

공기건조된 상아질에 대한 수분함유 primer의 재습윤효과

김기영 * · 박정길 · 허 복

부산대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

REWETTING EFFECT OF WATER-BASED PRIMER ON THE AIR-DRIED DENTIN

Ki-Young Kim *, Jeong-Kil Park, Bock Hur

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

The purpose of this study was to evaluate the rewetting effect of water-based primer on the air-dried dentin. In this *in vitro* study, freshly extracted non-carries human molars and three-step adhesive system(SBMP) were used.

Freshly extracted non-carries human molars and three-step adhesive system(SBMP) were used. Flat occlusal dentin surface were prepared using low-speed diamond saw. Prepared teeth were randomly divided into three groups. Group 1.(W); etched(35% phosphoric acid for 15s) and blot-dried, Group 2.(5D); 5s air-dried, Group 3.(30D); 30s air-dried. To obtain color contrast in CLSM observation, primer was mixed with rhodamine B and bonding resin was mixed with fluorescein. Microscopic sample of each group were obtained after longitudinal section. Morphological investigation of resin-dentin interface and thickness of hybrid layer measurement using CLSM were done. Microtensile bond strength for each specimen was measured. Specimen were observed under microscope to examine the failure patterns of interface between resin and dentin.

The results of this study were as follows:

1. The results(mean) of Thickness of hybrid layer were W:19.67, 5D:20.9, 30D:10 μ m. Only 30D had statistically significant differences to W and 5D(P<0.05).
2. The results(mean) of Microtensile bond strength were W:16.02, 5D:14.69, 30D:11.14MPa. Only 30D had statistically significant differences to W and 5D(P<0.05).
3. There were positive correlation between Thickness of hybrid layer and microtensile bond strength(P<0.05).

Key words : Rewetting effect, Water-based primer

I . 서 론

최근의 상아질 접착개념 중의 하나는 표층 상아질의 도말 층과 무기물을 제거함으로써 상아세관을 개방시켜 충분한 세관간 미세공극을 형성하여 노출된 교원질망으로 레진 단량체를 침투시키고자 하는데 있다¹⁻³⁾. 이러한 개념은 1982년 Nakabayashi가 '혼성층'이라는 용어로 처음 설명하였다⁴⁾. 이러한 혼성층의 형성에 있어 'wet bonding'의 개념은 아주 중요한데 그 이유는 산부식으로 상아질 표면의 수 μ m가 탈회되면 수분이 산에 의해 제거된 무기물들의 자리를

점유함으로써 상아질내 교원질망이 팽창된 상태로 유지되기 때문이다⁵⁾. 그러나, 수분이 너무 많으면 교원질은 팽창하여 직경과 길이가 증가하고 그로 인해 교원섬유주위 공간이 감소되어 레진 단량체가 교원질망으로 침투하기 어렵게 되고⁶⁾, 반대로 공기건조로 탈수되면 섬유간 공극을 채우고 있던 수분은 증발하면서 교원질 사이의 공간이 없어지고 교원질은 서로 접촉하고 수축하게 된다^{6,7)}. 즉, 최적의 접착을 얻으려면 매우 민감한 수분의 양의 균형이 요구된다.

아세트산을 용매로 사용하는 상아질 접착제에 있어서는 특히 수분의 존재가 필수적이다. 아세트산은 수분에 친화성을

가지며 습윤한 상아질에 상아질 접착제가 더 깊고 안전하게 침투하도록 한다. 아세톤은 휘발성이 강하므로 표면의 수분과 함께 증발되면서 레진 단량체를 교원질망의 미세다공성 구조 속으로 효과적으로 운반할 수 있다⁸⁻¹¹⁾. 그러나, 적절히 습윤된 상아질 표면을 얻는 방법에는 정확한 지침이 없으며, 적절히 습윤되었음을 평가하는 기준도 주관적이고, 술자에 따라 많은 차이가 있다^{11,12)}. 더욱이 아직도 많은 임상가들은 산부식질을 세척한 후에 법랑질의 산부식 양상을 확인하기 위하여 와동을 공기건조 시킨다. 임상적으로 상아질을 동시에 건조시키지 않고 법랑질만 건조시킨다는 것은 거의 불가능하다¹³⁾.

