

## 표백된 법랑질에 대한 복합레진의 결합강도에 관한 연구

전북대학교 치과대학 보존학교실  
유미경 · 이광원 · 송광엽\* · 손호현

### Abstract

#### AN EXPERIMENTAL STUDY ON BOND STRENGTH OF COMPOSITE RESIN TO BLEACHED ENAMEL

Mi-Kyung Yu, D. D. S., Kwang-Won Lee, D. D. S., M. S. D.,  
Kwang-Yeob Song\*, D. D. S., Ph. D., Ho-Hyun Son, D. D. S., Ph. D.  
*Dept. of Conservative Dentistry, Dept. of Prosthodontics\*.  
School of Dentistry, Chonbuk National University*

The purpose of this study was to examine the shear bond strength of resin-enamel bond formed at specific time intervals after the termination of vital bleaching. A total of 72 human extracted maxillary premolars were divided into nine groups : untreated control (group 1) ; enamel treated with 35% hydrogen peroxide (group 2, 3, 4, 5) ; and enamel treated with 15% carbamide peroxide gel (group 6, 7, 8, 9). After the treatment with 35% hydrogen peroxide for 2 hours and 15% carbamide peroxide for 24 hours, adhesion of a resin to bleached enamel was formed at 1 hour (group 2, 6) and 24 hours (group 3, 7) ; 3 days (group 4, 8) and 7 days (group 5, 9) post-termination of bleaching treatment. A 3×3mm mold was filled with Scotchbond Multi-Purpose and Z100. After 24 hours later, the specimens were shear-tested at crosshead speed 1mm/min and analyzed statistically. Fractured specimens from group 1, 2, 6 were gold-coated with Eiko ion coater and observed under Scanning electron microscope at 25KV.

The following results were obtained :

1. Bonds formed at 1 hour post-termination of 35% hydrogen peroxide ( $P < 0.01$ ) and 15% carbamide peroxide bleaching treatment groups ( $P < 0.05$ ) showed significantly lower shear bond strength than untreated group.
2. Bonds formed at 24 hours, 3 days and 7 days post-termination of 35% hydrogen peroxide and 15% carbamide peroxide bleaching treatment groups showed no significant differences in shear bond strength with untreated group ( $P > 0.05$ ).
3. SEM examinations of the untreated fracture specimen indicated cohesive fracture within enamel and exposed enamel prisms, but the bleached fracture specimens indicated adhesive fracture.

## I. 서 론

치과에 내원하는 환자의 심미적인 문제중의 하나가 전치부 변색이다. 이의 치료를 위해 보존적인 치료 방법인 표백술<sup>1,2)</sup>과 labial veneering<sup>3)</sup>이 추천되고 있다.

30-40%의 hydrogen peroxide를 이용한 변색된 무수치의 표백은 치경부 흡수<sup>4)</sup>, 치근단조직과 치은으로의 유해성 물질의 누출<sup>5)</sup>등과 같은 위험이 있다. 또한 고농도의 hydrogen peroxide를 이용한 유수치 표백은 열과 같이 사용되었을 때 치수에 일시적인 영향을 줄 수 있으며<sup>6)</sup>, 또한 온도의 과도한 상승은 잠재적인 치수손상을 줄 수 있다<sup>7-9)</sup>. 지금까지 사용되어온 유수치표백은 치료실 술식이며<sup>10)</sup> “home bleaching” 술식은 Haywood등<sup>11)</sup>에 의해 최근에 소개되었다.

표백이 법랑질 표면에 미치는 연구에서 Haywood등<sup>12)</sup>은 carbamide peroxide를 적용시 부식이나 탈회같은 표면변화가 없음을 보고하였으나, Covington등<sup>13)</sup>은 미약한 표면부식을, Bitter<sup>14)</sup>는 다양한 정도의 표면 다공과 변화를 보고하였으며, Titley등<sup>15)</sup>은 건전한 법랑질과 산부식된 법랑질에 35% hydrogen peroxide를 60분 노출시 표면의 형태변화를 SEM 상에서 관찰하였다.

