

## 광중합 방법 및 레진 접착제의 종류에 따른 유치 수복물의 미세누출

정영남 · 김대업 · 이광희

원광대학교 치과대학 소아치과학교실 · 원광치의학연구소

### 국문초록

광중합형 복합레진 및 다양한 레진 접착제는 최근 소아의 유치 수복에 사용이 증가하고 있다. 본 연구는 유치의 복합레진 수복 시 중합방법과 접착제에 따른 미세누출의 차이를 실험적으로 관찰하고자 하였다.

탈락기에 있는 건전한 유치 150개의 순면에 직경 1.6mm, 깊이 1.6mm의 와동을 형성하였다. 와동의 충전재로써 1종의 복합레진, 1종의 콤포머, 4종의 레진 접착제를 사용하였다. 중합 광원은 3종을 사용하였다. 충전이 완료된 각 시편은 Sof-Lex 폴리싱 디스크로 표면을 연마한 후 5℃와 55℃에 각 30초씩 계류시켜 1,000회 열순환하고 2% methylene blue 수용액에 넣어 색소를 침투시킨 후 저속 diamond cutter(Isomet™, Buehler, USA)를 이용하여 순면을 근원심으로 절단하였다. 각 재료별 미세누출의 정도를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 충전재 및 광중합 방법에 따른 미세누출을 측정할 결과, 콤포머를 사용한 5군에서 충전방법과 관계없이 가장 작았고, Clearfil SE bond를 Optilux 501로 중합한 군에서 가장 컸으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(P>0.05).
2. 충전재에 따른 미세누출을 측정할 결과, 콤포머를 충전한 5군에서 1~4군의 복합레진 충전군에 비해 더 작은 미세누출을 보였다(P<0.05).
3. 광중합 방법에 따른 미세누출을 측정할 결과, Optilux 501을 사용한 군에서 가장 작았고, Flipo를 사용한 군에서 가장 컸으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(P>0.05).

**주요어** : 유치, 미세누출, 복합레진, 콤포머, 레진 접착제, 광중합

### I. 서 론

지난 30년 동안 복합레진과 접착시스템의 발전은 치과 임상에 큰 변화를 가져왔다. 치과용 수복재의 일반적인 요구조건으로서 생물학적인 안전성, 낮은 열전도성, 내마모성, 불용성, 충전 전후 체적 안정성, 그리고 고도의 심미성 등이라고 할 수 있다. 복합레진은 이들 요구조건을 모두 만족시키는 재료로 발전을 거듭하고 있어 임상적 유용성은 확대되고 있다. 영구치에 대한 적용 뿐 아니라 유치열의 기능이 중시됨에 따라 최근에는 유치의 치료로 복합레진이나 콤포머와 같은 심미수복재의 사용이 증가하고 있다.

1955년 Buonocore<sup>1)</sup>는 인산 용액을 사용하여 법랑질을 산부식하고 아크릴릭 레진과 접착하는 방법을 소개한 이래 치과용 복합레진은 심미성의 요구가 증가함에 따라 그 사용이 보편화하고 있다. 심미적 수복을 필요로 하는 전치부에만 사용되던 복합레진은 구치부 뿐만 아니라<sup>2)</sup> 유구치로 사용이 확대되었다<sup>3)</sup>. 그러나 구치부에 적합한 사용을 위하여 레진 기질과 결합제의 보완 및 filler의 함량 증가 등 개선이 있었으나 아직도 구강내 환경에서 기계적 물성이 미흡한 단점<sup>4,5)</sup>과 함께 수복물의 미세

누출로 인한 변색, 지각과민, 치수감염 등은 해결되어야 할 과제이다<sup>6,8)</sup>.

복합레진의 중합에 따른 미세누출 발생은 해결해야 할 과제로서 복합레진의 filler, 결합제 등 구성성분의 변화에 따라, 접착제의 발전에 따라 미세누출의 크기는 감소하였고 최근에는 광원에 따른 중합방법의 변화를 주어 미세누출을 감소시키는 여러 방법들이 평가되고 있다<sup>9)</sup>. 미세누출을 줄이면서 중합시간을 단축시키는 방법으로 종래의 할로겐 광원 대신 아르곤 레이저가 소개되었으나 이는 단시간에 심부까지 레진을 중합할 수 있는 장점이 있으나 일부 레진에서는 중합이 일어나지 않고, 장비가 고가이며 냉각장치를 갖추어야 하므로 크기가 크고 이동이 불편하다는 단점이 있다. 플라즈마 아크 광중합기(plasma arc light curing unit)는 약 470nm 근처의 파장대를 보여 camphoroquinone이나 다른 diketone의 작용에 유리하며 약 2,000mW에 이르는 광출력을 가지는 장치로 짧은 시간 내에 중합을 유도할 수 있다. 치수에도 온도 변화를 적게 야기하면서 중합수축을 적게 유발하는 부가적인 장점도 갖추고 있는 것으로 소개하고 있다<sup>10)</sup>. 이를 이용한 중합수축과 관련한 비교 연구에서 Stoll 등<sup>11)</sup>과 Peutzfeldt 등<sup>12)</sup>은 종래의 할로겐 광으로 중

합했을 때와 비교시 유사한 정도의 수축 및 변형 양상을 보이면서도 중합시간이 단축되는 장점을 가진다고 하여 그 유용성을 언급한 반면 Unterbrink 등<sup>13)</sup>은 높은 광강도는 중합수축을 증가시키기 때문에 불리하다고 하였다.