그래서, 어떤 임상가들은 법랑질 산부식 현상을 확인하기 위해 와동을 건조시킨 후 상아질을 재습윤시키는 방법을 추천하기도 한다. 실제로 건조된 탈회 상아질에 다시 수분을 공급하면 수축된 교원질을 다시 팽창시켜 부피를 원래의 거의 100%까지 회복시킨다는 보고가 있다^{14,15)}.

그러므로, 물을 용매로 사용하는 상아질 접착제의 경우, 산부식 후 건조된 상아질이라도 primer에 함유된 수분에 의해 접착과정 중 교원질의 팽창에 필요한 수분을 다시 공급해 줄 수 있다¹⁴⁻¹⁶⁾.

이 실험의 목적은 공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 혼성층 두께의 측정과 미세인장결합강도의 측정을 통해 수분함유 primer의 상아질에 대한 재습윤효과를 알아보고자 하는 것이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 시편제작

최근에 발치된 우식과 충전물이 없는 상,하악 대구치 6개를 사용하였다. 법랑질의 제거를 위해 주수하에 Low-speed diamond saw(Isomet, Buehler, Ltd, U.S.A)를 이용하여 치아의 장축에 수직이 되게 교합면을 자른 후 노출된 상아질면을 #400, 800 sandpaper를 이용해 연마하였다. 수분함유 primer로 구성된 3단계 접착시스템인

Scotchbond Multi-Purpose Plus(SBMP, 3M Dental Product, St. Paul, MN, U.S.A)를 사용하였다(Table 1). 먼저 연마된 상아질면을 35% 인산으로 15초간 산부식한 후 10초간 수세하였다. 실험군을 건조 방법에 따라 3개의 군으로 나누고 2개씩의 치아를 사용하였다. W는 면구를 이용하여 과도한 수분만 제거한 군이고, 5D는 10cm 거리에서 5초간 공기건조한 군이며, 30D는 10cm 거리에서 30초간 공기건조한 군이다(Table 2). 공초점 레이저 주사 현미경(CLSM, Olympus fluoview 300, Olympus, Tokyo, Japan)으로 혼성층의 두께를 측정하기 위하여 각 치아에 rhodamine B와 혼합된 primer를 30초간 적용하고 5초간 조심스럽게 공기 건조한 다음 fluorescein과 혼합된 접착용 레진을 도포하고 10초간 광중합 하였다. 그 후 복합레진(Z-100)을 높이 약 6mm 이며, 윗부분이 평평한 면이 되도록 4번에 나누어 적층 충전하였고 각 층은 40초간 광중합하였다. 수복된 치아들을 주수하에서 Low-speed diamond saw를 이용하여 두께 약 1.0mm의 절편이 되도록 장축 방향으로 절단하였다.

2. CLSM을 이용한 혼성층 두께의 측정

각 절편을 공초점 레이저 주사 현미경(Olympus fluoview 300, Olympus, Tokyo, Japan)으로 상아질 레진 계면을 관찰하고, 상아세관의 방향이 계면에 수직인 부위에서 혼성층의 두께를 측정하였다. 이 때 비교적 두께가 균일한 부위에서 5군데를 측정하여 평균한 값을 결과로 삼았다. 측정 후 절편은 미세인장결합강도 시험을 위해 생리식염수에 보관하였다.

3. 미세인장결합강도 시험

혼성층 두께의 측정이 완료된 절편을 접착계면을 따라 양쪽에서 삭제하여 약 1.0mm²의 접착 면적을 가지도록 하였다. 만능시험기(AGS-1000 4D, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 분당 0.5mm의 속도로 인장력을 가하고 시편이 파절될 때의 최대하중(kg)을 기록한 뒤 계산된 파절부위의 단면적으로 나누어 단위면적당 결합강도(MPa)로 환산하였다.