Ruse등<sup>16)</sup>은 35% hydrogen peroxide 적용시 질소의 증가 이외에는 법랑질 구성요소의 별다른 차이를 보이지 않음을 보고하였고 Covington등<sup>17)</sup>은 10% carbamide peroxide 적용시 칼슘과 인이 약간 감소하지만 법랑질의 구성에 있어 근본적인 변화는 없음을 보고하였다.

Titley등<sup>18)</sup>은 35% hydrogen peroxide로 표백된 bovine 법랑질에 복합레진 접착시 결합력 감소를 보고하였으며, 접착전에 hydrogen peroxide로 법랑질을 전처리하는 것은 결합의성질에 영향을 미칠 수 있다고 결론지었다. 이러한 결합강도 감소에 관하여 Ruse등<sup>16)</sup>은 법랑질의 구성요소의 변화와 좀더 유기적이고, 부식저항성인 표층의 형성에 의해 기인된다고 하였으며, Titley등<sup>18)</sup>은 법랑질에 잔류한 Hydrogen peroxide의 존재에 의해서라고 하였다.

표백술은 미약하게 변색된 치아에 단독으로 사용되거나, 심하게 변색된 치아를 laminate veneers 수복전에 치아색의 향상을 위한 전처치로써 보조적

으로 사용될 수 있다<sup>3,19)</sup>. 복합레진과 접착제는 자유기(free radical)을 방출하는 촉진제(accelerator)를 포함하는데 이는 긴사슬 중합형성을 용이하게 하지만 산소는 촉진제내의 단량체기와 미리 반응하여 중합을 방해한다<sup>20)</sup>. Maryeson과 Rueggeberg<sup>21)</sup>는 산소가 감소하거나 아르곤에 의해 제거되었을 때 결합강도가 높아짐을 보고하였다. 표백후에 치아색이 원하는 만큼 회복되지 않을 경우, 산부식법을 이용한 심미수복이 요구되어지는 경우가 있다. 표백과정이 법랑질에 적용되기 때문에, 표백된 법랑질에 이러한 심미수복물 접착시 결합강도가 고려되어야 한다<sup>22)</sup>.

이에 본 실험에서는 임상에서 사용하는 35% hydrogen peroxide인 Hi-Lite(Shofu)와 home bleaching시 사용하는 15% carbamide peroxide인 Lembrandt Bleaching System(Den-Mat)을 이용하여 법랑질 표백후 복합레진 접착 시기를 달리하여 시간 경과에 따른 전단결합강도 변화를 비교하고자 하였다.

## II. 실험재료 및 방법

충전물이나 치아우식증이 없는 교정목적으로 발거된 상악 소구치 72개를 발거직후 생리식염수에 보관한다음, 고속절삭용 carbide bur로 치근을 절단후 법랑질표면의 평활면을 얻기위해 협설면을 400 grit Sic 연마지 (Beuhler Ltd.)로 연마하고, 25×15×15mm의 stainless steel mold내에 자가중합 아크릴릭 레진을 이용하여 평활면이 노출되도록 식립한후 표백방법과 복합레진 접착시까지의 경과시간에 따라 9개군으로 분류하고 각각 8개씩의 시편의 포함되도록 하여 실험을 실시하였다(Table 1).

1군은 대조군으로서 표백을 시행하지 않았으며, 2, 3, 4, 5군은 35% hydrogen peroxide인 Hi-Lite(Shofu)를 제조자의 지시에 따라 분말과 액을 혼합하여 green색이 된 혼합물을 치아의 평활면에 위치시키고 표백작용이 끝나 cream색으로 변하면(약10분소요) 물로 세척한 후 다시 위치시키는 과정을 반복하여 2시간동안 실시하였다. 6, 7, 8, 9군은 home bleaching 군으로서 15% carbamide peroxide인 Lembrandt Bleaching System(Den-Mat)의 gel을 치아의 평활면에 위치시키고 밀폐된 보관용기에 넣어 37℃, 100% 습도하에서 24시간 위치시켰다.

