

# 수중 상아질접착제의 상아질침투양상에 관한 주사전자현미경적 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실

권균원 · 박상진 · 민병순 · 최호영 · 최기운

## 목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
  - 참고 문헌
  - 사진 부도
  - 영문 초록

## I. 서 론

치과용 수복재 사용시 치아 경조직에 대한 강하면서도 내구성이있는 접착이 요구된다. 수복재의 치질접착이 가능할 경우 유지력을 얻기 위한 undercut형성의 필요성이 감소되어 건전한 치아조직을 잔존시킬 수 있으며, 치아와 수복물간의 긴밀한 접착이 이루어져 세균과 변색요인들의 치질내 침투를 방지함으로써 2차우식증, 치수 병변 및 변연누출의 위험성을 감소시킬 수 있다<sup>1,2)</sup>.

수복물과 치질간의 접착에 있어서 법랑질은 산부식등의 방법을 이용하여 레진의 기계적 결합이 가능하지만, 상아질은 70 wt.%가 무기성분이고, 20 wt.%의 유기성분 및 10 wt.%의 수분으로 구성되어있고 상아세관과 세관내 체

액등이 포함되어 있어<sup>3)</sup> 상아질과 레진간의 접착은 기계적 결합을 기대할 수 없다. 따라서 효과적으로 상아질과의 접착을 위하여는 상아질 접착제가 생물학적 친화성을 지녀야 하고 교합력에 저항할 수 있어야 하며 변연누출이 없어야 한다. 또한 레진 중합시 발생하는 수축에 대해서도 저항하여 치아와 레진간의 결합이 취약해지는 것을 방지하고, 일단 접착이 이루어진 후에는 온도 변화 및 시간경과에 따른 접착강도의 감소가 없어야 한다<sup>4)</sup>.

임상에서 상아질에 대한 접착이 요구되는 경우는 치근부 우식증, 상아질을 포함한 치아과절, 마모, 교모 및 지각과민증의 처치경우와 porcelain veneers, inlays, onlays, crowns과 resin-retained bridges 합착 및 법랑질 형성부전증과 법랑질 저형성증등의 수복등에 적용될 수 있다<sup>5)</sup>.

Eliades등<sup>6)</sup>은 상아질접착제의 구성성분과 습윤력과의 상관관계 및 상아질에 대한 결합강도를 측정 보고하였으며, Kubo등<sup>7)</sup>도 상아질접착제의 구성성분과 상아질과의 접착기전을 연구 보고한 바 있다.

Bowen<sup>8)</sup>, Bowen과 Cobb<sup>9)</sup> 및 Bowen등<sup>10)</sup>은 acidic mordant solution인 ferric oxalate용액으로 상아질표면을 처리한 후, NPG-GMA와 NTG-GMA등의 계면활성제와 PMDM과 4-META등의 상아질결합제를 사용하여 상아

질에 대한 접착강도가 증가됨을 보고하였으며, Blosser와 Bowen<sup>11)</sup>은 2.5% nitric acid와 정제된 ferric oxalate의 혼합용액을 범랑질과 상아질에 전처리한 후 접착강도와 주사전자현미경으로 접착계면을 관찰보고하였다. 그후 3.5% aluminum oxalate와 2.5% nitric acid의 혼합용액을 사용하여 상아질표면의 smear layer를 용해 또는 변형시킨 다음 5% NTG-GMA와 10% PMDM을 혼합하여 상아세관내로 침투하게 함으로써 강한 비용해성 구조물을 형성한 Tenure라는 상품이 개발되었다.

또한 상아질의 유기성분과의 접착에 대하여 Asmussen과 Munksgaard<sup>12)</sup>, Munksgaard와 Asmussen<sup>13)</sup>은 HEMA와 glutaraldehyde의 혼합물을 사용하여 상아질과 레진간의 접착강도를 측정된 실험에서 5% glutaraldehyde와 35% HEMA의 혼합용액이 가장 높은 접착강도를 나타냈으며 glutaraldehyde보다 HEMA의 농도가 접착강도에 크게 영향을 나타낸다고 보고하였다. 이와 같은 연구결과로 상아질내 교원섬유와의 corss linking에 의해 상아질과의 화학적 결합이 가능하다고 개발된 Gluma가 소개되었다. 즉 Gluma는 상아질교원섬유의 amine기에 aldehyde가 반응한 후 glutaraldehyde와 HEMA가 결합되어 관간 상아질내에 침투하여 접착이 이루어진다. 따라서 상아질이 이중결합된 상아질접착제와 결합되며 다시 수복레진과 공중합하여 화학적 결합이 유도되어 결합이 강화된다.

또 다른 방법으로 상아질과의 직접 결합을 유도한 상품인 Scopchbond2는 maleic acid와 친수성인 HEMA의 혼합물을 사용하여 smear layer를 변화 유기화시킨 다음, 친수성인 HEMA와 소수성인 Bis-GMA로 구성된 접착레진을 도포하여 변화 유기화된 smear layer내로 침투, 중합되어 상아질과 상아질접착제와의 강력한 접착이 이루어지게 하였다<sup>14)</sup>.

Barkmeier와 Cooley<sup>15)</sup>, Jamil등<sup>16)</sup>, Finger등<sup>17)</sup>, Tsai등<sup>18)</sup>, Chappell등<sup>19)</sup>, Yu등<sup>20)</sup>도 상아질접착제의 치질에 대한 접착강도를 연구하였으며 Stanford등<sup>21)</sup>과 Finger등<sup>2)</sup>은 발거된 치아의 경과시간과 보관상태, 산부식방법,

smear layer의 처리방법, 복합레진의 수축정도 및 치아의 기원력등의 차이로 인하여 상아질접착제의 접착강도의 차이가 나타났음을 보고하였다.

한편 Eick등<sup>22)</sup>은 수중 상아질접착제가 상아질 표면에 미치는 영향중 습윤성과 상아질접착제의 상아질침투양상을 TEM을 사용하여 관찰한 바 있다. 또 Yu등<sup>23)</sup>은 수중의 상아질접착제로 처리된 상아질표면을, Chappell등<sup>19)</sup>은 상아질접착제의 상아질 표면과의 전단결합강도 및 접착상아질표면을 SEM으로 관찰보고한 바 있으며, Yu등<sup>23)</sup>은 상아질 접착제의 접착강도를 좌우하는 요소로서 상아질접착제의 상아세관내로의 침투깊이 및 상아질과 상아질접착제간의 화학반응에 따라 좌우된다고 하였다.

