에 35% HEMA와 5% glutaraldehyde를 조합시켜 높은 결합력을 보고하고 있다. 또한 Masuhara와 Nakabayashi¹⁶⁾는 상아질내 교원섬유와의 반응시 중합을 촉진시킬 수 있는 TBB(Tri-n-butyl borane)가 함유된 monomer에 친수성과 소수성을 동시에 지니는 4-META와 같은 단량체를 조합시켜 18MN/m²의 높은 결합강도를 보고하였다.

한편 본 실험에서 수중 상아질 표면처리제 사용에 의해 측정된 전단결합강도의 수치는 타 연구들과의 비교시 수치상의 차이가 나타나고 있는데 이는 실험방법등의 차이에 의해 기인되었다고 사료되며 본 실험상의 수치를 절대적인 결합강도의 수치로 평가하기 보다는 각 표면처리제에 의한 상대적인 평가에서 의의를 찾고자 하겠다. 또한 법랑질과의 결합력에 비해서도 매우 적게 나타나고 있어서 아직까지 상아질 접착제의 두려한 증진^{49, 50)}을 실제 적용시 찾아볼 수 없는 바 상아질 표면처리제 및

상아질 접착제의 치수반응이나 생체적합성 실험들과 더불어 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

IV. 결 론

수중의 상아질 표면처리제를 사용후 복합레진과 상아질간의 접착강도를 평가하고 접착레진의 상아세관 침투정도를 관찰하기 위하여 4종의 표면처리제 즉 3% H₂O₂ Cavity Cleanser(Columbus/Bayer), Dentin Conditioner(GC Inter. Corp)와 Scotchprep(3M Co.)를 사용 5군으로 분류하여 상아질 표면에 적용한 후 시편을 각기 10% HCl 용액에서 20초와 24시간으로 나누어 탈회한 후 파절면 및 접착면의 변화상을 관찰하였으며 이와함께 각 군에 대한 전단결합강도를 측정하고 비교, 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Dentin Conditioner와 Scotchprep으로 표면 처리시 접합면에 넓게 resin strings이 형성되었으며 파절면에서도 50 μ m이상으로 깊게 침투되고 있었다.
2. Cavity Cleanser에 의한 표면 처리후에는 접합면에서 부분적으로 resin strings이 형성되고 있었으며 파절면에서는 30 μ m 내외의 침투를 나타내었다.
3. 상아질을 표면처리하지 않은 대조군과 3% H₂O₂로 처리한 군의 경우 resin tag 형성이나 침투는 경미하였다.
4. 3% H₂O₂로 처리한 군에 비해 Dentin Conditioner와 Scotchprep으로 처리한 군에서 통계적으로 유의성 있는 전단결합강도의 증가를 나타내었다 (P<0.01).
5. 표면 처리를 하지 않은 대조군과 Cavity Cleanser로 처리한 군에 비해 Scotchprep으로 처리한 군에서 전단결합강도가 증가되어 나타났다(P<0.01).
6. 각 표면처리후 형성된 resin tag의 길이에 비례하여 전단결합강도가 점차 증가 되었다.