최근에는 LED(Light Emitting Diodes)가 복합레진의 중합에 이용되고 있는데 Jandt 등<sup>14)</sup>은 할로겐 광과 비교시 유사한 정도의 광강도를 보여 유용할 것으로 평가한 반면, Kurachi 등<sup>15)</sup>은 종래의 할로겐 광원에 비해 대체로 효과가 적은 것으로 보고하고 있다. 따라서 LED의 사용은 더 진행된 연구의 결과를 참조함이 좋을 것으로 사료된다. 현재 일반적으로 추천되는 중합기에 따른 복합레진의 중합시간은 종래의 할로겐 광은 20초, 고출력 할로겐은 10초, 플라즈마 광은 5초(soft-start mode)이다.

광강도 외에 복합레진의 미세누출은 접착제(adhesive)의 접착력에 의해 영향을 받는다. 레진 접착제 개발의 역사도 오래되었는데 초기 상아질과의 접착력은 1~3MPa 정도의 미미한 수준으로 임상적 유용성은 매우 적었다<sup>16)</sup>.

1970년대 후반에 bisphenol-A glycidyl methacrylate(bis-GMA)와 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)의 사용으로 접착력이 개선된 2세대 접착시스템<sup>17)</sup>은 chlorophosphate group과 calcium과의 이온결합에 의한 상아질 접착을 피하였다.

3세대 접착시스템에서는 smear layer의 제거와 상아세관의 개방을 시도하였다<sup>18)</sup>. 이들 시스템에서는 phosphate primer가 smear layer를 변형, 침투하여 경화되고 결합된 레진이 상아질과 결합하게 된다. 그러나 smear layer의 조절이 본래의 개념에 미치지 못하여 성공적이지 못하였다<sup>19)</sup>.

4세대에 이르러 smear layer의 완전한 제거가 가능해지고 중합된 methacrylate와 상아질 사이에서 2~4 $\mu$ m 두께의 'hybrid layer'가 형성됨으로써<sup>20,21)</sup> 레진과 상아질간의 믿을 만한 수준의 결합력을 얻을 수 있게 되었다. 그러나 wet bonding의 개념에 맞는 접착과정을 성취하기 어렵다는 문제를 안고 있었고 복잡한 임상 시술 단계도 단순화해야 했다. 이에 복잡한 시술 단계를 단순화하면서 적절한 hybrid layer를 형성할 수 있는 5세대 접착시스템이 개발되었다. 이들은 산(acid)을 적용하고 이어서 primer와 adhesive를 동시에 적용하는 one-bottle system<sup>22)</sup>과 산과 primer를 동시에 적용하고 나서 adhesive를 발라주는 self-etching primer system<sup>23)</sup>의 두 종류로 분류된다. 이들은 4세대와 유사한 정도의 결합력을 가지고 있다.

최근에는 더욱 간편한 형태의 6세대 접착시스템이 제시되고 있는데 접착 과정을 단일 단계로 시술하고자 하였다. 현재 몇 가지 접착의 문제점이 제시되고 있으나<sup>24)</sup> 향후 더욱 유용한 수준으로 보완될 것으로 사료된다.

본 연구에서 저자는 광중합형 복합레진이 최근 소아의 유치 수복에 사용이 증가하고 있는 점과 접착제가 세대별로 다양하게 사용되고 있는 점에 착안하여 유치의 복합레진 수복 시 중합 방법과 접착제를 종류별로 구분하여 중합하고 이에 따른 미세

누출의 차이를 실험적으로 관찰하고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

#### 1) 시편 제작

탈라기에 있는 손상이 없이 건전한 유전치 150개를 이용하였다. 치아는 표면의 유기물을 스케일러와 알콜로 제거하였고 퍼미스로 연마한 뒤, 순면이 노출되도록 매몰하여 레진 블록을 제작하였다. 노출된 치면에 고속 round bur를 이용하여 직경 1.6mm, 깊이 1.6mm의 와동을 형성하였다. 매 10개 시편마다 bur를 새 것으로 교환하였다. 와동은 저속 round bur로 정리하였고 증류수로 세척 후 건조하였다.