Table 1. Experimental groups according to bleaching procedures and time interval(TI) from termination of bleaching completed

Group	Bleaching treatment	Time Interval
1	untreated(control group)	
2	35% HP* for 2 hrs.	1hour
3	35% HP* for 2 hrs.	24hours
4	35% HP* for 2 hrs.	3days
5	35% HP* for 2 hrs.	7days
6	15% CP+ for 24 hrs.	1hour
7	15% CP+ for 24 hrs.	24hours
8	15% CP+ for 24 hrs.	3days
9	15% CP+ for 24 hrs.	7days

\* : hydrogen peroxide

+ : carbamide peroxide

2, 6군은 표백후 1시간, 3, 7군은 24시간, 4, 8군은 3일 5, 9군은 7일 동안 37°C 증류수에 담구어 놓은 다음 법랑질 표면에 10% maleic acid(SBMP-etchant, 3M Co.)로 15초간 산부식, 수세 건조 후 SBMP bonding agent를 얇게 도포하여 10초간 광중합시키고 직경 3mm 높이 3mm의 레진접착 mold에 Z100(3M)을 2회에 걸쳐 충전하고 40초씩 광중합시켜 resin tag를 형성하였다.

이후 치아를 37°C 항온수조에 24시간 보관후 재료시험기 (Instron Model No. 4201 U. S. A)에 진단장치를 부착하고 crosshead speed 1mm/min에서 결합강도를 측정하였으며 1, 2, 6군의 파절 시편을 선택하여 주사전자현미경(Hitachi Co. Japan)의 가속전압 25KV에서 치면접합부 파절면을 관찰하였고 통계적 유의성은 ANOVA와 Sheffé test를 이용하였다.

### III. 실험성적

35% hydrogen peroxide로 표백한 군은 1시간 후에 접착시킨 2군에서 가장 낮은 결합강도인 13.68±4.15MPa를 보였으며 표백을 실시하지 않은 대조군의 23.90±2.65MPa에 비해 유의성있는 낮은 결합강도를 보였다(P<0.01). 그러나 24시간 이후부터는 결합력 회복을 보여 대조군과 유의성있는 차이를 보이지 않았다(P>0.01)(Table 2). 15% carbamide peroxide

Table 2. Shear bond strength of 35% hydrogen peroxide bleaching groups(MPa)

Group	No. of sample	Mean±S. D.
1(untreated)	8	23.90±2.65
2(HP+1hr+E)	8	13.68±4.15**
3(HP+24hr+E)	8	21.70±5.34
4(HP+3d+E)	8	20.85±4.40
5(HP+7d+E)	8	20.47±3.43

HP : 35% hydrogen peroxide(Hi-Lite, Shofu Co.)

E : Etching

\*\* : Statistically significant by ANOVA and Scheffé test(P<0.01)

Table 3. Shear bond strength of 15% carbamide peroxide bleaching groups(MPa)

Group	No. of sample	Mean±S. D.
1(untreated)	8	23.90±2.65
6(CP+1hr+E)	8	16.48±2.91**
7(CP+24hr+E)	8	21.33±4.99
8(CP+3d+E)	8	23.79±4.73
9(CP+7d+E)	8	20.91±4.16

CP : 15% carbamide peroxide(Lembrandt Bleaching System, Den-Mat Co.)

E : Etching

\* : Statistically significant by ANOVA and Scheffé test(P<0.05)

oxide로 표백한 군에서도 1시간 후에 접착시킨 6군에서 가장 낮은 결합강도인 16.48±2.91MPa를 보여 대조군과 유의성 있는 낮은 결합강도를 보였으나(P<0.05), 24시간 이후부터는 결합력 회복을 보여 대조군과 유의성있는 차이를 보이지 않았다(P>0.05)(Table 3).

Fig 1. 은 각군의 평균 진단결합강도를 나타낸 도표로써 1시간후에 접착시킨 군만이 대조군에 비해 유의한 작은 값을 보였을 뿐, 24시간 이후부터는 결합력이 회복되었음을 부여주고 있다.