참 고 문 헌

1. Stanford, J.W.: Bonding of restorative materials to dentin. Int. Dent. J., 35: 133, 1985.

2. Asmussen, E. and Munksgaard, E.C. : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixtures of aldehydes and active monomers. *Int. Dent. J.*, 35 : 160, 1985.
3. Phillips, R.W. : Advancements in adhesive restorative dental materials. *J. Dent. Res. Supplement*. No. 6, 45 : 1662, 1966.
4. Buonocore, M.G. : Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials. *JADA.*, 67 : 382, 1963.
5. Hollinger, J.D., Moore Jr. E.M. : Adhesion and Dentin'. *Oper. Dent.*, 4 : 9, 1979.
6. Bowen, R.L., Eick, J.D., Henderson, D.A., Anderson, D.W. : Smear layer : Removal and bonding considerations. *Oper. Dent. Supplement.*, 3 : 30, 1984.
7. Stanford, J.W., sabri, Z. and Jose, S. : A comparison of the effectiveness of dentin bonding agents. *Int. Dent. J.*, 35 : 139, 1985.
8. Buonocore, M.G. : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.*, 34 : 849, 1955.
9. Bowen, R.L. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues : Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer. *J. Dent. Res.*, 44 : 895, 1965.
10. Brannstrom, M. and Nordenvall, K.J. : the effects of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration : a scanning electron microscopic investigation. *J. Dent. Res.*, 56 : 917, 1977.
11. Gwinnett, J.A. : The micromorphologic relationship between dental resins and etched dentin. *J. Dent. Res.*, 56 : 1155, 1977.
12. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N. and Iwaku, M. : Nonpressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J. Dent. Res.*, 58 : 1364, 1979.
13. Mjör, I.A., Hensten - Pettersen, A. and Bowen, R.L. : Biological assessments of experimental cavity cleansers. Correlation between in vitro and in vivo studies., *J. Dent. Res.*, 61 : 967, 1982.
14. Stanley, H.R., Going, R.E. and Chauncey, H.H. : Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restoration. *JADA.*, 91 : 817, 1975.
15. Eriksen, H.M. : Pulpal response of monkeys to a composite resin cement. *J. Dent. Res.*, 53 : 565, 1974.
16. Nakabayashi, N. : Bonding of restorative materials to dentin - the present status in Japan, *Int. Dent. J.*, 35 : 145, 1985.
17. Creo, A.L., Shumaker, D.E., Stoffels, L.M. : SCOTCHBOND LIGHT CURE DENTAL ADHESIVE PRODUCT PROFILE, 1984.
18. Michael, B.M. Reality : The information source for esthetic dentistry. 3 : 39, 1988.
19. Pashley, D.H. Smear layer : Physiological considerations. *Oper. Dent. Supplement.*, 3 : 13, 1984.
20. Powis, D.R., Folleras, T., Merson, S.A. and Wilson, A.D. : Improvement adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J. Dent. Res.*, 61 : 1416, 1982.
21. Hoppenbrouwers, P.M., Driessens, F.M. and Stadhouders, A.M. : Morphology, compositions, and wetting of dentinal bonding agents : pretreatment effects. *J. Dent. Res.*, 62 : 221, Abst. No. 469, 1974.
22. Munksgaard, E.C. and Asmussen, E. : Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. *J. Dent. Res.*, 63(8) : 1087, 1984.
23. Asmussen, E. and Munksgaard, E.C. : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixtures of aldehydes and active monomers. *Int. Dent. J.*, 35 : 160, 1985.
24. Eliades, G.C., Caputo, A.A., Vougiouklakis, G.J. : Composition, wetting properties and bond strength with dentin of 6 new dentin adhesives. *Dent. Mater.*, 1 : 170, 1985.
25. Bowen, R.L., : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues : II. Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer. *J. Dent. Res.*, 44 : 895, 1965.
26. Bowen, R.L., Cobb, E.N. : A method for bonding