Gwinnett<sup>24)</sup>, Brännström과 Nordenvall<sup>25)</sup>, Gwinnett과 Jendresen<sup>26)</sup> 및 조 등<sup>27)</sup>은 산부식한 상아질표면에 레진수복후 주사전자현미경을 사용하여 상아세관내로 침투된 resin tag형성을 관찰하였고, 또한 Fusayama등<sup>28)</sup>은 상아질표면을 산부식한 후 레진을 충전하였을 경우 인장강도가 증가되었음을 보고하여 레진침투와 결합강도의 관련성을 제시하였다.

Gwinnett<sup>24)</sup>은 상아질내 레진침투력은 유동율(rate of flow), 상아질처리제로 사용된 산 또는 레진의 적용과 건조과정간의 시간간격 및 레진의 침투계수등에 의해 영향을 받는다고 주장하였다.

그러나 Nakabayashi<sup>29)</sup>는 상아질접착제와 상아질질과의 높은 결합강도가 나타난 것은 상아세관에서의 interlocking에 의한 것이 아니라 상아질기질내로의 레진침투에 기인한다고 역설하였다.

Prati등<sup>30)</sup>은 새로운 상아질접착제에 포함된 화학제와 강화제(primer solution)를 통한 상아질 전처치가 상아질접착과정에서 중요하며, 반드시 필요한 과정이라고 주장한 바 있다.

최근에 Wang과 Nakabayashi<sup>31)</sup>, Nakabayashi등<sup>32)</sup>은 상아질표면을 10-3 solution으로 전처리후 phenyl-P와 MMA-TBB의 혼합레진과 4-META와 MMA-TBB의 혼합레진으로 수복하여 SEM과 TEM으로 관찰한 실

과, 레진의 침투, 교원섬유와의 혼합, 그리고 hydroxylapatite crystals과의 혼합에 의해 형성되는 resin-reinforced dentin layer인 소위 hybrid layer의 형성을 관찰하여 상아질접착에 대한 보다 깊은 연구를 할 수 있게 되었다.

이상의 연구보고를 토대로 저자는 시판되는 3종의 상아질접착제의 구성성분과 상아질 접착 효과, 즉 상아질 내부침투 양상을 관찰하여 다소의 의의있는 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

치아우식이 없는 건전한 상하악 대구치 36개를 발거직후 4°C 생리식염수에 보관하여 실험치아로 사용하였으며, 상아질표면처리제는 Gluma Cleanser(Bayer, Germany), Scotch-prep(3M, USA) 및 Tenure Conditioner(Den-Mat, USA)를 사용하였고(Table 1), 상아질 접착제로 Gluma Primer와 Sealer, Scotchbond 2 Adhesive 및 Tenure Solution A & B와 Visar Seal을 사용하였다(Table 2).

### 2. 실험방법

1) 상아질접착제의 상아질내 침투상을 관찰하기 위한 시편제작

총 36개 치아중 27개 치아의 교합면이 상방을 향하도록 한 후 상아질이 완전히 노출되도록 교두정에서 약 3 mm되는 부위에서 경조직 절단기(Crystal Cutter MC-411D, Maruto Co., JAPAN)로 횡절단하여 상아질을 노출시켰으며 백아-법랑 경계부위에서 상방 2 mm 되는 부위에서 평행하게 횡절단하여 치근부를 제거하였다(Fig. 1.A-①). 다음 시편의 상아질 표면을 자동연마기(Buehler, Metaserv Co., ENGLAND)로 주수하에 #600 silicone carbide 연마지를 사용하여 300 rpm으로 10초간 연마하였다.

2) 파단면 관찰을 위한 시편 제작

나머지 9개 치아는 상기의 방법으로 상아질을 노출시킨 뒤 파단면 시편 제작시 편리를 위해 노출된 치수축 상아질면 중심부에 2.5 mm 깊이의 직선홈을 형성하였다(Fig. 1.B). 그 후 표면연마는 상기방법과 동일하게 #600 silicone carbide 연마지를 사용하여 300 rpm의 속도로 10초간 연마하였다.

Table 1. DENTIN CONDITIONERS USED IN THIS STUDY

Dentin conditioner	Composition	Batch No.	Manufacturer
Gluma Cleanser (Gluma)	0.5M EDTA	674767RZL874	Bayer, Germany
Scotchprep (Scotchbond 2)	Maleic acid, HEMA	7502P	3M, USA
Tenure Conditioner (Tenure)	Nitric acid, Aluminum oxalate	291072	Den-Mat, USA

Table 2. DENTIN BONDING AGENTS USED IN THIS STUDY

Dentin bonding agents	Composition	Batch No.	Manufacturer
Gluma Primer	Glutaraldehyde, HEMA	674775RZL875	Bayer, Germany
Sealer	unfilled Bis-GMA	674740RZL872	
Scotchbond 2 Adhesive	HEMA, Bis-GMA	7502A	3M, USA
Tenure Solution A & B	NTG-GMA, PMDM	A : 461056 B : 462082	Den-Mat, USA
Visar Seal	unfilled Bis-GMA	199053	