파절된 치아면의 주사전자현미경 관찰 결과 표백을 실시하지 않은 대조군에서는 법랑질내의 응집성 파절(cohesive failure)로 인한 노출된 법랑질소주를 볼수 있었으며(Fig. 2A, 2B), 표백후 1시간 경과뒤 접착

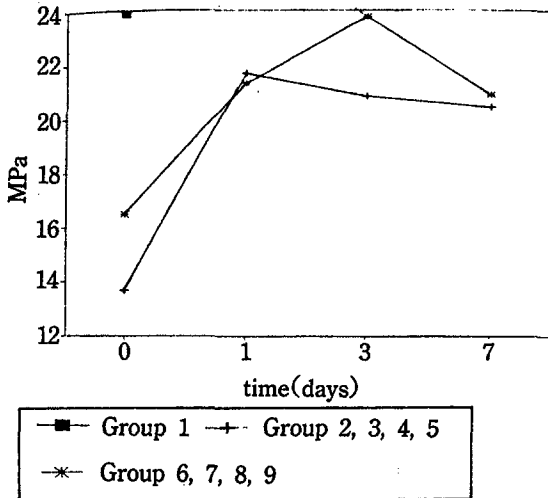


Fig 1: Shear bond strength of resin-enamel bond in this experiment.

시킨 군의 경우는 부착성파절(adhesive failure)과 산부식된 법랑질면에 bonding resin이 불규칙하게 부착되어있는 양상을 관찰할 수 있었다(Fig. 3A, 3B, 4A, 4B).

#### IV. 총괄 및 고안

여러 원인으로 변색된 치아의 치료를 위한 한 방법으로써 치아표백술이 시행되고 있다. 이러한 치아표백은 1898년 심미치료로서의 한방법으로 문헌에 보고되었으며<sup>23)</sup>, 우수치 표백을 위해 열과 강한 화학적 산화물을 이용한 재래식 방법이 1937년 이래 시행되어 왔으나<sup>24)</sup>, 이들 방법은 법랑질의 산부식, 강한 부식성 화학물인 표백제, 그리고 열원을 포함하며, 여러번의 환자내원과 긴 시술시간이 요구된다.

또한 최근에 소개된 가정용 표백제는 활동성 성분이 carbamide peroxide로써 glycerol base에 혼합되어 있으며<sup>25)</sup>, 이들 표백제의 대부분은 겔(gel)로써, 표백용 트레이를 이용하여 치아에 적용시킨다. carbamide peroxide는 매우 불안정하고 조직이나 타액에 접촉되면 그들의 구성요소로 해리되는데, 10% - 15% carbamide peroxide는 3% - 5% hydrogen peroxide와 7% - 10% 요소로 해리 되고<sup>26)</sup>, hydrogen peroxide는 산소와 물로, 요소는 암모니아와 이산화탄소로 감성(degrades) 되는데 이는 pH를 상승시키는 효과를 보이며<sup>27)</sup> 요소는 또한 체태내의

탄수화물의 발효와 젖산(lactic acid)의 형성을 억제한다<sup>27, 28)</sup>.

본 연구에서 35% hydrogen peroxide인 Hi-Lite는 Feinman등<sup>19)</sup>이 추천한 2시간을 적용시켰으며 15% carbamide peroxide인 Lembrandt는 집에서 환자가 트레이를 이용하여 장기간(4-6주) 사용하므로 Gracia등<sup>20)</sup>의 연구에서와 같은 24시간을 적용시켰다. 대부분의 연구에서는 표백제에 치아를 침지시킨 후 접착강도를 측정하였으나 임상적으로 치아를 침지시키기보다는 표면에 적용시키는 경우가 대부분이므로 본 연구에서는 접착시킬 면이 포함되도록 표면에 표백제를 위치시켰다.

표백후 원하는 만큼의 치아색 회복을 이루지 못했거나, veneer나 교정치료전에 치아색 향상을 위한 표백을 실시한 후 산부식을 이용한 수복을 행해야 하는데, 여러 연구에서 peroxide 노출직후 표백된 법랑질에 광중합레진 적용시 상당한 결합력 감소를 보고하고 있다. Tittley등<sup>18)</sup>은 bovine법랑질에 35% hydrogen peroxide를 60분 침지시킨 경우 식염수에 침지시킨 대조군에 비해 유의할 만한 낮은 결합강도를 보고하였고, Torneck등<sup>30)</sup>은 bovine 법랑질에 35% hydrogen peroxide를 5분간 30분 침지시킨 경우 대조군에 비해 유의성 있는 낮은 결합강도를 보고하였으며, 5분에 비해 30분 적용시킨 경우 더 낮은 값을 보여 결합강도가 적용시간 의존성이 있다고 하였다. 또한 Gracia등<sup>29)</sup>은 10% carbamide peroxide로 24시간 처치된 법랑질의 경우 표백을 실시하지 않은 대조군에 비해 상당한 결합력 감소를 보고하였고 파절면 분석시 대조군은 법랑질내에서의 파절이 53% 이었으나 carbamide peroxide 24시간 처치군에서는 0%로 나타나 대조군에 비해 부착성 파절이 빈번하다고 하였다. 본 연구의 파절면 SEM 관찰시에도 표백을 실시하지 않은 대조군은 법랑질내에서의 응집성파절 양상을 볼 수 있었고, 표백후 1시간뒤에 복합레진을 접착시킨 시편의 파절면은 bonding레진과 레진사이의 부착성 파절 양상을 관찰할 수 있었다.