#### 2) 충전재

와동의 충전재는 복합레진과 콤포머를 각 1종씩 사용하였다. 복합레진은 Z100(3M, USA)의 P shade를, 콤포머는 Compoglass(Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)의 A1 shade를 사용하였다. 복합레진의 접착을 위한 접착제는 세대별로 4종을 사용하였다. 4세대 접착제로는 Scotchbond Multi-Purpose(3M, USA)를, 5세대 접착제 중 one-bottle system으로는 Single Bond(3M, USA)를, self-etching primer system으로는 Clearfil SE Bond(Kuraray, Japan)를, 6세대 접착제로는 AQ Bond(Sun Medical, Japan)를 사용하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 와동 충전

충전재의 중합을 위한 광원으로는 Visilux(450mW/cm<sup>2</sup>)(3M, USA), Flipo(1700mW/cm<sup>2</sup>)(Lokki, France), Optilux 501(950mW/cm<sup>2</sup>)(Demetron, USA) 등 3종이 사용되었다. 5개 군의 충전재를 3종의 광원으로 중합하여 총 15개 군으로 분류하였다(Table 1). 충전 후 37 $^{\circ}$ C 증류수에 24시간 보관한 뒤, Sof-Lex 폴리싱 디스크를 단계별로 사용, 연마하여 와동 변연을 노출시켰다. 충전 방법은 제조사의 지시에 따랐으며 와동 형성, 접착, 충전, 중합, 그리고 연마의 각 단계별로 동일한 술자가 전담하였다.

#### 2) 시편 처리

충전이 완료된 시편을 구강내의 온도변화를 부여하기 위하여 5 $^{\circ}$ C와 55 $^{\circ}$ C에 각 30초씩 계류시켜 1,000회 열순환(thermo-cycling)하였다. 이 후 충분히 건조시키고 수복물 변연 1mm 내를 제외한 시편의 모든 면을 nail varnish를 도포하고 건조시켰다. 도포는 3회 반복하였다. 건조 후 시편을 2% methylene blue 수용액에 넣어 24시간 색소를 침투시킨 뒤, 저속 diamond cutter(Isomet<sup>TM</sup>, Buehler, USA)를 이용하여 주수 하

에 순면을 근원심으로 절단하였다.

3) 관찰 및 통계처리

색소의 침투 정도를 stereomicroscope를 이용하여 관찰하고 침투 깊이에 따라 다음과 같이 점수를 부여하였다.

- 0 : 색소 침투가 전혀 되지 않은 경우
- 1 : 색소 침투가 법랑질층에 국한된 경우
- 2 : 색소 침투가 상아-법랑 경계에 이르는 경우
- 3 : 색소 침투가 상아질층에 이르나 와동저에는 파급되지 않은 경우
- 4 : 색소 침투가 와동저까지 파급된 경우

각 구간 미세누출의 정도를 비교하기 위하여 각 군의 점수를 기록하고 SPSS 9.0 프로그램을 이용하여 군별 평균치와 표준편차를 산출하고 one-way ANOVA 분석 및 Scheffe test로 사후검정하였다.

Ⅲ. 연구 성적

유전치를 대상으로 광중합형 충전재인 수중의 레진 접착제와 복합레진 그리고 콤포머를 중합방법을 달리하여 충전하고 그 미세누출의 정도를 비교한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다.

Table 1. Experimental set-up used in this study

Group	Restorations	N	Curing methods
1	SBMP + Z100	10	Visilux(20s)
		10	Optilux(10s)
		10	Flipo(5s)
2	Single bond + Z100	10	Visilux(20s)
		10	Optilux(10s)
		10	Flipo(5s)
3	Clearfil SE bond + Z100	10	Visilux(20s)
		10	Optilux(10s)
		10	Flipo(5s)
4	AQ bond + Z100	10	Visilux(20s)
		10	Optilux(10s)
		10	Flipo(5s)
5	Compoglass	10	Visilux(20s)
		10	Optilux(10s)
		10	Flipo(5s)

Table 2. Mean values of scores of microleakages

Group	Curing Methods	Mean	Std. Dev.
1	Visilux(20s)	1.30	0.82
	Optilux(10s)	1.30	0.82
	Flipo(5s)	1.50	0.53
2	Visilux(20s)	1.50	0.85
	Optilux(10s)	1.20	0.79
	Flipo(5s)	1.80	0.92
3	Visilux(20s)	2.10	0.57
	Optilux(10s)	2.40	0.97
	Flipo(5s)	1.90	0.57
4	Visilux(20s)	2.20	0.42
	Optilux(10s)	2.10	0.32
	Flipo(5s)	2.10	0.32
5	Visilux(20s)	0.80	0.92
	Optilux(10s)	0.80	0.92
	Flipo(5s)	0.80	0.63
Total		1.59	0.87

Table 3. Mean values according to materials

Group	Mean	N	S.D.
1	1.37	30	0.72
2	1.50	30	0.86
3	2.13	30	0.73
4	2.13	30	0.35
5	0.80	30	0.81
Total	1.59	150	0.87