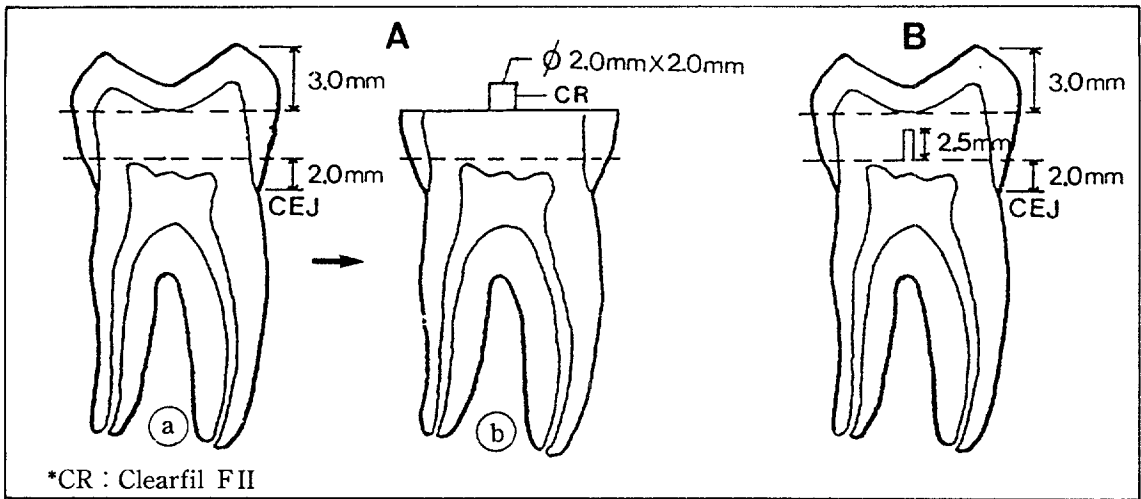


Fig. 1. Schematic illustration of sample preparation

A : Sample for resin tags observation

Ⓐ Before preparation Ⓑ After preparation

B : Sample for observation of fracture surface

### 3) 실험군의 분류

상아질접착제의 상아질내 침투상을 관찰하기 위한 27개 시편을 1개군당 3개씩의 시편이 포함되도록 하여 상아질표면처리방법과 상아질접착제 종류에 따라 실험군을 9개군으로 분류하여 실험을 실시하였고, 또한 파단면관찰을 위한 9개 시편은 1군과 4군 및 7군과 동일한 방법으로 표면처리 및 접착제를 도포하여 1군과 4군 및 7군에 각각 3개씩 시편이 포함되도록 하였다(Table 3).

### 4) 실험군의 처리

제작된 총 36개 시편의 1, 2, 3군은 상아질표면을 Gluma Cleanser로 30초간 도포한 후 세척, 건조하였고 4, 5, 6군은 Scotchprep으로 60초간 도포하고 건조하였으며, 7, 8, 9군은 Tenure Conditioner로 30초간 도포하고 15초간 세척한 다음 건조하였다. 상아질 전처리 후 상아질접착제의 도포방법은 1, 5, 9군은 Gluma Primer를 30초간 도포하고 air로 건조한 후 Gluma Sealer를 도포한 다음 air로 건조하고 20초간 광조사기(Visilux 2, 3M)로 중합하였으며 2, 4, 8군은 Scotchbond 2 Adhesive를 도포하고 air로 가볍게 건조한 다음 20

Table 3. DENTIN CONDITIONING AND BONDING PROCEDURES IN NINE EXPERIMENTAL GROUPS

Group	Dentin conditioning and bonding procedures
1	Treated with Gluma Cleanser followed by Gluma Primer and Sealer
2	Treated with Gluma Cleanser followed by Scotchbond 2 Adhesive
3	Treated with Gluma Cleanser followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal
4	Treated with Scotchprep followed by Scotchbond 2 Adhesive
5	Treated with Scotchprep followed by Gluma Primer and Sealer
6	Treated with Scotchprep followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal
7	Treated with Tenure Conditioner followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal
8	Treated with Tenure Conditioner followed by Scotchbond 2 Adhesive
9	Treated with Tenure Conditioner followed by Gluma Primer and Sealer

초간 광조사하고 3, 6, 7군은 Tenure Solution A와 B를 혼합하여 도포하고 10초간 건조한 후 Visar Seal을 도포하고 air로 건조한 다음 광조사하여 실험군의 시편을 처리하였다 (Table 3). 따라서 실험군의 총 36개의 시편 중 1, 4, 7군의 시편은 각각 6개씩의 시편이 포함되었으며 2, 3, 5, 6, 8 및 9군의 시편은 각각 3개씩의 시편이 포함되었다. 주사전자현미경을 이용한 상아질접착제의 상아질내 침투상 관찰 및 시편의 조작을 용이하게 하기 위하여 상아질접착제를 도포한 치관부측 상아질 표면 중앙 부위에 rubber-mold(직경 2 mm, 높이 2 mm)를 위치시키고 그 속에 자가중합형 레진인 Clearfil FII (Universal : FO-1492, Catalyst : FC-1393, Kuraray, JAPAN)를 충전하여 도포된 상아질접착제와 결합시켰다(Fig. 1.A-⑥).

#### 5) 주사전자현미경 관찰

상아질접착제의 상아질내 침투성을 관찰하기 위한 27개 시편은 20% HCl로 14시간 탈회하였고, 파단면관찰을 위한 9개 시편은 상아질표면처리제와 상아질 접착제 도포후 chisel을 치수측 상아질면에 형성된 직선홈에 삽입하고 압력을 가하여 시편을 파단시킨 후 10% HCl에서 3분간 탈회하였다. 이상의 36개 시편을 탈수, 임계점 건조시킨 후 금증착(Eiko ion coater, Eiko engineering Co.)하여 주사전자현미경(Hitachis-2300 SEM)에 의한 가속전압 20 KV로 상아질 표면의 상아질접착제의 침투상과 파단면을 관찰하였다.

### III. 실험성적

상아질표면 시편에 Gluma, Scotchbond 2 및 Tenure의 상아질표면처리제와 상아질접착제를 각각 도포한 후 9군의 주사전자현미경상에 나타난 resin tag와 파단면의 변화상은 다음과 같다.

1군 : Gluma Cleanser로 처리한 후 Gluma Primer와 Sealer를 도포한 경우 전반적으로

resin tag의 형성이 다량 관찰되었으며 100  $\mu\text{m}$ 이상의 긴 resin tag들이 관찰되었으나, 부분적으로 10 $\mu\text{m}$ 내외의 짧은 resin tag의 형성도 관찰되었다. 또한 형성된 resin tag의 가장자리로 측분지가 나타남을 인지할 수 있었다 (Fig. 2). 파단면상에서는 상아세관내로 함입되어 있는 resin tag이 관찰되었다(Fig. 3).

2군 : Gluma Cleanser로 처리한 후 Scotchbond 2 Adhesive를 도포한 경우 형성된 resin tag의 수는 1군보다 훨씬 적었으며 100 $\mu\text{m}$ 이상 긴 resin tag도 적게 나타났다. 또한 상아세관의 입구부위에만 형성된 resin tag이 확인되는 경우도 있었으나, 그 수는 적었다(Fig. 4).