Table 1. SBMP; Scotchbond Multi-Purpose (3M)

Etchant	Primer	Adhesive resin
35% phosphoric acid	HEMA	Bis-GMA
Water	Polyalkenoic acid copolymer	HEMA
Polyvinyl alcohol thickener	±50 vol% water	Photoinitiator system

Table 2. Group classification according to drying method

Groups	No. of Specimens	Drying method
W	12	Wet bonding by blot-dry
5D	10	5-seconds air-drying
30D	10	30-seconds air-drying

4. 파절 양상 관찰

인장 강도 측정 후 파절된 시편을 입체 현미경(PM-10AK3, Olympus, Tokyo, Japan)으로 관찰하고 다음과 같은 기준에 따라 분류하였다.

type A : 상아질과 resin adhesive 사이의 계면에서 파절이 발생한 경우

type B : 상아질에 resin adhesive가 50% 이하 결합된 채 파절이 발생한 경우

type C : 상아질에 resin adhesive가 50% 이상 결합된 채 파절이 발생한 경우

type D : resin 내에서 cohesive failure가 발생한 경우

type E : 상아질 내에서 cohesive failure가 발생한 경우

5. 사용된 통계

개별 실험군의 평균값과 표준편차를 환산한 뒤 군간의 통계학적 유의성을 One-Way ANOVA를 이용하여 분석하였고, 사후 감정은 Tukey HSD와 Scheffe's Test를 이용해 시행하였다. 그리고 혼성층 두께와 미세인장결합강도 사이의 상관관계 비교를 위해 피어슨 상관계수를 이용하였다.

Table 3. Thickness of hybrid layer(THL)(μm) and Microtensile bond strength(MTBS)(MPa) (Mean \pm SD)

Dry method	No. of specimen	failure pattern				
		A	B	C	D	E
W	12	3	3	5	0	1
5D	10	2	2	4	1	1
30D	10	8	1	0	0	1

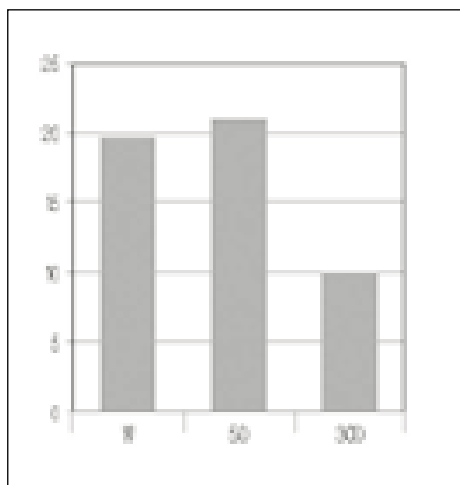


Fig. 1. Thickness of hybrid layer(μm)

Ⅲ. 연구결과

1. CLSM을 이용한 혼성층 두께의 측정

각 군의 측정된 혼성층의 두께는 Table 3과 Fig. 1과 같으며, 각 군의 혼성층을 CLSM으로 관찰한 사진은 그림 3-5에 각각 제시하였다. 혼성층의 두께는 W와 5D사이에는 유의한 차이가 없었고, W와 30D, 5D와 30D 사이에는 유의한 차이가 있었으며($P<0.05$), 30D에서 W나 5D보다 유의하게 얇은 혼성층 두께를 가지는 것으로 나타났다. 평균값에서 5D가 W보다 다소 큰 값을 나타내었으나 두 군 사이에는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

2. 미세인장결합강도 측정

측정된 각 군의 미세인장결합강도는 Table 3과 Fig. 2와 같았다. 미세인장결합강도 또한 W와 5D사이에는 유의한 차이가 없었고, W와 30D, 5D와 30D 사이에는 유의한 차이가 있었으며($P<0.05$), 30D에서 W나 5D보다 유의하게 낮은 미세인장결합강도를 가지는 것으로 나타났다. 평균값에서 W가 5D보다 다소 높은 미세인장결합강도를 나타내었