Table 4. Significance of difference between groups(Scheffe Test)

	2	3	4	5
1	-	**	**	-
2		*	*	**
3			-	***
4				***

- : not significant
- \*\* : significantly different(P<0.01)
- \* : significantly different(P<0.05)
- \*\*\* : significantly different(P<0.001)

**Table 5.** Mean values according to curing methods

Group	Mean	S.D.	N
Visilux	1.58	0.88	50
Optilux 501	1.56	0.97	50
Flipo	1.62	0.75	50
Total	1.59	0.87	150

**1. 충전재별 광중합 방법에 따른 미세누출**

충전재별 광중합 방법에 따른 미세누출을 측정된 결과, 1군에서는 Visilux 사용군과 Optilux 501 사용군이, 2군에서는 Optilux 501 사용군이, 3군에서는 Flipo 사용군이, 4군에서는 Optilux 501 사용군과 Flipo 사용군이 작게 나타났고, 5군에서는 같은 미세누출 크기를 보였다(Table 2). 그러나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(P>0.05).

전체로 보아 미세누출의 크기는 5군에서 충전방법과 관계없이 가장 작았고, 3군의 Optilux 501 사용군에서 가장 크게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(P>0.05).

**2. 충전재에 따른 미세누출**

콤포머를 충전한 5군에서 1~4군의 복합레진 충전군에 비해 더 작은 미세누출을 보였으며(Table 3), 1군을 제외한 모든 군과 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 4).

**3. 광중합 방법에 따른 전체 충전재의 미세누출**

중합 방법에 따른 전체 충전재의 미세누출은 Optilux 501을 사용한 군에서 가장 작았고, Flipo를 사용한 군에서 가장 컸으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Table 5).

**IV. 총괄 및 고찰**

복합레진의 개발과 함께 소아치과 영역에서 복합레진의 사용은 날로 확대되고 있다. 외상치아의 고정, 파절된 치아의 수복, 교정장치의 접착, 변색치의 수복, 그리고 유치의 치아우식증의 심미적 수복에도 그 사용이 광범위해지고 있다. 영구치는 물론 유치에도 사용이 가능한 것은 치아의 조직학적 특성이 영구치와 유사하여<sup>25)</sup> 접착시스템을 영구치에서와 동일하게 이용할 수 있다는 재료의 특성 외에도 치질 보존적 치료개념의 확산, 소아나 보호자의 심미적 욕구가 증대되는 추세에 있는 것에도 기인한다.

아크릴릭 레진의 사용 이후 여기에 silicate glass 입자를 고분자 화합물로 피복하거나 silane으로 전처리하여 물리적 성질을 개선시키고자 하였다<sup>26)</sup>. 그 후 조작의 편의상 Bowen에 의해 개발된 Bis-GMA에 기초한 복합레진으로 대체되었다<sup>27)</sup>. 성분

이 레진 기질, filler, 중합 개시제, 결합제 등으로 구성되는 복합레진은 중합 방식 및 filler의 형태에 따라 분류되는데, 최근 수복제로서 복합레진은 대부분 광중합형의 중합 방식을 채택하고 있다. Filler는 불안정하고 부드러운 레진 기질에 체적안정성 및 기계적 특성을 결정하는 성분으로 0.04~100 $\mu$ m까지의 다양한 크기를 가지는데 함유된 filler의 크기 및 함량에 따라 굵은 입자형, 미세 입자형, 초미세 입자형, 혼합형 등으로 분류하고 있다. 일반적으로 filler의 함량이 많을수록 마모저항과 강도가 높고 중합수축이 적은 장점을 가지지만 불투명하고 연마 후 심미성이 저하되며 중합 후 스트레스가 증가하게 되므로 치질과 유사한 물리적인 성질을 가지는 이상적인 수복재는 없다고 할 수 있다. 과거에는 전치용과 구치용이 따로 사용되었으나 근래에는 전치와 구치를 동시에 수복하기에 적합한 형태의 혼성 복합레진(hybrid composites)이 사용되는데 이는 거대 입자와 함께 많은 양의 미세 입자, 집괴양 미세 입자 또는 응축양 미세 입자를 2차 filler로 첨가하여 함량을 높인 것이다. 거대 입자의 크기를 조절함으로써 무게비 80% 이상의 함량을 유지할 수 있다<sup>28)</sup>. 본 실험에 사용된 Z100 역시 이런 형태의 filler 다량 함유 혼성 복합레진(heavily filled hybrid composites)으로 기계적 성질과 여러 접착제와의 접착이 우수하여 소아치과 임상에서 널리 사용되는 심미수복재료 중 하나이다.