- to dentin and enamel. *JADA.*, 107 : 734, 1984.
27. Bowen, R.L. : Bonding of restorative materials to dentine : the present status in the United States. *Int. Dent. J.*, 35 : 155, 1985.
 28. bowen, R.L., Cobb, E.N. and Rapson, J.E. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues : Improvement in bond strength to dentin. *J. Dent. Res.*, 61(9) : 1070, 1982.
 29. Bowen, R.L. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues - solubility of dentinal smear layer in dilute acid buffers. *Int. Dent. J.*, 28 : 97, 1978.
 30. Pashley, D.H., Michelich, V. & Kehl, T. : Dentin permeability - effects of smear layer removal. *J. Pros. Dent.*, 46 : 531, 1981.
 31. Pashley, D.H., Livingston, M.J., Reeder, O.W. & Horner, J. : Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro. *Arch. Oral Biol.*, 23 : 1127, 1978.
 32. Brannstrom, M. : *Dentin and Pulp in Restorative Dentistry.* London : Wolfe Medical Publications Ltd.
 33. Vojinovic, O., Nyborg, H. and Brannstrom, M. : Acid treatment of cavities under resin fillings : Bacterial growth in dentinal tubules and pulp reaction. *J. Dent. Res.*, 52 : 1189, 1973.
 34. Silberkweit, M., Massler, M., Schour, I., Weinmann, J.P. : Effect of filling materials on the pulp of the rat incisor, *J. Dent. Res.*, 34 : 854, 1955.
 35. Munksgaard, E.C., Irie, M., Asmussen, E. : Dentin - Polymer bond promoted by GLUMA and various resins. *J. Dent. Res.*, 64(12) : 1409, 1985.
 36. Brannstrom, M., and Gaberoglio, R. : The dentinal tubules and odontoblastic processes. A scanning electron microscopic study. *Acta. Odont. Scand.*, 30 : 291, 1972.
 37. Brannstrom, M. & Johnson, G. : Effects of various conditioners and cleansing agents on prepared dentin surfaces : A scanning electron microscopic investigation. *J. Pros. Dent.*, 31 : 422, 1974.
 38. Nordenvall, K.J. & Brannstrom, M. : In vivo resin impregnation of dentinal tubules. *J. Pros. Dent.*, 44 : 630, 1980.
 39. Brannstrom, M., Nordenvall, K.J. & Glantz, P.O. : The effect of EDTA containing surface active solutions on the morphology of prepared dentin : an in vivo study, *J. Dent. Res.*, 59 : 1127, 1980.
 40. Brannstrom, M. : Smear layer - Pathological and treatment considerations. *Oper. Dent. Suppl.* 3, 35 - 42, 1984.
 41. Franquin, J.C., Brouillet, J.L. : Biocompatibility of an enamel and dentin adhesive under different conditions of application. *Quint. Int.* 19(11) : 813, 1988.
 42. Pashley, D.H. : Smear layer - Physiological considerations. *Oper. Dent. Suppl.* 3, 13 - 29, 1984.
 43. Mclean, J.W., Powis, D.R., Prosser, H.J. and Wilson, A.D. : The use of glass ionomer cements in bonding composite resins to dentine. *Brit. Dent. J.*, 158 : 410, 1985.
 44. 안현미, 손호현 : 상아질처리제에 의한 상아질 표면 도말층의 제거에 관한 연구. *대한치과보존학회지.* 14(2) : 65, 1989.
 45. Fan, P.L., Seluk, L.W. and O'Brien, W.J. : Penetrativity of sealant. *J. Dent. Res.*, 54 : 262, 1975.
 46. Gwinnet, J.A., Jendresen, M.D. : Micromorphologic features of cervical erosion after acid conditioning and its relation with composite resin. *J. Dent. Res.*, 57 : 543, 1978.
