

## 2급와동 광증합 복합레진의 충전방법에 따른 변연누출에 관한 실험적 연구

서울대학교 치과대학 치과보존학교실

김경현 · 권혁춘

### 목 차

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

### I. 서 론

치아 수복재료로서 복합레진은 꾸준한 개선 및 개발과정을 통해 우수한 재료로 인정받게 되었고 심미적 관점에서 전치뿐 아니라 구치부위에서도 임상적 이용의 증가를 보이고 있다. 이와같이 각광받는 재료가 될 수 있었던 원인은 치과 재료로서 요구되는 여러가지 성질 즉, 강도, 경도, 내마모성, 색상, 작업시간과 같은 재료 특성들이 임상적으로 만족스러운 수준에 도달했기 때문이다.

그러나 복합레진의 재료 성질중 접착성은 종종 임상적 실패를 보여주고 이 부분은 많은 학자들에 의해 논쟁의 요소가 되고 있으며, 실제로 치과용 레진이 갖고 있는 문제점이고 해결할 과제이다.

1955년 Buonocore<sup>1)</sup>가 소개한 산부식접착법은 복합레진을 치아에 접착시키는 우수한 방법으로 인정받고 임상적으로도 널리 이용되었고 이 방법은 Phair와 Fuller<sup>2)</sup>에 의해 확인되기도 했다.

그러나 이것은 복합레진과 법랑질간의 접착일 뿐 상아질과의 접착은 아니었으며 복합레진과 상아질

과의 접착은 임상적으로 시도되고는 있으나 아직은 만족할 만큼 완벽한 수준에 이르지 못하고 있다.

Eli 등<sup>3)</sup>과 Hembree 등<sup>4)</sup>은 산부식접착법과 함께 상아질 접착제를 와동내면과 부식면에 도포함으로써 변연폐쇄성이 좋아진다고 보고하였다.

교합면과 치경부의 변연 누출에 관한 연구 결과 백악질상에 위치하는 치경부에서 심한 변연누출을 관찰한 바, 이는 백악질의 수분함량이 법랑질보다 많고 생물학적, 화학적 구조가 법랑질과 상이하기 때문이라고 하였다<sup>2,3)</sup>.

근본적으로 상아질은 법랑질에 비해 많은 유기물 함량을 가지며 표면에너지도 낮고, 더욱 상아 세관을 통해 Dentinal fluid가 스며나오고 있으며, 삭제시 Smear layer가 생성되어 법랑질에서와 같은 단순한 산부식접착법으로는 충분한 강도의 결합을 얻을 수 없다. 이와같은 상아질과 법랑질에 대한 복합 레진의 결합 강도 차이는 복합레진의 중합시 발생하는 중합수축이 법랑질과의 결합쪽으로 일어나게 하여 상아질과 복합레진의 결합이 파괴되게 하고<sup>5)</sup>, 결국 그 부분에서 수복물과 치질사이에 Contraction gap을 형성하여 변연누출을 초래하여 세균침입, 이차우식, 치수자극, 변색 등으로 결국 수복물이 실패에 이르게 된다. 이와같은 변연누출을 방지하거나 감소시키기 위하여 복합 레진의 분할 충전이 치경부 변연에서의 Contraction gap을 감소시키는 방법 중의 하나로 제시되었고, Rupp<sup>6)</sup>과 Hansen 등<sup>6)</sup>은 수평 분할과 사선 분할에 의해 충전한 경우 Gap의 감소에 관해 보고한 바 있고, Lui 등<sup>7)</sup>은 2급 와동에서 분할법으로 충전한 경우 치경부에서 변연누출이 감소될 수 있음을 보고한 바 있다. Jensen 등<sup>8)</sup>은 2급 와동에서 Glass Io-

본 논문은 서울대학교병원 1990년 임상연구비에 의하여 이루어졌음.

nomer Cement와 상아질 접착재를 이용하여 치경부의 변연 누출을 감소시킬 수 있다고 하였고, Lutz 등<sup>9)</sup>은 Glass Ionomer Cement로 상아질 전면을 덮음으로서 복합 레진의 크기를 감소시켜 중합수축의 크기를 감소시킬 수 있다고 하였으며 결합에 관여하지 않는 유리표면적이 커짐으로써 치아와 수복물 간의 파괴가 감소될 수 있다고 하였다.

그러나 2급 와동의 경우 광원이 인접면이나 깊은 부위까지 직접 도달되지 못하여 불완전한 중합에 의해 Gap이 형성될 수 있기 때문에 간접법으로 Inlay를 제작하여 치아에 접착시키면, 구강외에서 균일한 중합을 얻을 수 있고 이중 중합 레진 세멘트를 이용하여 접착시킬 때 세멘트의 얇은 층으로 중합수축을 줄일 수 있고 인접면 접촉 부위의 결손을 보상할 수 있으며 연마가 쉽다는 장점이 있다.

이에 저자는 변연누출을 여러 방법으로 비교 관찰한 바 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

치아는 치관부나 치경부에 치아 우식이나 파절선이 없는 건전한 상·하악 소구치 100개를 선택하여 실은의 생리식염수에 보관하였으며 각 군당 20개씩 5개의 군으로 나누어 같은 방법하에서 2가지 재료를

사용하여 충전하였다.

실험에 사용된 충전재료는 Table 1과 같다.

### 2. 시편제작

#### 1) 와동의 형성

고속용 No. 701 tapered fissure bur(SS White, USA)를 사용하여 주수하에서 MO 또는 DO의 2급 와동을 형성하였다. 와동의 교합면 부위와 인접면 와동은 Divergent하게 형성하였고 균일한 와동의 형태를 얻기 위하여 Plugger에 눈금을 표시하여 사용하였다. 교합면 부위의 Isthmus의 협설측 넓이는 2mm로 하였고 깊이는 2.5~3mm 되도록 상아질층에 형성하였다. 인접면 와동의 협설측 넓이는 4mm 정도 되도록 형성하였고 치경부 변연은 백아법랑경계 1mm 하방에 위치시켰다. 치수측벽선각과 인접면 와동의 협설측 법랑질에는 Ultrafine diamond point (MANI, Japan)를 이용하여 30°정도의 Bevel을 1mm 넓이로 형성하였고 교합면 변연과 치은 변연은 Butt joint로 형성하였다(Fig. 1).

형성된 와동은 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 세척하여 Gross debris를 제거하고 30초간 물로 세척한 후 Air syringe로 건조하였다.

2) 와동형성 완료 후 100개의 치아를 무작위로 5개의 군으로 나누어 4개의 군은 직접 충전법으로 각각의 군에서 충전방법을 달리하였고 1개의 군은 Inlay 방법을 이용하여 충전하였다. 각 군에서 동일한

Table 1. Filling Materials used in this study

Code No.	Name of Materials	Manufacturer	Batch No.
P-50	P-50™ SCOTCHBOND 2™	3M Co., U. S. A.	1EK1 7502A
CF	CLEARFIL PHOTOPOSTERIOR CLEARFIL PHOTOBOND	KURARAY Co., JAPAN	1045 148, 252
CR Inlay	CR INLAY CR INLAY CEMENT	KURARAY Co., JAPAN	1124 10-1088, 008
Kulzer Inlay	KULZER INLAY Estilux Posterior BXR Estilux Posterior CVS Adhesive Cement Adhesive Bond	KULZER : ,GERMANY	27 26 037, 036 50
Vitre Bond	VITRE BOND™	3M Co., U. S. A.	2170, 219