복합레진의 중합을 위하여 대부분 가시광선이 이용되는데 광원의 투영을 위해 표준 전구를 이용하며 dichrok 여과기가 광선을 470nm의 파장으로 분산시키는 기능을 가지게 된다. 기기마다 여과기와 광섬유에 따라 중합력의 차이를 보이게 된다. 광중합기의 광유도기 tip의 직경은 다양한데 이는 치아의 크기와 와동의 위치에 따라 다양하게 사용될 수 있다. Turbo tip으로 불리는 8mm 직경의 광유도기는 단위 면적당 광량을 높일 수 있으나 와동이 넓을 경우 반복 사용해야 하고 광원과 수복물이 멀어지면 중합률이 떨어지는 단점이 있다. 사용되는 전원의 전압도 중합 깊이에 영향을 주는데 전압이 10% 낮아지면 광의 강도는 40% 감소하게 된다. 결국 전압이 낮을수록 중합의 양과 깊이가 감소하므로 110V보다는 220V의 전원을 이용하는 것이 바람직하다<sup>29)</sup>.

빠른 중합시간은 임상에서 필요한 또 다른 요구조건 중 하나이다. 이를 위해 더욱 높은 강도를 지닌 고휒력 할로젠 광이 등장하였는데 종래의 가시광선 중합기와 작동원리는 같으나 중합시간을 약 절반으로 줄일 수 있는 것으로 소개되고 있다. 아울러 종래의 할로젠 램프를 대신하는 plasma xenon arc lamp를 사용하는 광중합기도 최근 소개되었다<sup>30)</sup>. 이는 강력한 빛의 발생을 위하여 xenon gas를 채운 lamp에 고전압을 가하여 발생하는 electric arc를 광원으로 한다. 플라즈마 광중합기는 470nm 파장대를 집중적으로 형성하기 때문에 높은 광강도를 보여 종래의 가시광선 중합기보다 최고 10배의 중합속도를 보이며 짧은 중합시간으로 인한 낮은 치수자극 및 적은 중합수축을 얻는다고 하였다<sup>10)</sup>. 그러나 짧은 중합시간은 매우 유리한 장점이지만 단위 시간당 높은 중합률은 오히려 수축을 증가시켜

치아와 와동간의 틈을 증가시키는 결과를 보인다고 하였는데<sup>31,32)</sup> 급속한 중합이 물성을 저하시키거나 변연의 적합을 저하시킨다는 데에 대체로 일치하고 있다.<sup>12,13,32,33)</sup> 그럼에도 급속 중합 방식이 지니는 장점과 아울러 중합 초기에 광강도를 낮추어 중합시키는 soft-start mode를 병용함으로써 그 유용성을 높이고 있다. 또한 최근에는 soft-start mode로 시작하고 최종 중합 전, 중간에 공백기를 줌으로써 수축량을 감소시킬 수 있는 pulse-delay-cure mode에 대한 연구결과<sup>34)</sup>에서 미세누출에 미치는 효과가 보고된 바, 광강도는 증가시키면서 광출력 방식에 변화를 주어 수축량을 줄이는 광중합기로 개량, 사용될 것으로 사료된다.

최근에는 Light Emitting Diodes(LED)가 복합레진의 중합에 이용되고 있는데 Jandt 등<sup>14)</sup>은 할로겐광과 비교시 유사한 정도의 광강도를 보여 유용하다고 평가한 반면, Kurachi 등<sup>15)</sup>은 종래의 할로겐 광원에 비해 대체로 효과가 적은 것으로 보고하고 있다. 따라서 LED의 사용은 더 진행된 연구의 결과를 참고하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 현재 일반적으로 추천되는 중합기에 따른 복합레진의 중합시간은 대체로 종래의 할로겐 광은 20초, 고출력 할로겐 광은 10초, 플라즈마 광은 5초(soft-start mode)로써 본 실험에서도 이 3가지 방식을 광중합 방식으로 이용하였다.

지난 30년간 복합레진과 함께 치과용 접착제는 치과수복의 방향을 바꿔 놓았다. 개선된 접착제는 resin-based composite restoration의 신뢰를 높이고 있다. 1955년 Buonocore<sup>1)</sup>는 인산으로 산 부식한 법랑질의 접착기간이 증가하였음을 보고하였고 1963년에는<sup>35)</sup> 레진이 산부식된 법랑질로 스며들어가는 것을 관찰하여 레진과의 결합에 상아질과 법랑질에 차이가 있으며 상아질은 결합이 되지 않을 것으로 추측하였다. 현재는 임상적으로 유용한 수준의 접착력이 상아질로부터 얻어지고 있다. 접착의 토대는 산 부식 후 드러나는 상아질의 collagen fibers 군과 상아세관으로부터 얻어진다. 세관의 수는 접착력에 영향을 주는데 표면보다 심부의 상아질에서 세관이 수가 더 많다<sup>18)</sup>. 그 외에 치아의 나이나 세관의 방향, 법랑소주의 방향, 백악질의 존재, 상아질의 유형 등이 접착력에 영향을 줄 수 있다<sup>36,37)</sup>. Buonocore의 시대부터 지금까지의 접착시스템의 변화는 몇 가지 특성 즉, 법랑질의 산부식, 상아질의 etching-conditioning, smear layer의 처리, 그리고 조작 방법 등에 따라 구분된다<sup>38)</sup>.