Tittley등<sup>18)</sup>과 Torneck등<sup>30)</sup>은 결합강도 측정후 파절된 치아면의 SEM관찰결과 법랑질표면에 존재하는 peroxide와 레진사이의 상호작용이 있음을 제안하였는데, 산화성 표백물질과 bonding resin사이의 상호작용을 보면 산소의 존재는 중합을 방해하여,

결과적으로 결합강도가 감소한다. 사람의 법랑질은 9내지 25 $\mu\text{m}$ 의 세공(pores)이 존재하고<sup>31)</sup> 상아세관의 투과성은 잘 알려진 사실로써 차아구조는 일반적으로 액체와 이온이동<sup>32)</sup>, 특이적으로 hydrogen peroxide에<sup>33)</sup> 투과성이 있다. 상아질은 22 vol.% 물로 구성되어 있는 반면 법랑질은 겨우 5 vol.% 밖에 포함하지 않으며<sup>31)</sup>, hydrogen peroxide는 물로 무한히 녹을수 있는 반면 4.89gm.의 산소는 100cm<sup>3</sup>의 찬물에 녹는다<sup>34)</sup>. 상아질과 상아세관은 물의 함량이 많으므로 충분히 저장기(reservoir)로써 설명될 수 있으며, hydrogen peroxide나 그의 산소 래디칼이 얼마만큼 잔류하는지는 아직 알려져 있지 않다<sup>35)</sup>. Adibfar등<sup>36)</sup>은 표백된 bovine 법랑질을 물에 침지시켰을때 수분내에 hydrogen peroxide가 거의 완전하게 용해된다고 하였는데 이 연구에서는 상아질을 제거한 상태에서 실시했으므로 hydrogen peroxide가 법랑질을 통해 상아질에 저장될 가능성이 배제되었다<sup>37)</sup>.

기체로나 또는 용해되어 있는 산소산물은 치수미세순환이나 결표면으로부터 확산에 의해 제거되기까지 계속 잔존하는데 접착시킬 면에 free peroxides, 산소 또는 산소 래디칼이 보통의 범위보다 증가되면 중합반응을 오염시켜 결합강도가 감소한다<sup>38)</sup>.

산으로 법랑질의 전 처리시에는 칼슘과 인이 제거될수 있고 레진접착을 위해 형성해 놓은 표면의 거칠기와 면적이 증가할 수 있으며<sup>39)</sup>, 레진 부착에 영향을 줄 수 있는 단백질 단일층(monolayer)은 변화되지 않는다<sup>40)</sup>. 그러나 이에 반해 고농도의 hydrogen peroxide에 단백질이 오래 노출되면 일상적인 수세와 건조에 의해서도 제거될 수 있다<sup>39, 40)</sup>.

Titley등<sup>41)</sup>은 carbamide peroxide로 처리된 시편의 SEM 관찰 결과 남아있는 레진의 파립성양상을 보고하였는데 이러한 상황은 35% 수성 hydrogen peroxide를 이용한 연구에서는<sup>18, 30, 42)</sup> 뚜렷하지 않았다. 이는 법랑질의 표면 하층에 peroxide의 잔류로 인한 산화작용의 결과로 나타나는 가스의 거품 때문일 것이며, peroxide의 잔류는 소주사이의 공간(interprismatic spaces)를 따라 이동하여 일어나고<sup>37, 43)</sup> 표백후 짧은 수세와 건조로는 영향받지 않으며 잔류 peroxide의 제거는 물에 용해시킴으로써 얻을 수 있다고 하였다<sup>42)</sup>. 일단 잔류 peroxide가 제거되면 법랑질 표면에 접착력이 증가함을 볼 수 있는데 이 증가는

표면과 표면하층의 오염이 감소되기때문이며 결과적으로 더 효과적인 산부식과 레진침투를 얻을 수 있다<sup>41)</sup>.