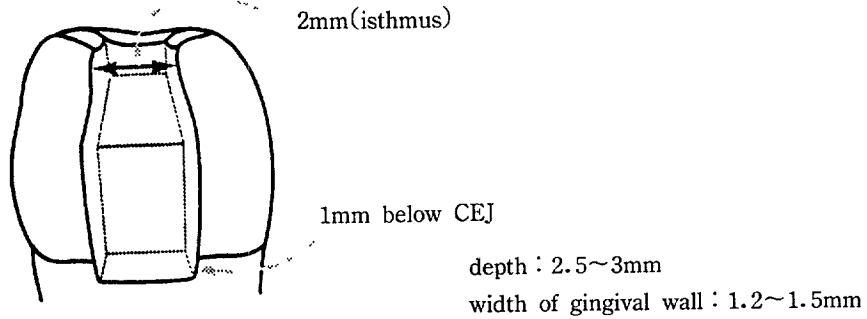


Fig. 1. Design of Cavity Preparation

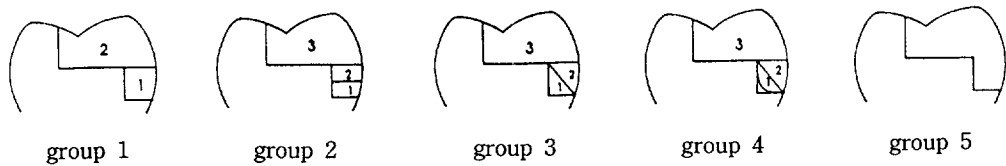


Fig. 2. Filling Method of each group

방법하에 2가지 재료로 10개씩 충전하였다.

각 군의 충전방법은 다음과 같다(Fig. 2).

〈제1군〉

와동의 범랑질 변연만 37% phosphoric acid gel로 60초간 산부식시키고 45초간 물로 세척한 후 15초간 air로 건조하였다.

각 재료에 해당하는 Bonding agent를 전체 와동면에 도포한 후 Air를 약하게 불어 Bonding agent가 얇은 층으로 도포되게 하고 Volatile solvent가 증발되도록 하였다. Bonding agent는 헵, 설, 교합면 방향에서 각각 20초간 광중합하였다(Visilux™2, 3M Co., U. S. A.).

셀로판 Matrix를 압접한 상태에서 충전 재료를 인접면 와동의 치수측벽선까지만딩어리로 충전한 후 헵, 설, 교합면 방향에서 각각 40초간 총 120초 광중합하였다.

인접면 와동형성이 끝난 후 교합면 와동부위를 한딩어리로 충전하고 40초간 광중합하였다.

〈제2군〉

1군과 동일한 방법으로 산부식, 수세, 건조 및 Bonding agent 도포를 시행하고 인접면 와동 충전시 치수측벽선까지 와동을 평행하게 이등분하여 두 번에 나누어 충전하고 각 층에서 헵, 설, 교합면

방향으로 40초간 광중합하였다.

나머지 교합면 와동은 한 덩어리로 충전한 후 40초간 광중합하였다.

〈제3군〉

인접면 와동을 치수측벽선까지 사선으로 이등분하여 두 번에 나누어 충전하였는데 첫번째 부위는 치수측벽선에서 치은 변연에 1mm 짧게 충전하고 헵, 설, 교합면 방향으로 40초씩 광중합한 후 나머지 부위를 채우고 마찬가지로 광중합하였다.

〈제4군〉

충전방법은 3군과 동일하나 Glass Ionomer Cement를 이장재로 사용하여 치수측벽선각부위부터 치은 변연보다 1mm 짧은 부위까지 얇게 도포하였다.

〈제5군〉

인레이 방법으로써 먼저 형성된 와동면에 분리제를 2회 도포하고 재료를 한 덩어리로 충전한 다음 CR Inlay는 헵, 설, 교합면 방향에서 40초씩 광중합하고, Kulzer Inlay는 헵, 설, 교합면 방향에서 각각 20초씩 중합시킨 후 인레이수복물을 와동에서 제거하여 Light box(Translux EC, Kulzer Co., Germany)에서 6분간 광중합하였다.

와동에서 인레이수복물을 제거한 후 흐르는 물에서 분리제를 씻어내고 CR Inlay의 경우 제조회사의 지

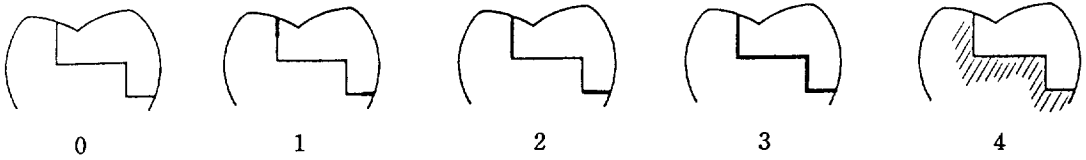


Fig. 3. Degree of Dye Penetration

시에 따라 100°C의 Oven에서 15분간 열처리하였다.

Fine diamond point를 이용하여 인레이수복물의 대강의 모양을 수정한 후 와동에 적합시켜 보고 와동을 40초간 산부식하고 45초간 물로 세척하고 15초간 air로 건조하였다.

Kulzer Inlay를 사용한 경우 와동면에 Bonding agent를 도포하였다. 각 재료에 해당하는 이중 중합레진 세멘트를 혼합하여 와동내면과 인레이수복물 내면에 도포한 후 수복물을 와동내에 합착하고 협, 설, 교합면 방향에서 40초씩 광조사하였다.

모든 군의 충전이 완료된 후 치아를 Ultrafine finishing diamond point(MANI, JAPAN)를 이용하여 여분의 레진을 제거하였고 Soflex Disk를 이용하여 주수하에서 연마하였다. 완료된 시편은 실온의 생리식염수에 10~14일간 보관하여 수분흡수를 허용하였다. 치아는 5°C와 55°C의 수조에서 각각 30초씩 총 1000회의 Thermocycling(東京技研, Japan)을 실시하였다. 치아 표면을 건조시킨 후 치근단은 Utility wax를 이용하여 완전히 폐쇄하였고 와동주위 1mm를 제외한 전 표면에 Nail varnish를 2회 도포하고, 1% Methylene Blue 용액에 24시간동안 담근 후 흐르는 물에서 여분의 염색약을 씻어내고 Silicone carbide bur(Dedeco Co.)를 사용하여 근원심방향으로 수복물의 중심을 지나도록 하여 치아 장축에 평행하게 절단하였다.

절단면은 확대경(X20, KYOWA, KYOWA OPTICAL CO., JAPAN)을 이용하여 교합면과 치은변연에서의 색소 침투도를 관찰하였으며 판정기준은 다음과 같다(Fig. 3).

0도 : 충전물과 와벽사이에 색소 침투가 전혀 없는 경우

1도 : 근심와벽의 1/2, 치은와벽의 1/2까지 색소가 침투된 경우

2도 : 색소가 근심와벽과 치은와벽 전체까지 침투

된 경우

3도 : 색소가 치수와와벽과 측벽까지 모두 침투된 경우

4도 : 충전물과 와벽사이의 상아질세관을 통해 치수까지 색소가 침투된 경우

### III. 실험성적

100개의 소구치에 2급 와동을 형성하여 각각 20개씩 5개의 군으로 나누고 재료와 방법을 달리하여 충전하고 염색약에 침지시킨 후 교합면과 치경부 변연의 색소 침투도를 관찰하여(사진부도 참고) Table 2와 같은 결과를 얻었고 통계분석에는 ANOVA와 T-test를 이용하였다.

각 군에 대한 평균과 표준편차는 Table 3과 같다.

1, 2, 3, 4 및 5군에서 모두 교합면보다는 백악질상에 놓인 치경부 변연에서 심한 색소 침투를 보였으며( $P < 0.05$ ) 대부분의 경우에서 색소가 측벽과 상아세관을 통해 치수까지 도달되었다.