3군 : Gluma Cleanser로 처리한 후 Tenure Solution A와 B 및 Visar Seal를 도포한 경우 resin tag의 길이는 100 $\mu\text{m}$ 이하로 나타났으며 resin tag도 1군보다 훨씬 적은 양으로 나타났으며 대부분의 resin tag이 상아세관입구에만 국한되어 형성되어 있었다(Fig. 5).

4군 : Scotchprep으로 처리한 후 Scotchbond 2 Adhesive를 도포한 경우 나타나는 resin tag들은 대부분이 10 $\mu\text{m}$ 내외의 균일한 길이를 나타내고 있었으며 다른군에 비하여 표면이 상당히 불규칙한 양상을 보이고 있었다 (Fig. 6). 파단면상에서도 접착면의 관찰상과 유사한 resin tag양상이 나타났다(Fig. 7).

5군 : Scotchprep으로 처리한 후 Gluma Primer와 Sealer를 도포한 경우 대부분의 resin tag들이 상아세관입구에 국한되어 있는 양상을 보이고 있으며 4군과는 달리 긴 resin tag도 관찰되었으나 그 길이는 100 $\mu\text{m}$ 이하였다(Fig. 8).

6군 : Scotchprep으로 처리한 후 Tenure Solution A와 B 및 Visar Seal을 도포한 경우 대부분의 resin tag들이 5 $\mu\text{m}$ 이하로 매우 짧게 나타났으며 그 수도 4군보다 적게 나타났다(Fig. 9).

7군 : Tenure Conditioner로 처리한 후 Tenure Solution A와 B 및 Visar Seal을 도포한 경우 100 $\mu\text{m}$ 이상의 resin tag들이 어느정도 관찰되고 있으나 대부분 10 $\mu\text{m}$ 내외의 길이

를 나타내고 있었다(Fig. 10). 파단면의 경우 상아세관내로 함입된 resin tag들이 보이거나 수는 적게 나타났다(Fig. 11).

8군 : Tenure Conditioner로 처리한 후 Scotchbond 2 Adhesive를 도포한 경우  $5\mu\text{m}$  이하의 매우 짧은 resin tag들이 일정한 배열로 관찰되었다(Fig. 12).

9군 : Tenure Conditioner로 처리한 후 Gluma Primer와 Sealer를 도포한 경우 관찰되는 resin tag의 길이는 대부분이  $100\mu\text{m}$  이상이었으나 간혹 상아세관입구부위까지 국한되어 있었다. 또한 상아세관의 측벽, 즉 관주상아질로 생각되는 부위를 따라 resin이 침투되어 있어 중앙부위가 비어있는 resin tag도 관찰되었다(Fig. 13).

#### IV. 총괄 및 고안

치과용 수복물이 치질과 접착되었을 경우 최소한의 치질삭제, 심미성증진 및 무통수복이 가능하다. 법랑질에 대한 접착은 산부식법으로 기계적인 접착을 증가시킬 수 있으나 상아질에 대한 접착은 상아질의 구성성분과 구조가 법랑질과 달라 충분한 접착이 곤란한 것으로 알려져 있다<sup>1-3)</sup>. 또한 와동형성 및 상아질삭제시 상아질에 형성되는 smear layer도 수복물의 상아질접착을 어렵게 하며 이러한 smear layer의 제거여부에 따른 상아질과의 접착에 많은 논란이 있으며 시판되고 있는 상아질접착제도 smear layer를 제거시키거나 변형시키기 위한 상아질표면처리제가 함유되고 있다<sup>4,5,8-13)</sup>.

Eliades등<sup>6)</sup>은 상아질접착제의 구성성분과 상아질에 대한 결합기전간의 관계를 연구하여 chlorophosphate esters계통의 상아질접착제가 상아질의  $\text{Ca}^{++}$ 에 대한 이온결합, urethane계통의 유기화합물은 상아질의 surface bound-OH에 결합하며, ferric oxalate/NPG/PMDM은 상아질의 재석회화와 chelate 복합물을 형성하여 친수성 monomer가 침투되며, glutaraldehyde와 HEMA는 상아질내 교원섬유와의 corss linking에 의해 결합이 가능하다

고 보고하였으며, Kubo등<sup>7)</sup>은 상아질접착제의 화학성분에 의한 접착기전을 주사전자현미경을 이용, 관찰하였다. 이상과 같이 상아질접착제들이 화학성분에 따라 서로 다른 결합기전을 가지고 있음을 알 수 있다.

또 Youngson등<sup>33)</sup>에 의하면 대부분의 상아질접착제의 결합기전은 상아질교원섬유와 결합하거나, smear layer제거후 무기성분과의 결합 또는 smear layer잔존상태에서의 무기성분과의 결합등에 의해 나타나는 것으로 보고한 바 있다.

박등<sup>34)</sup>에 의하면 상아질접착제는 이장재 없이 사용되므로 접착강도뿐만 아니라 치수에 대한 생물학적 적합성에 대한 평가가 중요하다고 보고하였으며 이러한 치과용수복물의 생물학적 친화성여부는 구성성분에 의한 것이 아니라 치아와 수복물간의 완벽한 봉쇄능력여부에 의한 것으로 알려져 있다<sup>35,36)</sup>.

본 실험에 사용된 Tenure는 3.5% aluminum oxalate와 2.5% nitric acid의 혼합수용액을 사용하여 상아질표면에 형성된 smear layer를 용해 또는 변형시키며 이로인해 smear layer가 거의 제거되고 상아질표면의 calcium ion이 aluminum ion으로 대체된다. 즉 상아질표면에 5% NTG-GMA와 10% PMDM을 혼합, 적용하여 상아세관내로 침투하게 함으로써 강한 비용해성의 구조물을 형성하는 결합기전을 갖고 있다<sup>11)</sup>.

Gluma의 상아질 접착기전은 17% EDTA를 사용하여 상아질표면의 smear layer를 제거한 후 5% glutaraldehyde와 35% HEMA의 혼합수용액을 도포하면 상아질 교원섬유의 amine기에 aldehyde가 반응한 후 glutaraldehyde와 HEMA가 결합되어 관간상아질내에 침투하여 기계적인 접착이 이루어진다. 이와 같이 상아질에 이중결합층이 형성되어 차후 충전되는 수복레진과 공중합되어 화학적 결합이 가능하게 된다<sup>12,13)</sup>.