 47. Hinoura, K.O., Moore, B.K., Phillips, R.W. : Influence of dentin surface treatments on the bond strengths of dentin - lining cements. *Oper. Dent.*, 11 : 147, 1986.
 48. Antonucci, J.M., Brauer, G.M., and Termini, D.J. : Isocyanate urethane methacrylates derived from hydroxyethyl methacrylate. *J. Dent. Res.* 59 : 35, 1980.
 49. 신동훈, 권혁춘 : 수중 상아질접합 수복제의 전단응력 및 파절형태에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 12(1) : 95, 1986.
 50. 조진호, 최호영, 민병순, 박상진 : 수중 표면처리제에 의한 상아질 표면의 형태 변화에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 13(2) : 323, 1988.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 3. Inner resin surface corresponding to the grinded dentin which was no conditioning. Resin strings were not formed in any place. $\times 50$
- Fig. 4. Details of the specimen in fig.3. Note the formation of voids according to the surface roughness. $\times 200$
- Fig. 5. Fractured dentin surface which was no surface-conditioning. Resin tags were not formed too during its penetration into the dentinal tubules. $\times 1200$
- Fig. 6. Inner resin surface corresponding to the not conditioned dentin in another specimen. Marked penetration of resin strings above the depth of $100\mu\text{m}$. $\times 80$
- Fig. 7. Fractured dentin surface in another specimen which was not conditioned. Resin tags were formed shortly below the depth of $5\mu\text{m}$. $\times 1200$
- Fig. 8. Inner resin surface corresponding to the swabbed dentin with 3% H_2O_2 . No penetration of resin into the tubules. $\times 35$
- Fig. 9. Fractured dentin surface treated with 3% H_2O_2 . No formation of resin tags into the tubules. $\times 1200$
- Fig.10. Dentin surface treated with 3% H_2O_2 . Formation of resin tags to occupy tubular orifice superficially from the surface. $\times 1500$
- Fig.11. Inner resin surface corresponding to the treated dentin with Cavity Cleanser. Formation of resin strings into the tubules partly. $\times 250$
- Fig.12. Details of resin surface in Fig. 11. Resin strings occupying dentinal tubules approximately $30\mu\text{m}$. $\times 1000$
- Fig.13. Fractured dentin surface treated with Cavity Cleanser. Formation of resin tags to occupy dentinal tubules $20-30\mu\text{m}$ from the surface. $\times 1200$
- Fig.14. Inner resin surface corresponding to the conditioned dentin with Dentin Conditioner. Most of the surfaces were occupied by resin strings. $\times 100$
- Fig.15. Details of resin surface in Fig. 14. Long tags could be seen, giving the inner surface of the resin the appearance of interlaced fibers. $\times 1500$
- Fig.16. Fractured dentin surface treated with Dentin Conditioner. Resin penetration exceeded $50\mu\text{m}$ deeply from the surface. $\times 1000$
- Fig.17. Inner resin surface after application of Scotchprep to dentin. Various areas were receptive to resin impregnation. The interlaced fibers between resin tags were more evident. $\times 80$
- Fig.18. Fractured dentin surface treated with Scotchprep. Resin tags occupying dentinal tubules above $50\mu\text{m}$. $\times 1000$