표백된 치아를 물에 침지시켜 놓음으로써 결합력 회복을 도모한 연구를 보면, Titley등<sup>41)</sup>은 carbamide peroxide로 처리된 치아를 물에 1일과 7일 침지시킨 후 복합레진 접착시 1일 정도만 지나도 결합강도가 대조군과 거의 같은 값을 보임을 보고하였고, Torneck등<sup>42)</sup>은 hydrogen peroxide로 처리된 치아를 물에 7일간 침지시켜 놓았을때 hydrogen peroxide의 용해가 일어나 결합력이 회복되었음을 보고하였으며, Titley등<sup>41)</sup>은 hydrogen peroxide로 처리된 치아를 1일간 물에 침지시킨 경우 대조군과는 유의한 차이가 있었지만 표백후 바로 레진을 접착시킨 군보다 결합력 증가를 보인다고 하였다.

McGuckin등<sup>35)</sup>은 표백후 적당한 결합강도를 얻기 위해 적어도 7일 정도의 시간이 필요하다고 하였으며 표백후 곧바로 수복시 미세노출, 변연변색, 과민증이 증가하며 veneers의 결합실패가 증가한다고 하였다. 또한, Titley 등<sup>41)</sup>은 표백후에 수복을 위한 산부식을 적어도 24시간 정도 미루어야 한다고 하였는데 본 실험의 결과에서도 24시간동안 증류수에 보관한후 레진을 접착시킨 경우 결합력이 상당히 증가하여 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았으며, 1시간 동안 담구어 놓은 경우는 결합력 회복이 이루어지지 않았다.

생체내에서 사람의 치아에 미치는 hydrogen peroxide의 영향과 결합력 감소의 효과가 완전히 사라질 때까지 요구되는 시간은 아직 정해져 있지 않기에, 실험실 내의 연구와 더불어 구강내, 즉 임상 증례에 대한 관찰과 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

최근에 발견된 상악 소구치 72개의 치근을 절단한후 법랑질 표면을 연마한다는 평활면이 노출되도록 레진 block으로 제작하였으며, 35% hydrogen peroxide군은 2시간, 15% carbamide peroxide군은 24시간동안 표백하고 복합레진 접착시기를 1시간, 24시간, 3일, 7일로 달리하여 9개군으로 분류한 뒤 전단결합강도를 측정하여 통계적 분석을 하였고 대조군과 1시간 군에서 1개씩의 파절 시편을 주사전

자현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 35% hydrogen peroxide와 15% carbamide peroxide로 표백한 군들중 증류수에 1시간 보관한뒤 복합레진을 접착한 2군( $P<0.01$ )과 6군( $P<0.05$ )은 대조군에 비해 유의성 있는 낮은 결합강도를 보였다.
2. 35% hydrogen peroxide와 15% carbamide peroxide로 표백한 군들중 증류수에 24시간, 3일, 7일 보관한뒤 복합레진을 접착한군은 결합력회복을 보여 대조군과 유의성있는 차이를 보이지 않았다( $P<0.05$ ).
3. 파절된 치아면의 주사전자현미경 관찰결과 대조군에서는 법랑질내의 응집성 파절을, 표백군에서는 부착성 파절을 볼 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Prinz, H. : Recent improvements in tooth bleaching, *Dent. Cosmos.*, 66 : 558-560, 1924.
2. Boksman, L. and Jordan, R. E. : Conservative treatment of the stained dentition : vital bleaching, *Aust. Dent. J.*, 28 : 67-72, 1983.
3. Garber, D., Goldstein, R. and Feinman, R. : Porcelain laminate Veneers, Chicago : Quintessence Publ Co. 1989.
4. Harrington, G. W. and Natkin, E. : External resorption associated with bleaching of pulpless teeth, *J. Endod.*, 5 : 344-348, 1979.
5. Nutting, E. B. and Poe, G. S. : Chemical bleaching of discolored endodontically treated teeth, *Dent. Clin. North Am.*, 655-649, 1967.
6. Robertson, W. D. and Melfi, R. C. : Pulpal response to vital bleaching procedures, *J. Endod.*, 6 : 645-649, 1980.
7. Zach, L. and Cohen, G. : Pulp response to externally applied heat, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 19 : 515-530, 1965.
8. Nyborg, H. and Brännstrom, M. : Pulp reaction to heat, *J. Prosthet. Dent.*, 19 : 605-612, 1968.
9. Cohen, S. C. : Human pulpal response to bleaching procedure on vital teeth, *J. Endod.*, 5 :