Scotchbond 2는 5% maleic acid, 55% HEMA 및 40% 수분으로 구성된 Scotchprep는 친수성 및 용해성 성질을 지니고 있어 상아질의 smear layer내에 침투되어 smear layer

를 용해시킬 수 있다. 친수성인 40% HEMA와 소수성인 50% Bis-GMA로 이루어진 Scotchbond 2 Adhesive는 Scotchprep에 의해 용해된 층을 통하여 침투되어 치질내에서 중합 후 결합되고 복합레진과는 methacrylate groups을 통하여 유리기 중합에 의해 공중합됨으로써 결합이 나타난다<sup>14)</sup>.

상아질접착제의 결합강도를 측정된 연구중, Barkmeier와 Coolyer<sup>15)</sup>는 Tenure가 13.4±3.8 MPa로 가장 높게 나타났으며 Gluma와 Scotchbond 2는 10.0 MPa이하로 나타났다. Jamil등<sup>16)</sup>의 연구에서 Scotchbond 2(22.80±7.2MPa)가 가장 높게 나타났고 Tenure(14.29±5.3 MPa)와 Gluma(12.31±6.4 MPa)순으로 나타났다. 그러나 Finger등<sup>17)</sup>의 결과에서는 Gluma와 Scotchbond 2에 비하여 Tenure가 상대적으로 낮은 결합강도를 보였다. 이와 같은 연구결과와 차이는 발거된 치아의 경과시간과 보관상태, 산부식방법, 와동의 깊이, smear layer의 처리방법, 복합레진의 수축정도, 치아의 기왕력등의 차이로 인한 것으로 사료된다<sup>2,21)</sup>. 본 실험에서 Gluma Cleanser로 표면처리 후 Gluma Primer와 Sealer를 도포한 경우 100 $\mu$ m이상의 resin tag들이 관찰됨으로써 상기의 연구보고에서 Gluma의 높은 결합강도수치가 나타난 결과는 상아세관내로 함입된 긴 resin tag의 기계적인 결합에 의한 것으로 사료될 수 있으며 Tenure Conditioner와 Tenure Solution A와 B 및 Viseal Seal을 사용한 경우와 Scotchprep과 Scotchbond 2 Adhesive를 사용한 경우에는 resin tag가 대부분 10 $\mu$ m내외의 길이를 나타내어 이들의 결합강도는 기계적인 결합에만 좌우되지 않고 화학적 결합도 적용될 것으로 생각된다.

Barkmeier와 Cooley<sup>16)</sup>는 상아질접착제를 사용한 5급와동에서 미세누출을 관찰한 결과 Scotchbond 2가 가장 적었다고 보고하였으며 Tsai등<sup>18)</sup>은 Gluma에서 미세누출이 가장 적은 것으로 보고되었으며 두 실험 모두에서 치관부측에 비하여 치경부측 변연에 미세누출이 높은 것으로 나타났다. 본 연구에 사용된 상아질접착제에서도 미세누출에 영향을 줄 수 있는 레

진의 중합수축을, 침투된 resin tag의 말단부에서 가늘어지는 양상으로 관찰된 바, 이들의 연구보고와 유사할 것으로 추측할 수 있었다.

Chappell등<sup>19)</sup>은 4종의 상아질접착제의 전단 결합강도측정과 파단양상을 주사전자현미경상에서 관찰한 결과 결합강도가 가장 높은 Scotchbond 2에서는 cohesive failure 양상이 나타났으며 Gluma와 Tenure에서는 주로 adhesive failure 양상이 관찰되었음을 보고하였다. Eick등<sup>22)</sup>의 연구에서는 상아질의 습윤성 및 접착제의 침투력과 상아질접착제의 결합강도간에 중요한 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서, 상아질접착제 도포후 파단양상의 관찰과 더불어 결합강도측정이 본 실험과 더불어 평가되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 상아질표면처리제인 Gluma Cleanser를 사용한 경우에는 상아세관내로의 레진침투가 100 $\mu$ m이상 나타나는 경우가 많았으며 Tenure Conditioner와 Scotchprep을 사용한 경우에는 대부분 resin tag의 길이가 10 $\mu$ m이하로 나타났다. 이에 대하여 Yu등<sup>23)</sup>도 수종의 상아질접착제의 도포 후 레진 수복재의 접착유무에 따른 SEM상을 관찰한 결과 상아질표면처리제 사용여부에 따른 상아질표면의 변화는 관찰할 수 없었으나 표면처리제에 따른 resin tag의 형성길이의 차이가 나타났음을 보고하였으며, 접착강도를 좌우하는 요소로 상아세관내로의 상아질접착제의 침투정도, 상아질내로 침투한 resin tag의 길이 및 상아질과 상아질접착제의 화학결합등이라고 한 바 있다.

본 연구의 모든 실험군에서 상아세관내로 함입된 resin tag가 관찰되어 Gwinnett<sup>24)</sup> 및 Gwinnett과 Jendersen<sup>26)</sup>의 연구결과와 유사함을 알 수 있었다.

본 실험결과 Gluma Cleanser로 처리한 후 Gluma Primer와 Sealer를 적용한 1군에서 상아세관내로 함입된 resin tag가 100 $\mu$ m이상 매우 길게 형성되었으며 이에 대하여 Chappell등<sup>19)</sup>은 결합강도측정 후 파단면을 관찰한 결과 상아세관내로 함입된 resin tag들이 파괴된 양상을 관찰보고함으로써 Gluma의 결합강도는 resin tag에 의존한 기계적인 결합력에 의한다

고 짐작할 수 있다.

Scotchprep으로 처리한 후 Scotchbond 2 Adhesive를 적용한 4군에서는 균일한 길이, 즉 10 $\mu$ m 내외의 짧은 resin tag가 관찰되었으며 이는 Yu등<sup>23)</sup>이 Scotchprep을 상아질 표면에 적용한 후 주사전자현미경상을 관찰한 결과와 유사하게 Scotchprep자체가 상아질표면의 smear layer는 제거하지만 상아세관내에 존재하는 smear plug는 제거시킬 수 없기 때문에 접착제의 침투가 용이하지 않은 결과에 의한 것으로 생각된다.

또한 Tenure Conditioner로 처리한 후 Tenure Solution A와 B 및 Visar Seal을 적용한 7군에서는 대부분 10 $\mu$ m내외였으며 간혹 100 $\mu$ m이상의 resin tag도 관찰되었다. 이는 Yu등<sup>23)</sup>이 관찰한 바와 같이, Tenure Conditioner가 smear layer를 제거한 다음 aluminum ion에 의해 상아질표면에 crystalline 침전물이 형성됨으로써 접착제가 상아세관을 통해 충분히 침투되지 않기 때문인 것으로 여겨진다.