4세대 접착시스템에 이르러 임상적으로 유용한 수준의 접착력을 얻을 수 있게 되었는데 smear layer의 완전한 제거가 가능해지고 중합된 methacrylate와 상아질 사이에서 2~4 $\mu$ m 두께의 hybrid layer가 형성<sup>18,21)</sup> 됨으로써 레진과 상아질간의 밀을 만든 수준의 결합력을 얻을 수 있게 되었다. 또한 total-etch technique은 4세대 접착시스템의 특징의 하나로써<sup>39)</sup> 인산을 법랑질과 상아질 동시에 15-20초간 적용하는 방법이다. 그러나 wet bonding의 개념에 맞도록 수분을 적당량 유지하여 친수성 primer가 collagen 층으로 침투하여 hybrid layer를 형성해야 하는데, 이 접착과정을 성취하기 어렵다는 문제를 안고 있었다.

따라서 접착의 복잡한 시술 단계를 단순화하면서도 적절한 hybrid layer를 형성할 수 있는 접착시스템이 개발되었다. 이들은 산을 적용하고 이어서 primer와 adhesive를 단일용액으로 적용하는 one-bottle system<sup>22)</sup>과 산과 primer를 단일용액으로 적용하고 나서 adhesive를 발라주는 self-etching primer system<sup>23)</sup>의 두 가지 형태로써 이들을 5세대 접착시스템으로 분류한다.

One-bottle system은 산 처리를 먼저 하기 때문에 smear layer가 남지 않는 장점이 있다. 그러나 산 처리 후 건조 과정에서 collagen fiber가 collapse 되어 접착효율이 떨어질 수 있다. 반면 self-etching primer system은 acid와 primer가 단일용액으로 되어있기 때문에 collagen fiber가 collapse될 기회가 적지만 적용부위의 용액의 조성비 조절이 곤란하여 smear layer의 효과적인 제거가 어렵다<sup>38)</sup>. 따라서 Toida<sup>40)</sup> 등은 산부식 과정을 먼저 거침으로써 smear layer를 완전히 제거하는 것이 필요하다고 하였다. 위의 두 가지 재료에 대한 결합강도 실험에서는 유의한 차이가 없었으나<sup>41)</sup>, 미세누출 실험에서는 범랑질에서 one-bottle system이 더 우수한 결과를 보였다<sup>42)</sup>. 본 실험에서도 유사한 결과를 보였다. One-bottle system인 Single Bond를 사용한 군에서 self-etching primer system인 Clearfil SE Bond나 AQ Bond를 사용한 군에 비해 유의한 차이는 아니었으나 미세누출이 다소 적게 나타났다.

더욱 간편한 형태의 6세대 접착시스템도 제시되고 있는데, 접착 과정을 단일 용액을 이용하여 단일 단계로 시술하고자 하였다. 현재 몇 가지 문제점이 제시되고 있으나<sup>24)</sup> 앞으로 더욱 유용한 제품이 개발될 것으로 기대한다.

최근에는 상아질 표면의 collagen 층을 NaOCl을 이용하여 완전히 제거하는 것이 오히려 접착제에 따라 결합력을 증가시킨다는 보고<sup>43)</sup>와 함께 반대로 감소된다는 의견<sup>44)</sup>도 있어 향후 collagen 층 유지의 필요성 여부에 관한 후속연구가 계속될 것으로 보인다.

본 연구에 사용할 재료의 선택 시 유치열을 가지는 소아에서는 진료시간을 짧게 해야 하는 특성을 감안하였다. 총 적용시간이 가장 짧은 접착제를 선택하되 치질과의 결합강도가 우수한 제품을 선택하였다<sup>45)</sup>. 사용된 레진은 여러 종류의 접착제와 결합력이 고무 우수한 Z100(3M, USA)의 P shade를 사용하였고 콤포머로는 Compoglass(Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)의 A1 shade를 사용하였다.

본 실험의 결과에서 나타난 바와 같이 중합기별로 추천되는 중합방식에 따른 미세누출의 차이는 유사하였다. 유치에 있어 복합레진에 비해 콤포머 충전시 미세누출이 유의하게 작게 나타났다. 앞으로 여러 종류의 콤포머를 재료로 하여 비교 평가하는 것이 적절할 것으로 사료된다. 아울러 유치를 대상으로 하는 실험에서는 치아의 보존방법이나 치질의 건전한 정도에 따라 미세누출 실험결과가 다양하게 나올 수 있으므로 건전한 치아를 엄선해서 사용해야 할 필요가 있다. 또한 단일치아에서 여러 개의 시편을 얻되 보다 표준화하여야 하고 미세누출의 관찰