- 134-138, 1979.
10. McEvoy, S. A. : Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth I. Technique development, *Quint. Int.*, 20 : 323-328, 1989.
11. Haywood, V. B. and Heyman, H. O. : Nightguard vital bleaching, *Quint. Int.*, 20 : 173-179, 1989.
12. Haywood, V. B., Leech, T., Heymann, H. O., Crumpler, D. and Bruggers, K. : Nightguard vital bleaching : Effects on enamel surface texture and diffusion, *Quint. Int.*, 21 : 801-804, 1990.
13. Covington, J. S., Friend, G. W., Lamoreaux, W. J. and Perry T. : Carbamide peroxide tooth bleaching : Effects on enamel composition and topography [abstract 530], *J. Dent Res.*, 69 : 175, 1990.
14. Bitter, N. C. : A scanning electron microscopy study of the effect of bleaching agents on enamel : A preliminary report, *J. Prosthet. Dent.*, 67 : 852-855, 1992.
15. Titley, K., Torneck, C. D. and Smith, D. C. : The effect of concentrated hydrogen peroxide solution on the surface morphology of human tooth enamel, *J. Endod.*, 14 : 69-74, 1988.
16. Ruse, N. D., Smith, D. C., Torneck, C. D. and Titley, K. C. : Preliminary surface analysis of etched, bleached and normal bovine enamel, *J. Dent. Res.*, 69 : 1610-1613, 1990.
17. Covington, J. S., Friend, G. W. and Jones, J. E. : Carbamide-peroxide tooth bleaching : Deep enamel and compositional changes, *J. Dent. Res.*, 70 : 570, (Abstract 2433), 1991.
18. Titley, K. C., Torneck C. D. and Smith, D. C. : Adhesion of composite resin to bleached and unbleached bovine enamel, *J. Dent. Res.*, 67 : 1523-1528, 1988.
19. Feinman, R. A., Goldstein, R. E. and Garber, D. A. : Bleaching teeth, Chicago : Quintessence Publishing, 23, 1987.
20. Phillips, R. W. : Skinner's science of dental materials, Philadelphia, WP Saunders, 165-