인접면 와동을 한 덩어리로 충전한 1군과 수평으로 분할하여 2회에 나눠 충전한 2군의 경우 교합면에서는 2군에서 다소 낮은 색소 침투도를 보였으나 유의한 차이가 없었고 치경부변연에서도 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

인접면 와동을 사선으로 분할하여 2회에 나눠 충전한 3군의 경우 1군과의 사이에 유의성 있는 차이를 보이지 않았고 분할 방법을 다르게 한 2군과도 치경부에서의 변연누출에 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

치경부 변연에서 복합 레진과 치질과의 접착성을 증진시키기 위하여 Glass Ionomer Cement를 이장 재료 사용한 4군에서도 1, 2 및 3군과의 사이에 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

교합면 변연에서는 Clearfil을 이용하여 충전한 경우 P-50으로 충전했을 때보다 변연누출이 다소

Table 2. Dye Penetration Score of each group

G	M \ P	OCCLUSAL					GINGIVAL				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	P-50	1	2	3	1	3	0	0	0	1	9
	CF	4	1	3	2	0	0	0	0	2	8
2	P-50	4	3	1	0	2	0	0	0	3	7
	CF	5	2	2	1	0	0	1	1	3	5
3	P-50	2	1	2	2	3	0	0	2	3	5
	CF	5	2	1	0	2	0	0	1	3	6
4	P-50	3	1	2	0	4	0	0	0	3	7
	CF	5	0	3	2	0	0	0	0	5	5
5	KULZER	4	2	2	1	1	0	0	0	6	4
	CR Inlay	8	1	1	0	0	0	1	3	3	3

Table 3. Mean Value and Standard Deviation

G	M	OCCLUSAL		GINGIVAL	
		MEAN	S. D.	MEAN	S. D.
1	P-50	2.300	1.418	3.900	0.316
	CF	1.300	1.252	3.800	0.422
2	P-50	1.300	1.567	3.700	0.483
	CF	0.800	1.135	3.200	1.033
3	P-50	2.300	1.567	3.300	0.823
	CF	1.200	1.619	3.500	0.707
4	P-50	2.100	1.792	3.700	0.483
	CF	1.200	1.317	3.500	0.527
5	KULZER	1.300	1.418	3.400	0.516
	CR Inlay	0.300	0.675	2.800	1.033

적게 나타났지만 통계학적인 유의성은 없었고 치경부 변연에서는 P-50과 Clearfil 모두에서 큰 변연누출을 보였다.

인레이형태로 제작하여 충전한 5군과 비교하여 직접법으로 충전한 1, 2, 3, 4군과 방법, 재료 및 부위에 따라 유의성 있는 차이를 보였다.

1군과 5군에서 P-50으로 충전한 경우 CR Inlay로 충전했을 때보다 교합면 변연에서 큰 색소침투도를 보였으며( $P < 0.01$ ), 치경부 변연에서도 CR Inlay가 훨씬 낮은 색소침투도를 보였다( $P < 0.01$ ).

2군과 5군간에는 교합면에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 치경부에서 CR Inlay가 P-50보다 다소 낮은 색소침투도를 보였다( $P < 0.05$ ).

3군의 경우 교합면에서 P-50의 재료를 사용했을 때 CR Inlay에서 보다 색소침투도가 다소 크게 나타났으며( $P < 0.05$ ), 치경부에서는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다.

Glass Ionomer Cement을 이장재로 사용한 4군에서 CR Inlay가 P-50보다 교합면, 치경부변연에서 모두 낮은 색소침투도를 보였고( $P < 0.05$ ), Clearfil로 충전한 경우 치경부에서만 유의성 있는 차이를 나타냈다( $P < 0.05$ ).

Kulzer Inlay는 교합면과 치경부에서 모두 1, 2, 3, 4군과 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. CR Inlay가 Kulzer Inlay 보다 교합면과 치경부에서 모두 낮은 색소침투도를 보였으나 치경부측에서만 두 재료간에 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보였다( $P < 0.05$ ).

Table 4. Comparison between groups of P-50 at Occlusal margin

	OCCLUSAL MARGIN					
	P-50(1)	P-50(2)	P-50(3)	P250(4)	Kulzer(5)	CR Inlay(5)
P-50(group1)		NS	NS	NS	NS	S
P-50(group2)			NS	NS	NS	NS
P-50(group3)				NS	NS	S
P-50(group4)					NS	S
Kulzer(group5)						NS
CR Inlay(group5)						

\* S : Significant difference at 0.05 level

NS : No significant difference

Table 5. Comparison between groups of CF at Cervical margin

	GINGIVAL MARGIN					
	CF(1)	CF(2)	CF(3)	CF(4)	Kulzer(5)	CR Inlay(5)
CF(1)		NS	NS	NS	NS	S
CF(2)			NS	NS	NS	NS
CF(3)				NS	NS	NS
CF(4)					NS	S
Kulzer(5)						S
CR Inlay(5)						

\* S : Significant difference at 0.05 level

NS : No significant difference

Table 6. Comparison between groups of P-50 at Cervical margin

	GINGIVAL MARGIN					
	P-50(1)	P-50(2)	P-50(3)	P-50(4)	Kulzer(5)	CR Inlay(5)
P-50(1)		NS	NS	NS	NS	S
P-50(2)			NS	NS	NS	S
P-50(3)				NS	NS	NS
P-50(4)					NS	S
Kulzer(5)						S
CR Inlay(5)						

\* S : Significant difference at 0.05 level

NS : No Significant difference

0.05). 각 방법, 재료 및 부위별 통계학적 유의도는 Table 4, 5 및 Table 6과 같다.

#### IV. 총괄 및 고안

심미적 충전재료로 복합레진이 소개된 후 약 25

년이 지나오는 과정에서 그 임상적 적용범위는 점진적으로 확대되어 왔다. 최초의 전치부 충전용 복합레진이 소개되고 이용되기 시작된 후, 2년만에 구치부 충전용 복합레진이 소개되었고, 곧 이어 종래의 은 아밀감을 대체<sup>10)</sup>할 구치부 복합레진이 활발히 연구<sup>11-18)</sup>되어, 현재 시중에 60여종이 넘는 제품<sup>19)</sup>

들이 개발되어 광범위한 임상적용이 이루어지고 있는 지금, 치과용 복합레진의 등장과 발전은 여타 재료들에 비해 매우 급속한 것이었다<sup>20)</sup>. 이러한 발전은 재료자체의 장점들은 물론 산부식접착법과 접착레진의 이용이라는 술식의 개발 및 심미적 요구가 증가되는 추세에 힘입은 바 크다<sup>21, 22)</sup>. 그러나 이와같이 환영받는 구치용 수복재료로서의 성질을 대부분 갖추었음에도 불구하고, 복합레진은 미세누출이라는 재료적 약점으로 인해 과민성, 변색, 이차우식, 치수자극, 심지어는 수복물의 실패에 이르는 문제점을 지니고 있는 실정이다<sup>23-30)</sup>.

복합레진의 중합은 필연적으로 수축을 동반하므로<sup>31)</sup>, 복합레진의 수축은 치질과의 결합이라는 특성으로, 동일한 외동에 적용할 경우 경화팽창의 특성을 가지는 아말감보다 교두과질의 위험이 개선된다<sup>32)</sup>는 점외에는 별다른 임상적 장점으로 평가될 수 없는 바람직하지 않은 재료성질이다. 이러한 변연누출현상에 대한 언급은 일찌기 1952년 Nelson 등<sup>33)</sup>에 의해 열팽창계수차이에 기인한 것으로 해석되어 그 해결을 위해 많은 연구와 개선이 되어 왔다.