본 실험결과에서 관찰된 상아질표면처리제와 상아질접착제의 종류에 따라 resin tag의 수 및 길이가 일정하지 않게 나타났기 때문에 결합강도 역시 다양하게 나타날 것으로 사료된다.

Gwinnett과 Jendersen<sup>26)</sup>은 정상 상아질의 경우 산부식을 시행하고 레진을 적용한 결과 100 $\mu$ m이상의 레진침투를 보였으나 상아질의 침식중의 경우에는 30 $\mu$ m미만의 침투를 나타내었다고 보고하였으며, Gwinnett<sup>24)</sup>은 상아질의 산처리시 상아세관내로의 레진침투가 촉진됨을 보고하였으며 산 적용후의 건조상태에 따라 레진침투깊이에 영향을 줄 수 있다고 하였다. 예를 들어 발거한 치아를 산적용후 30초간 건조한 경우는 약 0.2 mm, 24시간동안 건조한 경우에는 2.0 mm의 레진침투깊이를 관찰하였다. 또한 상아질내 레진침투력은 유동율, 산 또는 레진적용과 건조시간간의 시간간격 및 레진의 침투계수등에 의해 영향받는다고 주장하였다. 따라서 임상시술과정동안에는 조상아세포돌기 및 체액등으로 인하여 본 실험에

서 나타난 100 $\mu$ m이상의 긴 resin tag형성은 어느정도 제약을 받을 것으로 생각된다.

최근 Nakabayashi<sup>29)</sup>는 상아세관내 resin tag에 의한 상아질과의 기계적 결합강도는 레진이 상아질기질내로 침투되어 중합 결합된 강도에 비하여 약하기 때문에 결국 상아질접착제와 상아질간의 결합은 resin tag형성에 의한 것이라기 보다는 상아질기질내로의 레진침투에 좌우된다고 주장했다. 즉 상아질표면을 10% citric acid-3% ferric chloride용액으로 처리한 다음 phenyl-P와 MMA-TBB의 혼합레진과 4-META와 MMA-TBB의 혼합레진으로 수복한 결과 교원섬유와 hydroxylapatite와 결합하여 치질이나 레진과는 다른 새로운 물질로 이루어진 얇은 층이 형성됨을 관찰하였고 이 층을 hybrid layer라고 명명하였으며 이로 인해 결합강도가 증가하고 산에 저항할 수 있다고 보고하였다<sup>31,32)</sup>.

또 Nakabayashi등<sup>37)</sup>은 hybrid layer를 형성할 수 있는 조건은 상아질의 표면처리과정동안 교원섬유를 포함한 상아질내의 peptide를 변형시키지 않아야 하고 상아질내 침투된 수복레진과 결합할 수 있는 친수성 및 소수성 단량체가 함유되어야 하며 촉매제가 산소 및 수분하에서도 중합이 가능해야 한다고 보고하였다.

앞으로 상아질접착제의 상아질과 수복재간의 영구적인 접착과 임상에 적용하기 위해서는 상아질의 조직학적 구조 및 기능, 상아질접착제의 구성성분 및 이에 따른 상아질과 수복재간의 접착기전, 상아질표면처리, 실험실 결과와 임상결과와의 상관관계 및 상아질접착제의 치수반응에 대한 연구가 필수적이라고 사료된다.

## V. 결 론

발거된 상하악 대구치 36개를 횡절단하여 상아질표면을 노출시켜 상아질표면처리제인 Gluma Cleanser(Bayer, Germany), Scotchprep(3M, USA) 및 Tenure Conditioner(Den-Mat, USA)와 상아질접착제인 Gluma Primer, Sealer와 Scotchbond 2 Adhesive 및



Tenure Solution A 와 B, Visar Seal로 처치 및 도포방법에 따라 9개군으로 분류하고 실험한 후, 주사전자현미경을 이용하여 상아질접착제의 침투상과 파단면을 관찰분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Gluma Cleanser로 표면처리후 Gluma Primer와 Sealer를 도포한 경우(1군) resin tag의 길이는 100 $\mu$ m이상 길게 나타났다.

2. Scotchprep으로 표면처리 후 Scotchbond 2 Adhesive를 도포한 경우(4군) resin tag의 길이는 약 10 $\mu$ m로 나타났다.

3. Tenure Conditioner로 표면처리후 Tenure Solution A와 B 및 Visar Seal을 도포한 경우(7군) 대부분의 resin tag이 10 $\mu$ m내외의 길이였으나, 때로는 100 $\mu$ m 이상의 resin tag도 관찰되었다.

4. 2, 3, 5, 6, 8 및 9군에서 resin tag의 형성은 길이가 불규칙하였으며 수도 적게 형성되었다.

## REFERENCES

1. Asmussen E. and Munksgaard E.C.: Adhesion of restorative resins to dentinal tissues. In. Posterior composite resin dental restorative materials. Vanherle G. and Smith D.C., Dental Products Division 3M Co., St. Paul, pp. 217-229, 1985.
2. Finger W.J.: Dentin bonding agents. Relationship of in vitro investigations. Am J Dent, 1 (Special issue): 184-188, 1988.
3. Tencate A.R.: Dentin-Pulp Complex. In: Oral Histology. Development, Structure, and Function.: The C.V. Mosby Co., 3rd Ed., pp. 157, 1989.
4. Sectos J.C.: Dentin bonding in perspective. Am J Dent, 1 (Special issue): 173-175, 1988.
5. Bowen R.L.: Development of an adhesive system for bonding to hard tooth tissues. J Esthet Dent, 3:86-90, 1991.
6. Eliades G.C., Caputo A.A., and Vougiouklakis G.J.: Composition, wetting properties and bond strength with dentin of 6 new dentin adhesives. Dent Mater, 1:170-176, 1985.
7. Kubo S., Finger W.J., Muller M., and Podszun W.: Principles and mechanisms of bonding with dentin adhesive materials. J Esthet Dent, 3:62-69, 1991.
8. Bowen R.L.: Bonding of restorative materials to dentine: the present status in the United States. Int Dent J, 35:155-159, 1985.
9. Bowen R.L. and Cobb E.N.: A method for bonding to dentin and enamel. J Am Dent Assoc, 107:734-736, 1983.
10. 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, 61:1070-1076, 1982.
11. Blosser R.L. and Bowen R.L.: Effects of purified ferric oxalate/nitric acid solutions as a pretreatment for the NTG-GMA and PMDM bonding system. Dent Mater, 4:225-231, 1988.
12. Asmussen E. and Munksgaard E.C.: Bonding of restorative resins to dentine promoted by aqueous mixtures of aldehydes and active monomers. Int Dent J.: 160-165, 1985.
13. Munksgaard E.C. and Asmussen E.: Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. J Dent Res, 63:1087-1089, 1984.
14. Cleo A.L. and Steen D.L.: Scotchbond 2th Dental Adhesive System Product Profile, 1987.