- 166, 1982.
21. Maryeson, D. and Rueggeberg, F. A. : Effect of curing atmosphere on bond strength of unfilled resin, *J. Dent. Res.*, 69 : 306, (Abstr 1583), 1990.
  22. Cvitko, E., Denehy, G. E., Swift, E. J. and Pires, J. A. : Bond Strength of Composite Resin to Enamel Bleached with Carbamide Peroxide, *J. Esthet. Dent.*, 3(3) : 100-102, 1991.
  23. Burchard, H. H. : A textbook of Dental pathology and Therapeutics, Philadelphia, Lea & Febiger, 1898.
  24. Ames, J. W. : Removing stains from mottled enamel, *J. Am. Dent. Assoc.*, 24 : 1674-1677, 1937.
  25. Miller, M. B., Ed. : Reality, Houston, TX : Reality Pub. Co., 3 : 110-118, 1989.
  26. Stindt, D. J., Quenette, L. : An overview of Gly-Oxide liquid in control and prevention of dental disease. *Compend. Contin. Enduc. Dent.*, 10 : 514-520, 1989.
  27. Stephan, R. M. : The effect of urea in counteractin the influence of carbohydrates on the pH of dental plaques, *J. Dent. Res.*, 22 : 63-71, 1943.
  28. Muntz, J. A. and Miller, B. F. : Factors influencing penetration of synthetic detergent and certain other compounds into dental plaque material, *J. Dent. Res.*, 22 : 73, 1943.
  29. Gracia, F. G., Dodge, W. W., Donohue, M. and O'quinn, J. A. : Composite Resin Bond Strength after Enamel Bleaching, *Oper. Dent.*, 18 : 144-147, 1993.
  30. Torneck, D. D., Titley, K. C., Smith, D. C. and Adibfar, A. : The influence of time of hydrogen peroxide exposure on the adhesion of composite resin to bleached and unbleached bovine enamel, *J. Endod.*, 16 : 123-128, 1990.
  31. Jenkins, G. N. : Chemical composition of teeth. In : Jenkins G. N. : Physiology and biochemistry of the mouth. Philadelphia : Lippincott, 60, 1978.
  32. Linden, L. A. : Microscopic observations of fluid flow through enamel in vitro. *Odont. Revy.*, 19 : 349-366, 1968.
  33. Bowles, H. and Ugwuneri, Z. : Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures, *J. Endod.*, 13 : 375-377, 1987.
  34. Weast, R. A. : CRC Handbook of physics and chemistry. 60th ed. Boca Raton : CRC Press, B-83 : B-104, 1980.
  35. McGuckin, R. S., Thurmond, B. A. and Osovitz, S. : Enamel shear bond strength after vital bleaching, *Am. J. Dent.*, 5 : 216-222, 1992.
  36. Adibfar, A., Steele, A., Torneck, C. D., Titley, K. C. and Ruse, N. D. : The leaching of hydrogen peroxide from bleached bovine enamel, *J. Endod.*, 18 : 488-491, 1992.
  37. Bowles, W. H. and Ugwuneri, Z. : Pulp chamber penetration of hydrogen peroxide following vital bleaching procedures, *J. Endod.*, 13 : 375-377, 1987.
  38. Ruse, N. D. : Studies on bonding to teeth. Toronto, Canada : University of Toronto, 1988.
  39. Wolf, S. P. and Dean, R. T. : Fragmentation of proteins by free radicals and its effect on their susceptibility by enzymic hydrolysis, *Biochem. J.*, 234 : 399-403, 1986.
  40. Hunt, A. V., Simpson, J. A. and Dean, R. T. : Hydroperoxides and proteolysis, *Biochem. J.*, 250 : 87-94, 1988.
  41. Titley, K. C., Torneck, C. D. and Ruse, N. D. : The Effect of Carbamide-Peroxide Gel on the Shear Bond Strength of a Microfil Resin to Bovine Enamel, *J. Dent. Res.*, 71 : 20-24, 1992.
  42. Torneck, C. D., Titley, K., Smith, D. C. and Adibfar, A. : The Influence of Leaching on the Adhesion of Light-cured Composite Resin to Bleached Bovine Enamel, *J. Endod.*, 17 : 156-160, 1991.
  43. Borrgreven, J. M. P., Van Dijk, J. W. E. and Driessens, F. C. M. : A quantitative radioche-

mical study of ionic and molecular transport in bovine dental enamel, *Arch. Oral. Biol.*, 22 : 467-472, 1977.

44. Titley, K. C., Torneck, C. D. Ruse, N. D. and

Krmec, D. : Adhesion of a Resin Composite to Bleached and Unbleached Human Enamel, *J. Endod.*, 19 : 112-115, 1993.



## EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 2A. Scanning electron micrograph of the cylinder attachment site of an untreated specimen.  $\times 200$ .
- Fig. 2B. Higher power scanning electron micrograph from arrow area of Fig. 2A.  $\times 2,000$ .
- Fig. 3A. Scanning electron micrograph of the cylinder attachment site of a hydrogen peroxide bleached specimen that was leached for 1 hour.  $\times 200$ .
- Fig. 3B. Higher power scanning electron micrograph from arrow area of Fig. 3A.  $\times 2,000$ .
- Fig. 4A. Scanning electron micrograph of the cylinder attachment site of a carbamide peroxide bleached specimen that was leached for 1 hour.  $\times 200$ .
- Fig. 4B. Higher power scanning electron micrograph from arrow area of Fig. 4A.  $\times 2,000$ .

논문사진부도