이와같은 재료적 결점의 보완책으로 분할충전법, Glass Ionomer Cement 이용법, 레진인레이법 등 다양한 술식들에 대한 많은 보고가 있었던 바, 저자는 이러한 다양한 술식들에 대해 수종의 재료 및 술식들간에 종합적인 비교를 시행하였다.

Jorgensen<sup>34-36)</sup> 등은 우식이 없는 상태에서 발거된 대구치를 이용하여 실험대상으로 하였으나, 본 실험에서는 우식이 없는 발거된 소구치를 실험대상으로 이용하였으며, 이것은 소구치의 경우가 대구치의 경우보다, 심미적 측면의 중요성 뿐만 아니라 교합력의 크기와 같은 기능적 측면을 고려해 볼때, 레진충전재에 의한 적응중에 해당되는 경우가 많다고 사료되었기 때문이다<sup>13, 37-39)</sup>. 대개의 미세누출연구는 생체의 실험인데 이것은 생체내의 결과들이 대체로 전자의 결과들과 일치<sup>40, 41)</sup>하며, Jorgensen 등<sup>34)</sup>은 미세누출과 같은 연구는 적어도 부분적으로 생체에서 시행될 수도 있다고 언급하였으며, 이러한 경우 구강내의 조건과 유사하도록 행하고, 또한 치아와 레진충전물이 받게 될 교합력에 의한 하중과 음식물에 의한 온도변화에 대한 조건 등이 포함되어야 한다고 하였다.

V. Qvist<sup>42)</sup>는 생체실험에서 대합치가 있는 것과

대합치가 없는 것을 비교, 관찰한 결과, 기능교합력은 복합레진의 변연적합도에 큰 영향을 미친다고 보고하면서, 미세누출의 연구에 있어서의 절대적 평가를 하고자 한다면 반드시 Thermocycling과 Load cycling을 조합하여 시행하여야만 임상적 의미가 있다고 주장하였다. 이것은 Erickson과 Jensen<sup>43)</sup>에 의해 보고된 것과 일치되는 내용이다. 그러나 P. A. Darbyshire<sup>44)</sup>의 생체의 연구에서는 Load cycling이 미세누출발생에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 요인은 아니며, 혹 영향이 있더라도 하중이 가해지는 순간 일시적으로 발생하는 치아와 레진충전물의 변형에 의한 일과(一過)적 Gap<sup>32, 45)</sup> 정도로 해석하여 보아야 한다고 주장하고 있다.

본 실험에서는 소구치에 형성한 2급 외동을 복합레진으로 수복하는 경우를 대상으로 하므로, 대구치와 같이 대량의 교합력이 수복충전물에 전달되는 상황에 주안점을 두는 것은 아니며<sup>46-48)</sup>, 또 실제로 하중조건을 실험에 내포시킨 연구<sup>44)</sup>에서도 Load cycling은 적어도 여러 군간의 상대적 미세누출비교에 있어서는 유의한 영향을 미치지 않는다고 사료되므로 본 연구에서는 Load cycling을 시행하지 않았다. 그러나 온도변화의 경우는 이와같이 간과되어질 수 없는데 그것은 복합레진의 열팽창계수가 제조자<sup>49)</sup>에 따라 다소의 차이는 있으나 대체로 치아의 열팽창계수의 약 3~4배에 해당되는 값을 가지며<sup>7)</sup>, 이러한 열팽창계수의 차이는 구강내의 온도변화 범위를 고려해 볼때, 치아와 복합레진간의 계면을 파괴시키고, Percolation을 유발시키기에 충분한 것이기 때문이다<sup>33, 50-52)</sup>.

Staninec 등<sup>53)</sup>은 주사전자현미경을 통한 미세누출 연구에서 저온에서는 교합면 및 치경부 측의 Gap이 증가되고, 고온에서는 측벽의 Gap이 증가됨을 보고하였고, 이것을 각각 충전재료의 수축과 팽창에 의한 것이라고 설명하였다. 온도범위는 유사실험<sup>44)</sup>들을 참고하고, Brown 등<sup>54)</sup>과 Lloyd 등<sup>55)</sup>이 언급한 바와 같이 5°C에서 55°C<sup>6, 44, 56)</sup>로 하였고, 침지시간은 각 온도에서 30초<sup>57)</sup>로 하였으며, Thermocycling의 횟수는 200~500회<sup>44)</sup> 정도로 제한한 실험들과는 달리 구강내에서 수년간 겪게 되는 열변화를 반영시키기 위해 1,000회<sup>56)</sup>로 늘려 고온의 액상음식물을 빈번히 섭취하는 한국인의 구강온도변화에 근사하도록 조정하여 Thermocycling을 시행하였다.

미세누출을 연구하는 방법<sup>60)</sup>으로는 여러가지가 있다. 첫째는, 가장 역사가 오래된 방법인 유기염색제를 이용하는 것으로, 단순하고 저렴한 방법으로서 본 연구도 이 방법을 이용하였다. 근래에는 형광염색제를 이용하여 실험이 더 정확하고 재현성이 있도록 개선되기도 하였지만 상대적 지표로 침투량을 평가할 수 밖에 없는 방법이다. 둘째는, Autoradiography인데, 그 원리는 알파 또는 베타입자가 마치 광선이 작용하는 것과 마찬가지로 사진현탁액과 에너지상태의 교환을 한다는 것으로 이 방법 역시 정량적인 계측이 불가능하기는 마찬가지이다. 셋째는 Jacobson과 Fraunhofer<sup>61)</sup>가 고안해낸 것으로 전해역의 침투와 갈바닉전류의 원리를 이용한 전기화학적 방법으로 신속하고 정확한 정량분석이 가능한 우수한 방법으로 평가<sup>62)</sup>된 바 있다. 장차 미세누출에 관한 많은 연구가 이루어짐에 따라 이와같은 방법을 허용하여 실험의 표준화가 이루어져야 하겠다.

1955년 Buonocore<sup>1)</sup>의해 소개된 이후 산부식접착법은 복합레진 충전물술식에서 이론적으로 인정되고 또 임상적으로 널리 이용되고 있다. 산부식의 대상이 되는 부분은 원래 법랑질이었으나, 근래에는 상아질도 산부식술식을 적용하여 적합도의 개선을 기대할 수 있다고 보고<sup>60)</sup>되기도 하였지만, 치수손상<sup>61)</sup> 등의 우려를 고려하여 그 임상적 평가는 아직 미지수라 하겠다. Hembree 등<sup>4)</sup>은 8종의 복합레진으로 충전된 치아들을 칼슘동위원소와 Autoradiograph를 이용하여 미세누출을 비교한 연구에서 산부식접착법과 Sealant를 이용한 경우가 가장 누출이 적었음을 보고하면서, 복합레진을 이와같은 방법을 준수하면서 사용한다면 임상적으로 최소한 1년간은 변연누출이 발생하지 않을 것으로 기대할 수 있다고 보고하였다. 이것은 Hembree 등<sup>22, 62)</sup>이 보고한 산부식접착법의 우수성을 증명한 것과 일치한다. 그러나 이와같이 산부식접착법이 효과적임이 인정됨에도 불구하고, 구치부 2급 와동의 경우 인접면와동의 치은변연은 산부식접착에 소요되는 충분한 양의 법랑질이 확보되지 않는 경우가 임상적으로 흔하며<sup>2, 63-66)</sup>, 또 법랑질이 남아 있다하여도 치경부 법랑질은 불규칙한 Prismatic pattern<sup>67)</sup>을 가지므로 산부식접착에 적당치 않은 경우가 많다.