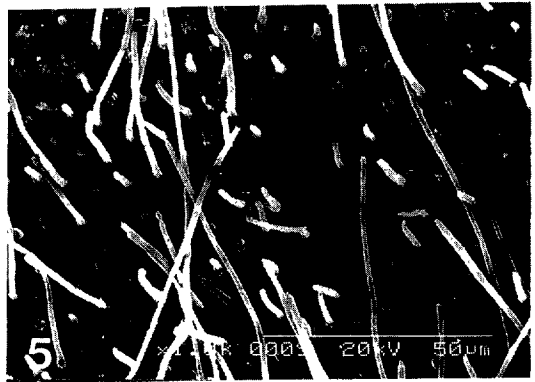
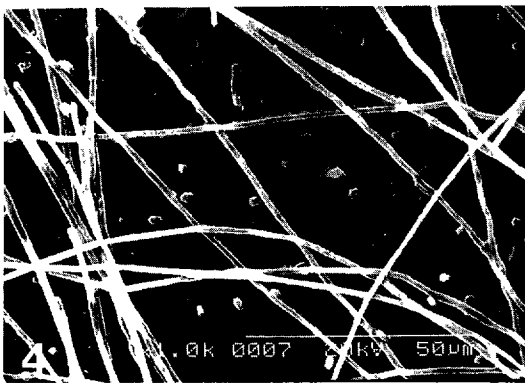
15. Barkmeier W.W. and Cooley R.L.: Resin adhesive systems: In vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage. *J Esthet Dent*, 1:67-72, 1989.
16. Jamil M., Aboush Y.E.Y., and Elderton R.J.: Bond strengths of dentine bonding agents to dentine. *Br Dent J*, 172:72-75, 1992.
17. Finger W.J., Manabe A., and Alker B.: Dentin surface roughness vs. bond strength of dentin adhesive. *Dent Mater*, 5:319-323, 1989.
18. Tsai Y.H., Swartz M.L., Phillips R.W., and Moore B.K.: A comparative study: Bond strength and microleakage with dentin bond systems. *Oper Dent*, 15:53-60, 1990.
19. Chapell R.P., Eick J.D., Mixson J.M., and Theisen F.C.: Shar bond strength and scanning electron microscopic observation of four dentinal adhesives. *Quint Int*, 21:303-310, 1990.
20. Yu X.Y., Davis E.L., Joynt R.B., and Wiczowski G.: Bond strength evaluation of a Class V composite resin restoration. *Quint Int*, 22:391-396, 1991.
21. Stanford J.W., Sabri Z., and Jose S.: A comparison of the effectiveness of dentine bonding agents. *Int Dent J*, 35:139-144, 1985.
22. Eick J.D., Robinson S.J., Cobb C.M., Chappell R.P., and Spencer P.: The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part II. *Quint Int*, 23:43-51, 1992.
23. Yu X.Y., Wiczowski G., Davis E.L., and Joynt R.B.: Scanning electron microscopic study of dentinal surfaces treated with various dentinal bonding agents. *Quint Int*, 21:989-999, 1990.
24. Gwinnett A.J.: The morphologic relationship between dental resins and etched dentin. *J Dent Res*, 56:1155-1160, 1977.
25. Brännström M. and Nordenvall K.J.: The effect of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration: A scanning electron microscopic investigation. *J Dent Res*, 56:917-923, 1977.
26. Gwinnett A.J. and Jendresen M.D.: Micro-morphologic features of cervical erosion after acid conditioning and its relation with composite resin. *J Dent Res*, 57:543-549, 1978.
27. 조진호, 최호영, 민병순, 박상진: 수중 표면처리제에 의한 상아질 표면의 형태 변화에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 13:323-339, 1988.
28. Fusayama T., Nakamura N., Kurosaki N., and Iwaku M.: Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res*, 58:1364-1370, 1979.
29. Nakabayashi N.: Bonding of restorative materials to dentine: the present status in Japan. *Int Dent J*, 35:145-154, 1985.
30. Prati C., Nucci C., and Montanari G.: Shear bond strength and microleakage of dentin bonding systems. *J Prosthet Dent*, 65:401-407, 1991.
31. Wang T. and Nakabayashi N.: Effect of 2-(Methacryloxy) ethyl phenyl hydrogen phosphate on adhesion to dentin. *J Dent Res*, 70:59-66, 1991.
32. Nakabayashi N., Ashizawa M., and Nakamura M.: 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.
33. Youngson C.C., Grey N.J.A., and Martin D.M.: In vitro marginal microleakage associated with five dentine bonding systems and associated composite restorations. *J Dent*, 18:203-208, 1990.
34. 박선희, 민병순, 최호영, 박상진, 최기운.

- Bonding agent의 치수섬유아세포에 대한 독성 연구. 대한치과보존학회지, 16 : 99-117, 1991.
35. Cox C.F., Felton D., and Bergenholtz G.: Histopathological response of infected cavities treated with Gluma and Scotchbond dentin bonding agents. Am J Dent, 1 (Special issue): 189-194, 1988.
  36. Bertolotti R.L.: Total etch-the rational dentin bonding protocol. J Esthet Dent, 3: 1-6, 1991.
  37. Nakabayashi N., Nakamura M., and Yasuda N.. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. J Esthet Dent, 3:133-138, 1991.