Table 4. The distributions of fractures that occurred in the bonded specimens

Groups	THL(μm)	MTBS(Mpa)
W(n=12)	19.67 \pm 4.27	16.02 \pm 1.96
5D(n=10)	20.9 \pm 4.91	14.69 \pm 2.57
30D(n=10)	10 \pm 3.43	11.14 \pm 1.4

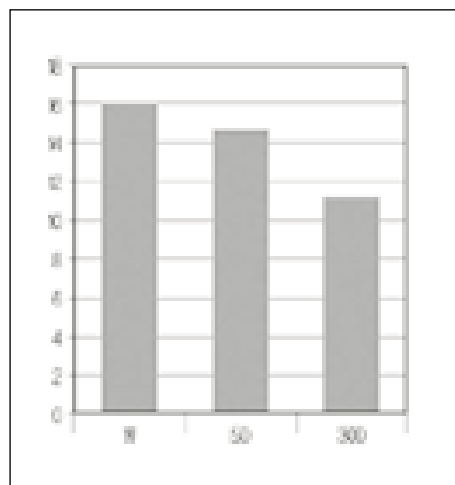


Fig. 2. Microtensile bond strength(MPa)



Fig. 3. W (blot-dry)



Fig. 4. 5D (5s-dry)

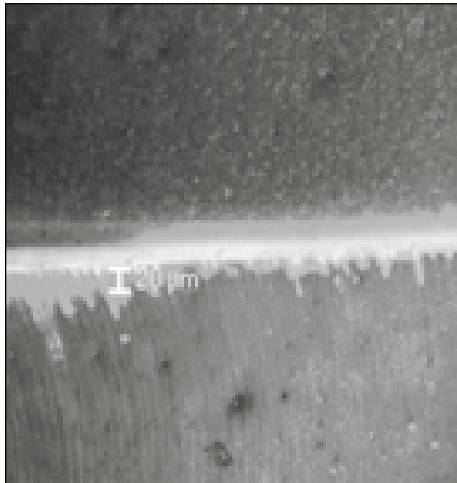


Fig. 5. 30D (30s-dry)

으나, 두 군 사이에는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

3. 혼성층의 두께와 미세인장결합강도 사이의 상관관계

두 측정치 간의 상관관계 조사에서 혼성층 두께(μm)에 대한 미세인장결합강도(MPa)의 상관계수가 0.55로 나타나 ($P<0.05$), 유의한 양의 상관관계에 있는 것으로 나타났다.

4. 파절 양상

Table 4에 세 실험군의 파절 양상을 나타내었다. W와 5D에서는 상아질 표면에 resin adhesive가 결합된 채로 파절이 일어난 type B, C(혼합형 파절)가 대부분이었고, 상아질과 resin adhesive사이 계면에서 파절이 일어난 type

A와 resin이나 상아질의 cohesive failure가 소수 나타났다. 30D의 경우에 type A가 대부분이었고, 한 개의 시편에서 상아질의 cohesive failure가 일어났다.

IV. 총괄 및 고찰

최적의 상아질 접착강도를 얻기 위해서는 접착제와 레진 콤포지트와 상아질 조직사이의 혼성화를 이루는 것이 핵심적인 단계이다¹³⁾. 그리고 혼성화를 촉진하려면 교원질망의 체적안정성을 유지하는 것이 중요하다. 'Wet bonding' 개념에 의하면 수분은 교원질망의 팽창상태를 유지하게 하고 미세다공성을 유지하여 차후에 레진 단량체가 침투할 수 있도록 한다^{5,10)}. 그러나, 임상에서 건조된 상태는 쉽게 이를 수 있고 확인이 용이한 반면, 습윤한 상태는 조절하기가 어렵다. 그리고 습윤상태라는 용어 자체가 불명확하여 어느 정도 습윤한 것이 적절한 것인가 하는데에는 논란의 여지가 있다. 또한 오랜 기간 치과대학에서는 수세 후 공기 건조를 통해 법랑질의 산부식 현상을 확인하도록 가르쳐왔다. 결국 여전히 많은 임상가들은 'wet bonding'이라는 술식을 조절하기 어렵고 까다로운 술식으로 여기고 있다.