이러한 상황에서 광중합 복합레진의 경우 초기중합이 일어나는 교합면쪽으로 수축이 발생하여 와동의

치은변연에는 치아와 수복물간에 Gap이 발생<sup>68, 69)</sup>하거나, 치아-복합레진간 결합이 강할 경우에는 치은변연을 따라 평행하게 법랑질이 파절되어 Enamel crack<sup>65)</sup>을 유발하게 된다. Lui 등<sup>70)</sup>은 주사전자현미경을 통한 미세누출연구에서, 치경부 변연이 교합면 및 협설변연보다 변연누출이 유의하게 큰 것을 보고하면서 치경부의 변연은 항상 문제를 일으킬 가능성이 있음을 시사한 바 있다. 복합레진의 이러한 재료적 약점은 경화과정에 수반되는 중합수축으로, 중합시 복합레진은 유동성을 보일 수 있는 Paste단계와 유동성을 보일 수 없는 Rigid body의 단계를 거치게 된다. 이때 중합수축의 상당량은 Paste단계에서 일어나지만 재료의 유동성에 의해 Gap발생에 대한 임상적 의미는 그다지 크지 않다.

그러나 교화(gelation)가 시작된 후 즉, Rigid contraction 과정에서의 중합수축은 경화과정 전체에 걸쳐 발생하는 중합 수축량에 비해서는 적은 양이지만 변연 Gap발생에는 상당한 임상적 의미를 갖고 있다.

산부식접착에 의해 얻어진 복합레진-법랑질간 결합력이 중합수축시 발생하는 Stress보다 일반적으로 크므로<sup>71)</sup>, 이러한 경우 재료와 치질간의 결합과 피는 예상되지 않으나, 레진-상아질간의 결합은 충분한 결합력이 얻어질 수 없으므로 전 경화과정중 수반되는 상당한 양의 중합수축이 Gap발생에 반영된다<sup>72, 73)</sup>. 이와같은 변연결손에 대한 우려는 단순히 선형수축(linear contraction) 값에서 계산된 수축력과 재료의 결합력과의 산술적 비교에서 예견된 바, 산부식접착법에 이용되는 접착레진의 기하학적 형태가 재료의 유동성을 결정하는데 있어 결합에 참여하지 않는 수복물의 표면으로부터 공급되는 재료의 양에 의해 결정된다는 개념<sup>74)</sup>으로부터 제안된 Configuration factor<sup>75-77)</sup>라는 실험적 사실에 적용됨을 미루어 Gap발생의 여지는 더 존재함을 알 수 있다.

여기서 복합레진의 중합수축이란 현상은 수복물의 유리표면(free surface) 양, 여분의 수복물양, 와동의 기하학적 형태<sup>35)</sup>, 와동내에서의 수축 양상, 레진의 유동학(流動學, rheology)적 특성 등과 같은 다양한 변수에 의해 영향받고 있음을 알 수 있다<sup>77-83)</sup>. Hansen과 Asmussen<sup>84)</sup>은 이러한 변연간격(MG)에 대한 다변수간의 복합적 관계에 관한 연구에서 MG와 V/A는 상관계수 0.935의 거의 일차선형관계를 보이



므로, 와동벽의 면적(A), 와동의 체적(V)과 같은 변수는 식 1과 같은 관계를 가지며(a, b는 상수), 이때 깊이가 h, 반경이 r인 원통형의 와동을 가정할 때 식 2와 같은 관계를 통해 식 3을 유도하였다.

$$MG = a + b \cdot V/A \quad (\text{식 1})$$

$$\frac{V}{A} = \frac{\pi r^2 h}{2\pi r h} = \frac{r}{2} \quad (\text{식 2})$$

$$MG = a + b \cdot \frac{r}{2} \quad (\text{식 3})$$

이러한 해석은 와동의 형태가 원통형이고, 와동 주위에 베벨(bevel) 등의 형태가 없는 Butt-joint 변연에 제한된 것이지만, 식 3에서 MG가 와동의 깊이(h)와는 관련없는 함수임을 알 수 있다.

Hansen과 Asmussen<sup>85)</sup>은 이와같이 와동 깊이와 변연간격 발생의 이론적 무관성이 원통형 와동뿐만 아니라, 다양한 와동형태와 다양한 Carvosurface angle에도 적용됨을 보고하였으며, 이들의 주장은 Munksgaard 등의 보고<sup>86)</sup>와 관련연구<sup>77)</sup>의 결과와 일치한다. Rupp<sup>5)</sup>은 분할충전법을 제안하면서 본 연구의 2군에서 이용된 방법을 사용하였으며, 이것은 단지 와동의 깊이를 줄이는 효과만을 기대할 수 있는 방법으로서 식 2에서 h값을 줄여보고자 한 것이었으나 식 3에서 보는 바와 같이 MG를 감소시킬 수 있는 이론적 바탕은 결여되어 있음을 알 수 있고, 광학현미경을 이용한 실제측정<sup>87)</sup>에서도 이러한 술식은 Gap발생을 감소시킬 수 없음이 밝혀졌다.

그외에 Crim 등<sup>87)</sup>이나 Zidan 등<sup>88)</sup>도 중합수축에서 유발되는 Gap은 이러한 분할충전법으로 방지될 성질의 것이 아니며, Darbyshire 등<sup>44)</sup> 역시 분할충전법이 Gap의 발생을 상당히 감소시킬 수는 있으나, 근본적으로 제거할 수는 없다고 보고하였다.

그러나 이와는 달리 본 연구의 3군에 적용한 사전분할충전법의 경우는 와동저의 면적이 와동벽의 면적(A)에 포함되므로, A값의 증가로 V/A값의 감소를 기대할 수 있고, 실제 측정에서도 약 25% 정도의 변연간격 감소가 관찰된 바<sup>7)</sup>있으므로 이론적으로는 물론 실제적으로도 이용가치가 있는 술식으로 인정할 만하며, 이것은 Leeclair 등<sup>89)</sup>에 의해 실험적으로도 확인된 바 있다.

본 실험에서 수평분할충전한 2군이 분할충전을 시행하지 않은 1군과 비교시 gap 발생에 유의한 차

이를 보이지 않아 여타 연구들의 결과와 일치되었으나, 3군의 경우는 예측한 바와 달리 1군과 유의한 차이가 없는 결과를 보였다. 앞서서도 언급한 바 있으나 본 실험방법은 상대적 지표로 평가한다는 점 외에도 미세누출이 진행되는 계면을 무작위로 수직절단하여 전계면의 일부분만을 반영하는 자료에서 얻어진 결과이며 온도 변화의 횟수를 크게 하였음을 생각해 볼 때, 이론적으로 예측되는 결과가 얻어지지 않았음에 대한 원인들을 추측해 볼 수 있다.

레진인레이의 미세누출발생에 영향을 주는 요인들 중에서 중합수축의 비중은 온도변화나 하중등과 같은 다른 요인들보다 매우 크다<sup>67)</sup>는 것에 착안하여 발생되는 Gap의 양이 충전물 전체의 중합수축을 그대로 반영하지 않는 방법으로서 레진인레이법을 이용할 수 있다. 이 방법은 직접 충전법보다 높은 변연적합도를 보이고, 인접면접촉이 보다 정밀하게 수복될 수 있으며, 이차적인 열 또는 광중합으로 잔여 단량체를 줄일 수 있어 우수한 물리적 성질<sup>90)</sup>을 갖는다는 장점이 있고, 또 같은 심미적 재료로서 Porcelain이나 Ceramic inlay와 비교해 볼 때, 접착층 압접시 파절의 위험이 적고 교합면의 형태나 접촉점 등을 조정 후 재연마가 용이하다는 장점도 갖추고 있다<sup>91)</sup>. 이와같은 레진인레이법에 대해 많은 연구들이 행해지고 있다.