논문 사진부도 ①

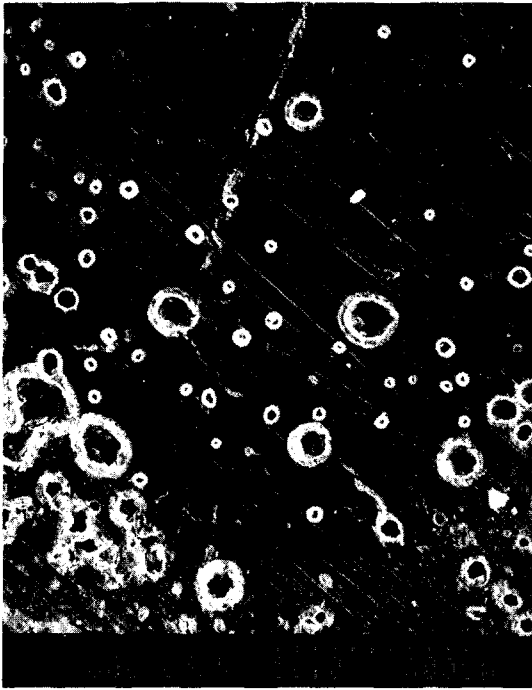


Fig.3.

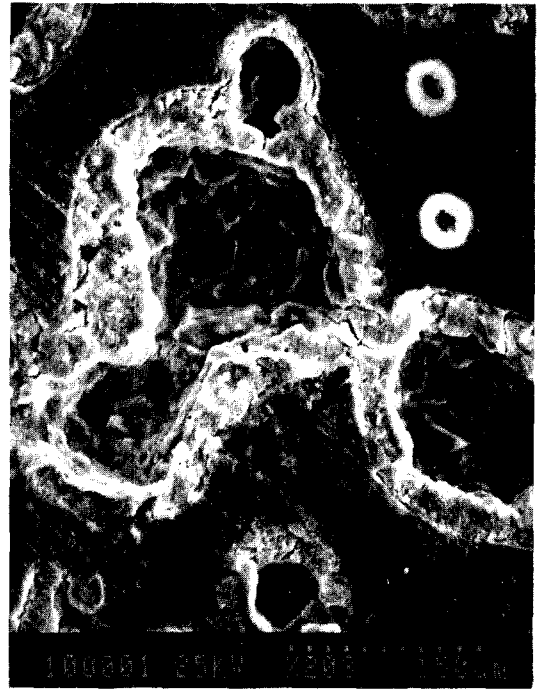


Fig.4.

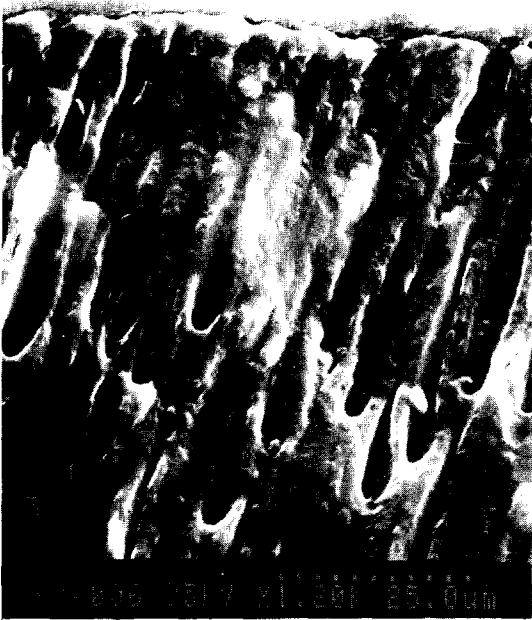


Fig.5.



Fig.6.

논문 사진부도 ②



Fig.7.

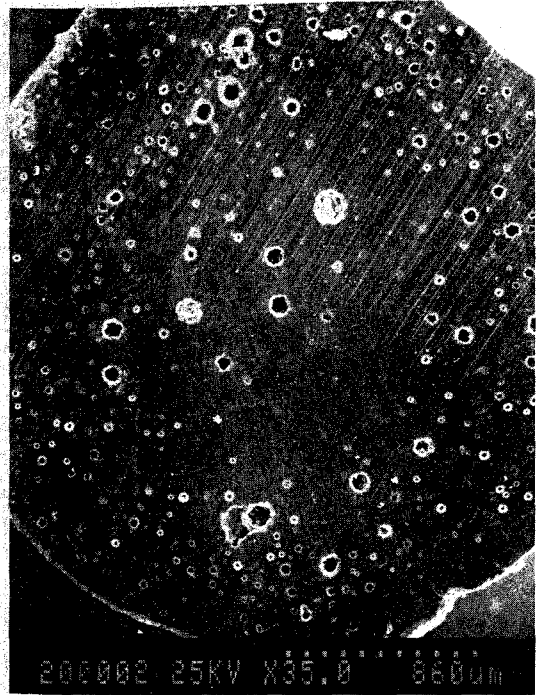


Fig.8.



Fig.9.



Fig.10.

논문 사진부도 ③



Fig.11.



Fig.12.



Fig.13.