최근 그 대안으로 소개되고 있는 방법은 산부식 후 건조된 상아질에 재습윤을 위한 용액을 적용하는 것으로, 물을 사용할 경우 결합강도와 수축된 교원질망을 'wet bonding' 술식 시의 수준까지 회복시키는 것이 가능하다는 보고가 있다^{14,17)}. 또한 Tay등¹⁸⁾과 Perdigao등^{19,20)}은 수용성 HEMA를 상아질 재습윤을 위해 사용하여 결합강도와 교원질망의 체적 및 미세다공성을 젖은 상태의 상아질에서의 수준으로 재형성이 가능함을 보였다.

상아질을 산부식 후 수세하고 공기 건조한 다음 재습윤을 위해 별도의 용액을 적용하는 단계를 첨가하는 것은 점차

간략해지고 있는 접착시스템의 발달에 비추어 볼 때 시간 소모적일 수 있다. 그러나, 수분을 함유하고 있는 primer를 포함하고 있는 접착시스템을 사용할 경우 접착단계에서 저절로 상아질의 재습윤효과를 얻어낼 수가 있다. 실제로 Van Meerbeek등은 1998년 공기 건조된 상아질과 젖은 상태의 상아질에 물을 함유한 primer를 포함한 접착시스템을 사용한 후 TEM 사진을 비교 연구한 결과 유의한 차이가 없음을 나타내었다¹⁶⁾.

본 연구에서는 혼성층의 두께와 미세인장결합강도의 측정을 통해 공기건조된 상아질에 대한 수분 함유 primer의 재습윤 효과를 알아보았다. 접착시스템으로 사용된 SBMP는 primer에 50% 정도 부피비의 수분을 함유하며 HEMA 성분이 포함되어 있다. 2001년 Perdigao와 Frankenberger는 재습윤에 필요한 시간은 적어도 건조시간의 2배 이상이어야 한다는 연구결과를 발표하였다²¹⁾. 본 실험에서는 primer를 30초간 적용한 후 접착용 레진을 도포 하였다. 시편 수는 W가 12개, 5D와 30D가 10개로 그 차이는 치아 절삭시의 시편의 손상으로 인한 것이다.

혼성층의 두께 비교에서 W와 5D사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았고, 30D는 앞의 두 군에 비해 통계적으로 낮은 수치를 나타내었다. 혼성층의 두께는 산부식에 의한 상아질의 탈회 깊이와 레진의 침투 능력, 상아질의 투과성에 좌우된다고 볼 때^{22,23)}, 본 연구에서는 모두 동일하게 35% 인산으로 산부식하였으므로 상아질의 탈회 깊이에 관한 한 동일한 조건이라고 할 수 있다. 결과적으로 30D의 혼성층 두께가 낮은 값을 보이는 것은 장시간의 공기건조로 인해 상아질의 교원질망이 수축되어 투과성이 감소한 것이 주된 원인으로 여겨진다. 완전히 수축되어 변성된 교원질망은 primer를 적용하여도 교원질이 팽창되지 않는 것으로 보인다. 반면, 5초간 공기건조로 인해 수축된 교원질망은 primer 적용 후 재팽창하여 젖은 상태일 때의 수준으로 회복되었음을 추측할 수 있다. 그러나, 혼성층 두께의 결과치는 변이가 매우 심하여 표준편차가 큰 편이었다. 그 원인으로 상아질 구조 자체의 불규칙성과 접착 방법상의 문제점을 생각해 볼 수 있다.

다음으로 미세인장결합강도에서도 W와 5D 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 완전 건조시킨 30D에서만 통계적으로 낮은 결합강도를 나타내었다. 결국 5초간의 상아질 공기건조 후 수분을 함유한 primer를 사용하게 되면 혼성층의 형성이나 미세인장결합강도에 있어 큰 영향이 없음을 알 수 있었다.