Robinson 등<sup>67)</sup>은 복합레진충전시 미세누출의 원인은 온도변화와 더불어 레진의 중합수축에서 시작되며 이러한 중합수축을 보상할 수 있는 레진인레이법의 우수성을 확인하였고, Sheth 등<sup>56)</sup>은 3종의 레진인레이법을 5급 와동에 대해 비교한 연구에서 산부식접착법과 건전한 법랑질에 대한 중요성을 강조하였다.

그러나 Ciucchi 등<sup>36)</sup>은 복합레진 수복시의 인접면적합과 변연폐쇄에 대해 직접충전법과 레진인레이법을 비교한 연구에서 두 방법간에 유의한 차이를 발견할 수 없었음을 보고하였고, 레진인레이법에 이용되는 부가적인 재료들과 복잡한 술식단계로 인해 오히려 오차가 발생할 여지가 더 있다고 주장한 바 있다. 레진인레이법의 장점 중 이차적인 중합과정에서 얻을 수 있는 물리적 성질의 개선에 대해서도 많은 연구가 이루어지고 있다.

Wendt<sup>68)</sup>는 복합레진의 유리전이온도(glass transition temperature)에 근사하는 125°C에서 이차적인

열을 가하여 구강 외에서 중합시키면, 인장강도와 경도의 상당한 개선이 이루어질 수 있음을 보고하였고, 이때 열처리가 이루어지는 시간은 물성개선에 유의한 영향을 미치지 않으며, 또 앞서 보고되어진 유리전이온도도 각 복합레진의 조성에 따라 약간씩 상이할 수 있음을 지적<sup>92,93)</sup>한 바, Bausch 등<sup>94)</sup>도 온도에 의한 물성개선에 관해 같은 내용을 보고하였다.

Wendt<sup>66)</sup>는 37°C 이상의 온도에서 복합레진의 교차결합(cross-linking)과 미처 반응하지 못한 단량체들의 전이가 이루어진다는 가설을 세운 바 있고, Greener 등<sup>92)</sup>도 60°C 이상의 열을 가해야 기대되는 물성개선이 이루어질 수 있다고 주장하였다.

Roulet 등<sup>95)</sup>은 이와같이 레진인레이법이 레진충전물의 많은 재료적 단점들을 보완하지만 심한 온도변화나 응력피로와 같은 조건하에서는 그 근본적인 약점을 극복하지 못한다고 보고하였다.

McLean 등<sup>96)</sup>은 인산으로 산부식 처리한 Glass Ionomer Cement(GIC)에 레진충전재를 부착시키는 방법에 대해 보고한 바, 이와같은 두 재료간의 접착강도는 GIC의 인장강도보다 큰 값을 가지며, GIC의 상아질에 대한 재료적 장점을 고려해 볼 때 임상적으로 매우 유용한 방법임을 주장하였다.

GIC는 미세누출에 관련하여 수복술식으로서 두가지 장점을 가진다. 첫째, 복합레진 수복물체의 체적을 줄임으로써 중합수축의 양이 감소된다는 것, 둘째, 유리표면의 양이 증가되어 체적수축을 보상하기에 유리하다는 것이다.

이러한 장점외에도 노출된 상아질에 부착<sup>96-100)</sup>되고, 불소를 함유하여 우식예방의 효과를 기대할 수 있으며, 상아질과 유사한 물리적 특성을 보이고, 방사선불투과성도 있는 매우 바람직한 이장재료로서의 조건을 갖추고 있다.

복합레진 수복시 GIC를 상아질접착제와 함께 적용한 경우 미세누출이 통계적으로 유의하게 감소됨이 여러 연구들을 통하여 보고된 바 있다<sup>101-103)</sup>. 그러나 다른 한편으로 Godoy 등<sup>104)</sup>이나 Gordon 등<sup>105)</sup>은 GIC와 복합레진간의 견고한 부착은 얻어지나, 그것이 수복물과 치질간의 미세누출감소에는 별다른 영향을 줄 수 없다고 보고하였으며, Lutz<sup>70)</sup>는 GIC 부위에 산부식처리를 한 경우 상당히 높은 변연부 치질과절이 나타난 것은 GIC와 복합레진간에 생긴 단

단한 결합으로, 의도했던 유리표면이 창출되지 않았음에 그 이유가 있다고 보고하며, 중합수축보상에 참여할 유리표면을 증가시키기 위하여 GIC 부위를 산부식처리하여서는 안된다고 주장하였다.

복합레진하에서 GIC는 우수한 색조를 보이고, 유리표면과 레진충전물의 체적과의 관계가 변연간격 발생에 미치는 기전<sup>84)</sup>으로 미루어 GIC적용시 그 두께는 복합레진이 부착될 견전한 법랑질 부위를 침범하지 않는 범위내에서 와동의 많은 부분을 GIC로 충전하는 것이 복합레진이 중합수축량을 줄이는데 유리할 것으로 사료된다.

복합레진의 다양한 술식과 재료간의 비교에서 어떤 술식·재료라도 미세누출의 우려는 항상 존재하나, 산부식접착에 적합치 않은 조건들을 수산화칼슘계재나 GIC 등으로 처리하고, 레진인레이 술식을 이용한다면 복합레진수복물은 아말감을 능가할 재료로서 인정받을 수 있을 것이다.

복합레진의 단점은 아직도 개선할 여지가 있는데, 즉 Jorgensen 등<sup>34)</sup>이 제안한 Silanized glass filler를 포함하는 Condensable composite를 이용하여 중합수축의 절대량을 줄이고, 앞서 언급되었던 Wall-to-wall 중합수축을 Condensation이라는 방법으로 수축응력을 보상하는 방법이나, Lutz 등<sup>70)</sup>이 제안한 와동의 기하학적 형태를 변형하여 중합에 따른 수축응력이 오히려 상승적으로 작용하여 변연폐쇄에 기여하도록 하는 소위 'Adhesive preparation' 이론, 광중합시 중합수축의 벡터(vector)를 변연폐쇄에 유리하도록 빛의 방향을 바꾸어주는 측방광반사 wedge의 이용<sup>9)</sup>에 관한 것들이 새로운 연구방향의 예가 될 수 있다.

## V. 결 론

광중합 복합레진을 충전방법을 달리하여 직접 충전한 경우와 인레이를 제작하여 충전한 경우 교합면과 치경부 변연에서의 변연 누출을 비교하기 위하여 발거된 소구치 100개에 2급 와동을 형성한 후 충전방법에 따라 5개의 군으로 나누고 1, 2, 3, 4 군에서 10개씩 P-50과 Clearfil Photoposterior로 직접 충전하고 5군에서는 Inlay 방법으로 Kulzer Inlay와 CR Inlay를 각각 열개씩 충전하였고, 모든 시편을 동일한 조건하에서 5°C와 55°C 수조에서 1000

회의 Thermocycling을 시행한 후 1% Methylene Blue 용액에 24시간 담근 후 근원심으로 절단하여 색소침투를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 직접 충전한 경우 교합면과 치경부 변연에서 모두 변연누출에 유의한 차이를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ).
2. 모든 군에서 교합면 변연누출이 치경부보다 적게 나타났다( $P < 0.05$ ).
3. Glass Ionomer Cement를 이장재로 사용한 경우 치경부에 변연누출의 감소를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ).
4. 간접법으로 제작한 인레이를 이중중합 레진 세멘트로 합착시킨 경우 교합면과 치경부에서 직접 충전한 경우보다 변연 누출이 적게 나타났다( $P < 0.05$ ).
5. 각 군에서 재료에 따른 변연누출에는 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ ).