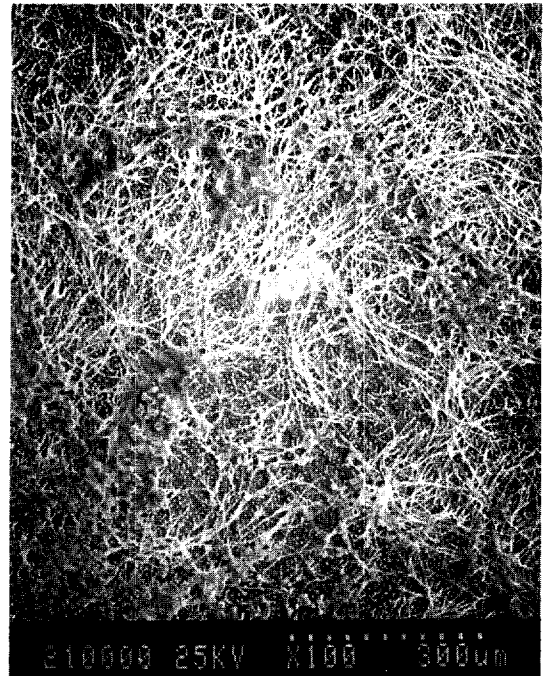


Fig.14.

논문 사진부도 ④



Fig.15.



Fig.16.



Fig.17.

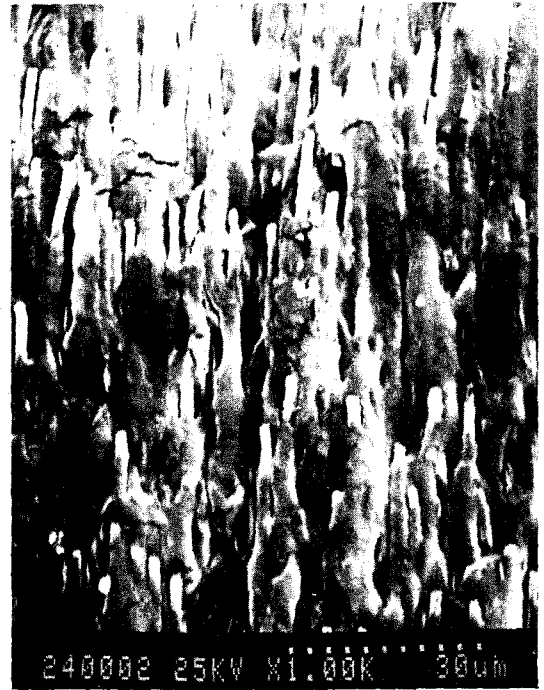


Fig.18.

A STUDY ON THE RESIN IMPREGNATION AND SHEAR BOND STRENGTH BY VARIOUS DENTIN CONDITIONERS

Kwang Won Lee, D.D.S., Myung Jong Lee, D.D.S., Ph.D

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

A variety of surface pre-treatments have been advocated to prepare the dentin prior to placement of a bonding agent. The purpose of this study was to evaluate the effect of various dentin conditioners upon the degree of resin impregnation to the dentinal tubules and the shear bond strength of a new dentinal bonding agent (Scotchbond 2) used in conjunction with a visible light cured composite (Silux). The healthy eighty human molars extracted due to periodontal or orthodontic reasons were used and randomly divided into five groups. All the grinded dentin surfaces were conditioned with 3% H₂O₂, Cavity Cleanser (Columbus/Bayer), Dentin Conditioner (GC Inter. Corp.), Scotchprep (3M Co.) according to the manufacturer's directions. The specimens were then demineralized in 10% HCl for 20 sec. and 24 hrs. in order to observe the resin tags in Hitachi X-450 scanning electron microscope at 25KV. Also, shear strengths were obtained using an Instron Testing Machine with a crosshead speed of 1 mm/min.

The following results were obtained ;

1. In group treating with Dentin Conditioner and Scotchprep, the resin strings were formed on most of the surfaces and penetrated more than 50 μ m into the tubules.
2. The inner surface of resin treated with Cavity Cleanser, indicating the resin strings formed partly and penetrated about in depth of 30 μ m.
3. In control and experimental group treated with 3% H₂O₂, the resin tags were not formed, if any, penetrated shortly.
4. Shear bond strengths in groups treating with Dentin Conditioner and Scotchprep were statistically significant increase than with 3% H₂O₂. (P<0.01).
5. The Scotchprep treatment group was significantly higher in shear strength than groups treated with no conditioning and Cavity Cleanser.(P<0.01)
6. Shear bond strengths evaluated were gradually increase in proportion to the tag length of resin impregnation.