혼성층의 두께와 미세인장결합강도의 상관관계 조사에서는 유의하게 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 현재 상아질 결합의 주된 연구대상으로 받아들여지고 있는 혼성층의 상아질 결합에서의 역할에 대해서는 아직도 논란의 여지가 많다. 혼성층의 형성이 결합력 증가에 기여한다는

주장^{8,24)}이 있는데 반해, 혼성층의 두께와 결합력과는 관련이 없으며^{22,25-29)} 산부식 후 노출된 교원질층을 제거해도 결합력에는 아무런 영향이 없었다는 연구결과도 있었다^{14,23,30)}. 깊이가 깊지 않더라도 레진이 균일하게 침투한 혼성층에서는 높은 결합강도를 보이며, 레진이 침투한 깊이 즉 체적보다는, 접착표면의 넓이 즉 균일한 침투와 완전한 중합이 더욱 중요시되고 있다^{23,31-33)}. 따라서 본 실험의 결과만으로 혼성층의 두께와 결합강도 사이에 양의 상관관계가 있다고 결론짓는 것은 무리가 있을 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 SBMP만을 사용하였으나, 앞으로 수분함유 primer를 포함하는 다른 다양한 접착시스템으로의 더욱 많은 연구가 필요하리라 사료된다. 수분함유 primer를 이용할 경우에는 상아질의 건조방식에 따라 결합강도에 유의한 차이가 없으나, 아세트이나 에탄올과 같은 다른 용매를 포함한 접착시스템에서는 대부분의 연구에서 상아질을 젖은 상태로 유지할 경우에 높은 결합강도를 보이는 것으로 나타났다. 그러므로 'wet bonding'의 개념은 여전히 중요하며 임상가들은 사용하는 접착시스템의 종류에 대해서 잘 이해하고 상아질 처리 시에 응용해야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 혼성층 두께의 측정과 미세인장결합강도의 측정을 통해 수분함유 primer의 상아질에 대한 재습윤효과를 알아보고자 하는 것이었다.

발거된 사람의 상,하악 대구치의 교합면 상아질을 노출시켜 산부식 후 습윤상태(W), 5초간 공기건조한 상태(5D), 30초간 완전히 건조시킨 상태(30D)의 상아질에 물을 용매로 사용하는 상아질 접착제(SBMP)를 적용하고 복합레진으로 수복, 광조사하였다. 공초점 레이저 주사 현미경(CLSM)으로 혼성층을 관찰하고 두께를 측정, 비교하였다. 또한 각각의 상아질 처리방법에 따른 군들의 미세인장결합강도를 측정하여 비교한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 혼성층의 두께는 W, 5D, 30D 순으로 각각 평균 19.67, 20.9, 10 μ m의 값을 보였으며 W와 5D 사이에는 유의한 차이가 없었고, W와 30D, 5D와 30D 사이에는 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).
2. 미세인장결합강도는 W, 5D, 30D 순으로 각각 평균 16.02, 14.69, 11.14MPa의 값을 보였으며 W와 5D 사이에는 유의한 차이가 없었고, W와 30D, 5D와 30D 사이에는 유의한 차이를 보였다($P<0.05$).
3. 혼성층의 두께와 미세인장결합강도 사이에는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.
4. 파절 양상은 W와 5D에서는 혼합형 파절이 대부분인 반면, 30D에서는 adhesive failure가 많았다.