## REFERENCES

1. Buonocore, M. G. : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *J Dent Res* 34 : 849, 1955.
2. Phair, C. B. Fuller, J. L. : Microleakage of composite resin restorations with cementum margins. *J Prosthet Dent* 53 : 361, 1985.
3. Eli, I., Likerman, R., Judes, H. : Microleakage in class V composite restoration. *J Am Dent Assoc* 55 : 299, 1985.
4. Hembree, J. H., Andrews, J. T. : Microleakage evaluation of eight composite resins. *J Prosthet Dent* 44 : 279, 1980.
5. Rupp, N. W. : Clinical placement and performance of composite resin restorations. *J Dent Res* 58 : 1551, 1979.
6. Hansen, E. K. : Effect of cavity depth and application technique on marginal adaptation of resin in dentin cavities. *J Dent Res* 65 : 1319, 1986.
7. Lui, J. L., Masutani, S., Sectos, J. C., Lutz, F., Swartz, M. L., Phillips, R. W. : Margin quality and microleakage of class II composite resin restorations. *J Am Dent Res* 114 : 49, 1987.
8. Jensen, M. E., Chan, D. C. N. : Polymerization shrinkage and microleakage, in Vanherle, G., Smith, D. C. (eds); *International symposium on posterior composite resin dental restorative materials*. Amsterdam, Peter Szulc Publ Co., pp243, 1985.
9. Lutz, F., Krejci, I., Luescher, B., Oldenburg, R. : Improved proximal margin adaptation of class II composite resin restorations by use of light-reflecting wedges. *Quintessence Int* 17 : 659, 1986.
10. Phillips, R. W., Avery, D. R., Mehra, R. et al. : One year observations on a composite resin for class II restorations. *J Prosthet Dent* 26 : 68, 1971.
11. Phillips, R. W., Avery, D. R., Mehra, R., Swartz, M. L., McCune, R. J. : Observations on composite resin for class II restorations; Two year report. *J Prosthet Dent* 28 : 164, 1972.
12. Phillips, R. W., Avery, D. R., Mehra, R., Swartz, M. L., McCune, R. J. : Observations on composite resin for class II restorations; The year report. *J Prosthet Dent* 30 : 891, 1973.
13. Osborne, J. W., Gale, E. N., Ferguson, G. W. : One-year and two-year clinical evaluation of a composite resin vs. amalgam. *J Prosthet Dent* 38 : 795, 1973.
14. Eames, W. B., Strain, J. D., Weitman, R. T., Williams, A. K. : Clinical comparison of composite, amalgam and silicate restorative materials. *J Am Dent Assoc* 89 : 1111, 1974.
15. Leinfelder, K. F., Sluder, T. B., Sockwell, C. L., Strickland, W. D., Wall, J. T. : Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. *J Prosthet Dent* 33 : 407, 1975.
16. Leinfelder, K. F., Sluder, T. B., Santos, J. F. F., Wall, J. T. : Five-year clinical evaluation of anterior and posterior restorations of composite resin. *Oper Dent* 5 : 57, 1980.
17. Moffa, J. P., Jenkins, W. A. : Three-year poste-

- rior clinical evaluation of three experimental composite resins. *J Dent Res* 57(Special issue) : 126, 1978(Abstr No. 206)
18. Sockwell, C. L., Leinfelder, K. F., Sluder, T. B. : Three-year clinical evaluation of modified cavity preparations. *J Dent Res* 58(Special issue) : 329, 1979(Abstr No., 948)
  19. Jacobsen, P. H. : The current status of composite restorative materials. *Br Dent J* 150 : 15, 1981.
  20. Leinfelder, K. F. : Composite resins in posterior teeth, *Dent Clin North Am* 25 : 357, 1981.
  21. Brose, J., Martinez, C., Cooley R., Greener, E. H. : In vitro microleakage of repaired fractured incisors. *J Dent Res* 54(Special issue A) : 50, 1975.
  22. Hembree, J. H., Andrews, J. T. : Microleakage of several acid-etch composite resin systems ; A laboratory study. *Oper Dent* 1 : 91, 1976.
  23. Bränström, M : Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. *Oper Dent* 9 : 57, 1984.
  24. Craig, R. G. : Restorative dental materials, 6th edition. St Louis : Mosby Co.
  25. Going R. E. : Microleakage around dental restorations ; summarizing view. *J Am Dent Assoc* 84 : 1349, 1972.
  26. Tani, Y., Buonocore, M. G. : marginal leakage and penetration of basic fuchsin dye in anterior restorative materials. *J Am Dent Assoc* 78 : 542, 1969.
  27. Bränström, M., Nyborg, H. : The presence of bacteria in cavities filled with silicate cement and composite resin materials. *Swed Dent J* 64 : 149, 1971.
  28. Bränström, M., Nyborg, H. : Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution ; growth of bacteria and effect on the pulp. *J Prosthet Dent* 30 : 303, 1973.
  29. Bränström, M., Vojinovic, O. : Response of the dental pulp to invasion of bacteria around three filling materials. *Journal of Dentistry for children* 43 : 83, 1976.
  30. Roydhouse, R. H. : Penetration around the margins of restorations : 2. Nature and significance. *Journal of the Canadian Dental Association* 34 : 21, 1968.
  31. Bowen, R. L., Rapson, J. E., Dickson, G. : hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resin. *J Dent Res* 61 : 654, 1982.
  32. Morin, D., DeLong, R., Douglas, W. H. : Cusp reinforcement by the acid-etch technique. *J Dent Res* 63 : 1075, 1984.
  33. Nelson, R. J., Wolcott, R. B., paffenbarger, G. C. : Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J Am Dent Assoc* 44 : 288, 1952.
  34. Jorgensen, K. D., Hisamitsu, H. : Class 2 composite restorations ; Prevention in vitro of contraction gaps. *J Dent Res* 63 : 141, 1984.
  35. Hinoura, K., Sectos, J. C., Phillips, R. W. Cavity design and placement technique for class 2 composites. *Oper Dent* 13 : 12, 1988.
  36. Ciucchi, B., Bouillaguet, S., Holz, J. : Proximal adaptation and marginalgseal of posterior composite resin restorations placed with direct and indirect techniques. *Quintessence Int* 21 : 663, 1990.
  37. Eames, W. B., Strain, J. D., Weitman, R. T., et al : Clinical comparison of composite, amalgam and silicate restorative materials. *J Prosthet Dent* 33 : 407, 1975.
  38. Moffa, J. P., Jenkins, W. A. : Four year posterior clinical evaluation of two composite resins. *AADR Abstr. J Dent Res*, 1975.
  39. Nuckels, D. B., and Fingar, W. W. : Six month and one year clinical evaluation of a composite resin for class II restorations. *J Am Dent Assoc* 91 : 1071, 1975.
  40. Going, R. E., Massler, M., Dute, H. L. : Marginal penetration of dental restorations as studied by crystak violet dye and I<sup>131</sup>. *J Am Dent Assoc* 61 : 285, 1960.
  41. Phillip, R. W., et al : Adaptation of restorations in vivo as assessed by Ca<sup>45</sup>. *J Am Dent Assoc*