방법도 보다 개선되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 생리적 탈락기에 발거한, 손상이 없이 건전한 유치치 150개를 실험대상으로 하여, 중합방법과 접착제의 종류를 달리 하여 광중합형 복합레진과 콤포머를 충전하였다. 1군은 4세대 접착제 사용군으로 Scotchbond Multi-Purpose (3M, USA)를, 2군은 5세대 접착제의 one-bottle system으로 Single Bond(3M, USA)를, 3군은 5세대 접착제의 self-etching primer system으로 Clearfil SE Bond(Kuraray, Japan)를, 4군은 6세대 접착제 사용군으로 AQ Bond(Sun Medical, Japan)를 사용하였고, 5군은 콤포머로서 Compoglass (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)를 사용하였다. 각 군은 다시 Visilux 20초, Optilux 10초, Flipo 10초 등으로 중합방법을 달리하였다. 각 충전물의 미세누출의 정도를 색소침투 후 입체현미경을 이용하여 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 충전재 및 광중합 방법에 따른 미세누출을 측정된 결과, 5군에서 충전방법과 관계없이 가장 작았고, 3군의 Optilux 501 사용군에서 가장 크게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(P>0.05).
2. 충전재에 따른 미세누출을 측정된 결과, 콤포머를 충전한 5군에서 1~4군의 복합레진 충전군에 비해 더 작은 미세누출을 보였으며, 1군을 제외한 모든 군과 유의한 차이를 보였다(P<0.05).
3. 광중합 방법에 따른 미세누출을 측정된 결과, Optilux 501을 사용한 군에서 가장 작았고, Flipo를 사용한 군에서 가장 컸으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(P>0.05).

참고문헌

1. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*, 34:849-853, 1955.
2. Leinfelder KF : Evaluation of criteria used for assessing the clinical performance of composite resin in posterior teeth. *Quint Int*, 18:531-536, 1987.
3. Leinfelder KF, Van Jr WF : The use of composite resins in primary molars. *Pediatr Dent*, 4:27-31, 1982.
4. McKinney JE, Wu W : Relationship between sub-surface damage and wear of dental restorative composites. *J Dent Res*, 61:1083-1088, 1982.
5. Lutz F, Phillips RW, Ruolet JF, et al. : In vivo and in vitro wear of potential posterior composites. *J Dent Res*, 63:914-920, 1984.
6. Hembree JH, Andrew JT : In situ evaluation of

- marginal leakage using on ultraviolet light activated resin system. *J Am Dent Assoc*, 92:414-418, 1976.
7. Eick JD, Welch FH : Polymerization shrinkage of composite resins and its possible influence on operative sensitivity. *Quint Int*, 17:103-111, 1986.
8. Leinfelder KF : Using a composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc*, 122:65-70, 1991.
9. Blankenau RJ, Powell GL : Evaluation of resin polymerization using xenon, argon, and VLC system. *J Dent Res*, 75:147, 1996.
10. Francois Duret : A clinical comparison of a plasma-based curing source and conventional halogen lamps. University of Southern California.
11. Stoll R, Kook K, Kunzelmann KH, et al. : Influence of a high-speed polymerization method on the marginal integrity of composite fillings in Class-II cavities. *Clin Oral Investig*, 4:42-49, 2000.
12. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E : Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater*, 16:330-336, 2000.
13. Unterbrink GL, Muessner R : Influence of light intensity on two restoratives systems. *J Dent*, 23:183-189, 1995.
14. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, et al. : Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater*, 16:41-47, 2000.
15. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhaes DV, et al. : Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dent Mater*, 17:309-315, 2001.
16. McLean JW, Kramer IRH : A clinical and pathological evaluation of a sulphinic acid activated resin for use in restorative dentistry. *Br Dent J*, 93:255-269, 291-293, 1952.
17. American Dental Association Council on Dental Materials. Instruments and equipment. Dentin bonding systems: an update. *J Am Dent Assoc*, 114:91-95, 1987.
18. Nakabayashi N, Pashley DH : Hybridization of dental hard tissues. Tokyo: Quint: 1998.
19. Tao L, Pashley DH, Boyd L : The effect of different types of smear layers on dentin and enamel bond strengths. *Dent Mater*, 4:208-216, 1988.
20. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E : The promotion of adhesion by the infiltration of monomers