결국 수분을 함유한 primer를 사용하게 되면 혼성층의 형성이나 미세인장결합강도에 있어서 5초 정도의 상아질 공기건조 여부는 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P and Vanherle G: Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different adhesive systems. *J Dent Res* 71:1530-40,1992.
2. Sano H, Shono T, Takatsu T and Hosoda H: Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 19:59-64,1994.
3. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H and Horner JA: Permeability of dentin to adhesive resins. *Quintessence Int* 24:618-31,1993.
4. Nakabayashi N, Kojima K and Masuharg E: The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrate. *J Biomed Mater Res* 16:265-73,1982.
5. Kanca J: Wet bonding: Effect of drying time and distance. *Am J Dent* 9:273-276,1996.
6. Nakabayashi N and Pashley DH: Hybridization of dental hard tissues. Tokyo: Quintessence Publishing Co Ltd 1998.
7. Inokoshi S, Harada N, Nakaoki Y, Nikaido T, Urabe I, Sano H, Yamada T and Tagami J: Quality of bonding agents: adhesion mechanism. In: Dondi dall' Orologio G, Prati C, editors. Factors influencing the quality of composite restorations: Theory and practice, Carimate (Como), Italy: Ariesdue S.r.l. Printers 17-34,1996.
8. Gwinnett AJ and Kanca J: Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength. *Am J Dent* 5:73-77,1992.
9. Kanca J: Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence Int.* 23:39-41,1992.
10. Kanca J: Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent* 5:213-215,1992.
11. Tay FR, Gwinnett AJ and Wei SHY: Micro-morphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single bottle primer/adhesives. *Dent Mater* 12:236-244,1996.
12. Tay FR, Gwinnett AJ and Wei SHY: The overwet phenomenon: An optical, micro-morphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 9:43-48,1996.
13. Hitmi L, Bouter D and Degrange M: Influence of drying and HEMA treatment on dentin wettability. *Dent mater* 18:503-511,2002.
14. Gwinnett AJ: Dentin bond strength after air-drying and rewetting. *Am J Dent* 7:144-148,1994.
15. Finger WJ and Uno S: Bond strength of Gluma CPS using the moist dentin bonding technique. *Am J Dent* 9:27-30,1996.
16. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Duke ES, Eick JD and Robinson SJ: A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *J Dent Res* 77(1):50-59,1998.
17. Gunadi G and Nakabayashi N: Preparation of an effective light-cured bonding agent for orthodontic application. *Dent Mater* 13:7-12,1997.
18. Tay F, Gwinnett AJ and Wei SHY: Ultrastructure of the resin-dentin interface following reversible and irreversible rewetting. *Am J Dent* 10:77-82,1997.
19. Perdigao J, Van Meerbeek B, Lopes MM and Ambrose WW: The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent Mater* 15:282-95,1999.
20. Perdigao J, Swift EJ Jr, Heymann HO and Malek MA: Effect of a re-wetting agent on the performance of acetone-based dentin adhesives. *Am J Dent* 11:207-13,1998.
21. Perdigao J and Frankenberger R: Effect of solvent and rewetting time on dentin adhesion. *Quintessence Int* 32:385-90,2001.
22. Finger WJ, Inoue M and Asmussen E: Effect of wettability of adhesive resins on bonding to dentin. *Am J Dent* 7:35-8,1994.
23. Gwinnett AJ: Altered tissue contribution to interfacial bond strength with acid conditioned dentin. *Am J Dent* 7:243-6,1994.
24. Nakabayashi N, Nakamura M and Yasuda N: Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent* 3:133-8,1991.
25. Finger WJ and Fritz U: Laboratory evaluation of one-component enamel/dentin bonding agents. *Am J Dent* 9:206-10,1996.
26. Prati C, Chersoni S, Mongiorgi R and Pashley DH: Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. *Oper Dent* 23:185-94,1998.
27. Gwinnett AJ, Tay FR, Pang KM and Wei SH: Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent* 9:140-4,1996.
28. Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, Johnson MH and Pashley DH: Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 75:1404-13,1996.
29. Nakabayashi N and Saimi Y: Bonding to intact dentin. *J Dent Res* 75:1706-15,1996.
30. Uno S and Finger WJ: Function of the hybrid zone as a stress-absorbing layer in resin-dentin bonding. *Quintessence Int* 26:733-8,1995.
31. Pashley DH and Carvalho RM: Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent* 25:355-72,1997.
32. Burrow MF, Takakura H, Nakajima M, Inai N, Tagami J and Takatsu T: The influence of age and depth of dentin on bonding. *Dent Mater* 10:241-6,1994.
33. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM and Wei SH: Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. *J Dent Res* 75:1034-44,1996.

김 기 영

부산대학교 치과대학 보존학교실
부산시 서구 아미동 1가 10번지
TEL: 051-240-7454
E-mail: kykim76@freechal.com