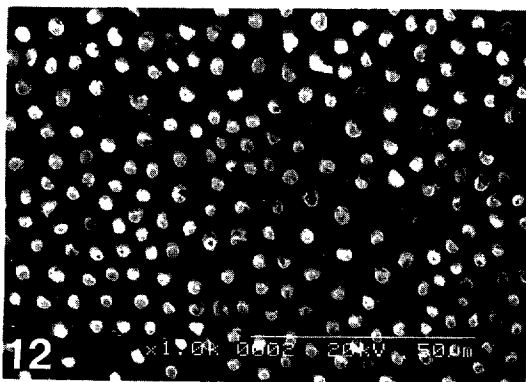
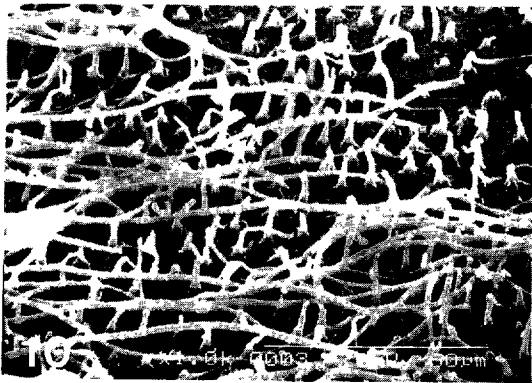
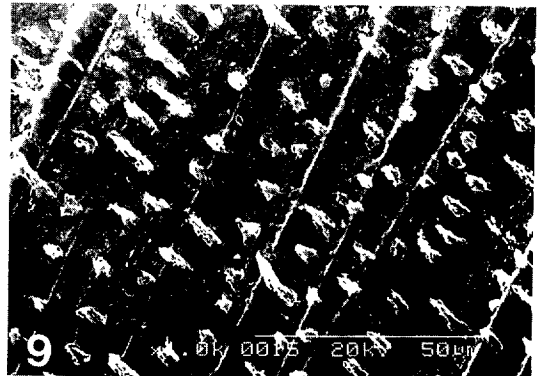
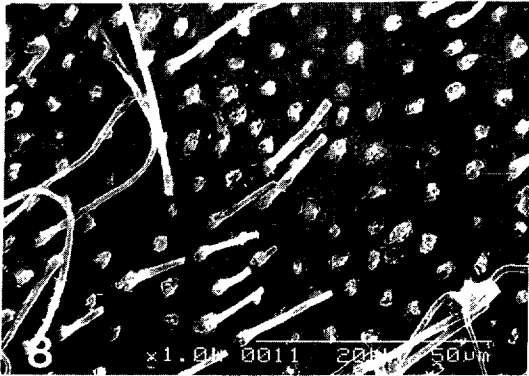
## EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 2.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Gluma Clanser followed by Gluma Primer and Sealer (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 3.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated with Gluma Cleanser followed by Gluma Primer and Sealer (Demineralized with 10% HCl for 3 minutes, X5000)
- Fig. 4.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Gluma Cleanser followed by Scotchbond 2 Adhesive (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 5.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Gluma Cleanser followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 6.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Scotchprep followed by Scotchbond 2 Adhesive (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 7.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated with Scotchprep followed by Scotchbond 2 Adhesive (Demineralized with 10% HCl for 3 minutes, X2000)
- Fig. 8.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Scotchprep followed by Gluma Primer and Sealer (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 9.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Scotchprep followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 10.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Tenure Conditioner followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 11.** Scanning electron micrograph of fractured dentin surface treated with Tenure Conditioner followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal (Demineralized with 10% HCl for 3 minutes, X4000)
- Fig. 12.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Tenure Conditioner followed by Scotchbond 2 Adhesive (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X1000)
- Fig. 13.** Scanning electron micrograph on resin penetration of dentin treated with Tenure Conditioner followed by Gluma Primer and Sealer (Demineralized with 20% HCl for 14 hours, X8000)

논문 사진부도 ①



논문 사진부도 ②



## SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC STUDY ON RESIN INFILTRATIONS AFTER DENTIN TREATMENTS

Gyun - Won Kwon, Sang - Jin Park, Byung - Soon Min,  
Ho - Young Choi, Gi - Woon Choi

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University*

The purpose of this study was to observe the resin infiltration pattern into dentin by various dentin bonding agents. Freshly extracted 36 sound human molars were used in this study. They were stored at 4°C physiologic saline solution before experiment.

All the teeth were cross-sectioned to expose dentin below about 3.0mm at the cusp tip and above 2.0mm at the cemento-enamel junction with Crystal Cutter (MC411D, Maruto Co., Japan), and were made into specimens for this study (Fig. 1).

The specimen experimental groups were divided into 9 groups by dentin surface treatment as following procedures:

- Group 1 : Treated with Gluma Cleanser followed by Gluma Primer and Sealer
- Group 2 . Treated with Gluma Cleanser followed by Scotchbond 2 Adhesive
- Group 3 : Treated with Gluma Cleanser followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal
- Group 4: Treated with Scotchprep followed by Scotchbond 2 Adhesive
- Group 5: Treated with Scotchprep followed by Gluma Primer and Sealer
- Group 6: Treated with Scotchprep followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal
- Group 7: Treated with Tenure Conditioner followed by Tenure Solution A, B and Visar Seal
- Group 8: Treated with Tenure Conditioner followed by Scotchbond 2 Adhesive
- Group 9: Treated with Tenure Conditioner followed by Gluma Primer and Sealer

27 specimens of 36 specimens were divided into 9 groups (Group 1-9), and were used for observation of resin tags. Remaining 9 specimens were divided into 3 groups (Group 1, 4 and 7), and were used for observation of fractured dentin surfaces.

Specimens to observe the resin tag were demineralized with 20% HCl for 14 hours, specimens to observe the fractured dentin surfaces were demineralized with 10% HCl for 3 minutes.

All the specimens were gold-coated with Eiko ion coater (Eiko-engineering Co.), and observed under Scanning electron microscope (Hitachi S-2300) at 20 KV.

The following results were obtained:

1. In group 1 treated with Gluma Cleanser, Gluma Primer, and Sealer, most resin tags were more than 100µm.
2. In group 4 treated with Scotchprep and Scotchbond 2 Adhesive, most resin tags were about 10µm.

3. In group 7 treated with Tenure conditioner, Tenure Solution A, B, and Visar Seal, most resin tags were about  $10\mu\text{m}$  but occasionally resin tags were more than  $100\mu\text{m}$ .
4. In groups 2,3,5,6,8 and 9, the lengths of resin tags were inconsistent and the amount of resin tags were reduced.