- into tooth states. *J Biomed Mat Res*, 16:265-273, 1982.
21. Chappel RP, Cobb CM, Spencer P, et al. : Dentinal tubule anastomosis: a potential factor in adhesive bonding? *J Prosth Dent*, 72:183-188, 1994.
  22. Ferrari M, Goracci G, Garcia-Godoy F : Bonding mechanism of three "one bottle systems" to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *Am J Dent*, 10:224-230, 1997.
  23. Watanabe I, Nakabayashi N : Bonding durability of photocured Phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. *Quint Int*, 24:335-342, 1993.
  24. Fabianelli A, Vichi A, Kugel G, et al. : Influence of self-etching-priming bonding systems on sealing ability of Class II restorations: leakage and SEM evaluation. Paper presented at annual meeting of the International Association for Dental Research: April 6, 2000: Washington, D.C.
  25. 이종갑, 이금호, 양규호 외 : 소아 청소년치과학. 신홍인터 내셔널 63-64, 1999.
  26. Glenn JF : Composition and properties of unfilled and composite resin restorative materials in Smith DC, Williams DF: Biocompatibility of dental materials Vol. III, C.R.C. Press, Boca Raption 97-130, 1982.
  27. Carter JA, Smith DC : Some properties of polymer coated ceramics. *J Dent Res*, 46:1274, 1967.
  28. 문주훈, 박영준, 신동훈, 등 : 치아의 심미수복, 나래출판사 155-158, 2000.
  29. Fan PL, Worniak WT, Reyes WD, et al. : Irradiation of visible light-curing units and voltage variation effects. *J Am Dent Assoc*, 115:442-445, 1987.
  30. Clinical Research Associates Newsletter Vol.24, Issue 5, 2000.
  31. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, et al. : Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci*, 103:322-326, 1995.
  32. Mehl A, Hickel R, Kunzelman KH : Physical properties and gap formation light-cured composites with and without "softstart-polymerization". *J Dent*, 25:321-330, 1997.
  33. Friedman MJ : New light curing options for composite resin restorations. *Compendium*, 20:122-135, 1999.
  34. Asmussen E, Peutzfeldt A : Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. *J Dent Res*, 80:1570-1573, 2001.
  35. Buonocore MG : Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials. *J Am Dent Assoc* 67:382-392, 1963.
  36. Duke ES, Lindemuth J : Variability of clinical dentin substrates. *Am J Dent*, 4:241-246, 1991.
  37. Cagidiaco MC : Bonding to dentin(Ph.D. thesis). Amsterdam, The Netherlands: Acta University, 1995.
  38. Kugel G, Ferrari M : The science of bonding: from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc*, 131:20-25, 2000.
  39. Kanca J : A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner. *Quint Int*, 22:285-290, 1991.
  40. Toida K, Watanabe A, Nakabayashi N : Effect of smear layer on bonding to dentin prepared with bur. *J Jpn Dent Mater*, 14:109-116, 1995.
  41. Yoshiyama M, Sano H, Carvalho RM, et al. : Adhesive mechanism of a self-etching/self-priming adhesive resin to enamel and dentin. *J Hard Tiss Biol*, 5:31-35, 1996.
  42. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, et al. : Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. *Am J Dent* 10:66-70, 1997.
  43. de Castro AK, Hara AT, Pimenta LA : Influence of collagen removal on shear bond strength of one-bottle adhesive systems in dentin. *J Adhes Dent*, 2:271-277, 2000.
  44. Perdiago J, Lopes M, Geraldeli S, et al. : Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dent Mater*, 16:311-323, 2000.
  45. Clinical Research Associates Newsletter Vol. 24, Issue 11, 2000.

---

**Reprint request to:**

Young-Nam Jeong, D.D.S.

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University

344-2, Shinyong-Dong, Iksan, Jeonbuk, 570-749, S Korea

E-mail : davy@wonkwang.ac.kr

Abstract

THE EFFECT OF LIGHT CURING METHODS AND RESIN ADHESIVES ON  
THE MICROLEAKAGE OF RESTORATIONS IN PRIMARY TEETH

Young-Nam Jeong, Dae-Eop Kim, Kwang-Hee Lee

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University Wonkwang · Dental Research Institute*

Objective : The purpose of this study was to evaluate the effects of several light curing methods and several adhesives on the microleakage of composite resin restorations in primary teeth.

Materials and methods : In 150 extracted human primary anterior teeth, O-shaped cavities were prepared in the labial surface; the cavity diameter and depth were 1.6mm. The cavities were filled with light-activated composite resin, Compoglass. Four kinds of adhesives were used. Each filling materials were polymerized with three light cure methods. The restorations were polished using Sof-Lex discs(3M Co., USA). The samples were thermocycled 1,000 times between 5°C and 55°C with a 1-minute dwell time. Then, they were immersed in a 2% methylene blue solution(pH 7) for 12hours. Subsequently they were sectioned labio-lingually through the center of the restoration with a diamond saw at low speed with a water coolant, and evaluated by stereomicroscopy. Microleakage analyses were done, using scores from 0 to 4.

Results : Results showed the least microleakage in Compoglass group( $P < 0.05$ ). There were less microleakage in SBMP group among the adhesive groups, but no significant difference was observed( $P > 0.05$ ). And there were no significant differences among the groups depending on curing methods( $P > 0.05$ ).

**Key words** : Primary teeth, Microleakage, Composite resin, Compomer, Resin adhesives, Light curing