- 62 : 9, 1961.
42. Qvist, V. : The effect of mastication on marginal adaptation of composite restorations in vivo. *J Dent Res* 62 : 904, 1983.
  43. Erickson, J., Jensen, M. E. : Effect of pressure cycling of microleakage at composite restoration margins. *J Dent Res* 65 : 825, IADR Abstr No. 895, 1986.
  44. Darbyshire, P. A., Messer, L. B., Douglas, W. H. : Microleakage in class II composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. *J Dent Res* 67 : 585, 1988.
  45. Jorgensen, K. D., matono, R., Shimokobe, H. : Deformation of cavities and resin fillings in loaded teeth. *Scand J Dent Res*, 84 : 46, 1976.
  46. Stangel, I., Nathanson, D. : An overview of the use of the posterior composites in clinical practice. *Compend Contin Educ Dent* 8 : 800, 1987.
  47. Lacy, A. M. : A critical look at posterior composite restorations. *J Am Dent Assoc* 114 : 357, 1987.
  48. Swift, E. J. : Wear of composite resins in permanent posterior teeth. *J Am Dent Assoc* 115 : 584, 1987.
  49. masuhara, E. : A report on physical and mechanical properties of commercial composite resin materials. *J Japan Dent Assoc* 34 : 410, 1981.
  50. Lee, H. L., Swartz, M. L. : Scanning electron microscope study of composite restorative materials. *J Dent Res* 49 : 149, 1970.
  51. Stuever, C. H., Goldberg, A. F., Gross, R. L. : The effect of pulpal tissues on microleakage around dental restorations. *Oral Surg* 31 : 568, 1971.
  52. Asmussen, E. : Adaptation of restorative resins to dental cavity walls in vitro. Thesis, Copenhagen, 1978.
  53. Staninec, M., Mochizuki, A., Tanizaki, K., Fukuda, K., Tsuchitani, Y. : Interfacial space, marginal leakage, and enamel cracks around composite resins. *Oper Dent* 11 : 14, 1986.
  54. Brown, W. S., Jacobs, H. R., Thompson, R. E. : Thermal fatigue in teeth. *J Dent Res* 51 : 461, 1972.
  55. Lloyd, B. A., McGinley, M. B., Brown, W. S. : Thermal fatigue in teeth. *J Dent Res* 57 : 571, 1978.
  56. Sheth, P. J., Jensnen, M. E., Sheth, J. J. : Comparative evaluation of three resin inlay techniques ; microleakage studies. *Quintessence Int* 20 : 831, 1989.
  57. Crim, G. A., Swartz, M. S., Phillips, R. W. : Comparison of four thermocycling techniques. *J Prosthet Dent* 53 : 50, 1985.
  58. Delivanis, P. D., Chapman, K. A. : Comparison of four thermocycling techniques. *J Prosthet Dent* 53 : 50, 1985.
  59. Jacobson, S. M., Von Fraunhofer, J. A. : The investigation of microleakage in root canal therapy. *Oral Surg* 42 : 817, 1976.
  60. Jorgensen, K. D., Asmussen, E., Shimokobe, H. : Enamel damages caused by contracting restorative resins. *Scand J Dent Res* 83 : 120, 1975.
  61. Retief, D. H., Austin, J. C., Fatti, L. P. : Pulpal response to phosphoric acid. *J Oral Pathol* 3 : 114, 1974.
  62. Hembree, J. H., Andrews, J. T. : In situ evaluation of marginal leakage using an ultraviolet-light-activated resin system. *J Am Dent Assoc* 92 : 414, 1976.
  63. Ehrford, L., Derand, T. : Cervical gap formation in class II composite resin restorations. *Sewd Dent J* 8 : 15, 1984.
  64. Retief, D. H., Woods, E., Jamison, H. C. : Microleakage of selected composite restorative resins. *J Dent* 19 : 292, 1982.
  65. Hembree, J. H. Jr. : Microleakage of class V composite resin restorations in naturally occurring abraded or eroded areas. *Journal of the Alabama Dental Association* 65 : 20, 1980.
  66. Gillette, K. E., Robinson, B. E., Blank, L. W.,

- Hargrave, J. W., Pelleu, G. B. Jr. : A dentin bonding agent and microleakage below the cemento-enamel junction. *J Dent Res* 63 : Absr papers p179, Abstr 73, 1984.
67. Robinson, P. B., Moore, B. K., Swartz, M. L. : Comparison of microleakage in direct and indirect composite resin restorations. *Oper Dent* 12 : 113, 1987.
  68. bausch, J. R., K de Lange, Davidson, C. L., Peters, A., A. J de Gee : Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resin. *J Prosthet Dent* 48 : 59, 1982.
  69. Davidson, C. L. : Conflicting interests with posterior use of composite materials. pp61-65 G. Vanherle et al(eds.) *Posterior composite resin dental restorative materials*. St. Paul : #M Co., 1985.
  70. Lutz, F., Krejci, I., Oldenburg, T. R. : Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations ; a new restorative technique. *Quintessence Int* 17 : 777, 1986.
  71. hegdahl, T., Gjerdet, N. R. : Contraction stresses of composite fillinf materials. *Acta Odontol Sacnd* 35 : 191, 1977.
  72. Davidson, C. L., A. J. de Gee : relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent res* 63 : 146, 1984.
  73. hansen, E. K. : Contraction patten of composite resins in dentin cavities. *Scand J Dent Res* 90 : 480, 1982.
  74. Davidson, C. L. : Resisting the curing contraction with adhesive composited. *J Prosthet Dent* 55 : 446, 1986.
  75. Feilzer, A. J., A. J. de Gee, Davidson, C. L. : Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 66 : 1636, 1987.
  76. Asmussen, E., Jorgensen, K. D. : Mikroskopiske Undersogelsler af nogle plastfyldningsmaterialers Adaptering. *Tandlaegebladet* 75 : 365, 1971.
  77. hansen, E. K. : Effect of three dentin adhesives on marginal adaptation of two light-cured composites. *Scand J Dent Res* 94 : 82, 1986.
  78. Knappwost, A. : Kapillare Spaltbildung unserer plastischen Füllungsmaterialien als Ursachen der hohen Sekundärkariesfrequenz. *Dtsch Zahnäratl Z.* 6 : 602, 1951.
  79. Bowen, R. L. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. VI. Forces developing in direct-filling materials during harddening. *J Am Dent Assoc* 74 : 439, 1967.
  80. Asmussen, E. : Composite restorative resins. Composition versus wall-to-all polymerization contraction. *Acta Odontol Scand* 33 : 337, 1975.
  81. Hansen, E. K. : Visible-light cured composite resins ; Polymerization contraction, contraction pattern and hygroscopic expansion. *Scand J Dent Res* 90 : 329, 1982.
  82. Hansen, E. K. : Effect of Scotchbond dependent on cavity cleaning, cavity diameter and carvosurface angle. *Scand J Dent Res* 92 : 141, 1984.
  83. Davidson, C. L., A. J. de Gee, Feilzer, A. : The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 63 : 1396, 1984.
  84. Hansen, E. K., Asmussen, E. : Cavity preparation for restorative resins used with dentin adhesives. *Scand J Dent Res* 93 : 474, 1985b.
  85. Hansen, E. K., Asmussen, E. : Comparative study of dentin adhesives. *Scand J Dent Res* 93 : 280, 1985a.
  86. Munksgaard, E. C., Hansen, E. K., Asmussen, E. : Effect of five dentin adhesives on adaptation of resin in dentin cavities. *Scand J Dent Res* n92 : 544, 1984.
  87. Crim, G. A., Chapman, K. W. : Prevention of marginal leakage by four dentinal adhesives. *Gen Dent* 34 : 235, 1986.
  88. Zidan, O., Gomez-marin, O., Tsuchiya, T. : A comparative study of the effects of dentinal bonding agents and application techniques on

- marginal gaps in class V cavities. *J Dent Res* 66 : 716, 1987.
89. Leclaire, C. C., Blank, L. W., Hargrave, J. W., Pelleu, G. B. Jr. : Use of a two-stage composite resin fill to reduce microleakage below the cemento-enamel junction. *Oper Dent* 13 : 20, 19 88.
  90. Strohaber, R. A. : A scanning electron microscope comparison of microfilled fixed prosthodontic resins. *J Prosthet Dent* 57 : 559, 1987.
  91. Jackson, R. D., Ferguson, R. W. : An esthetic, bonded inlay/onlay technique for posterior teeth. *Quintessence Int* 21 : 7, 1990.
  92. Wendt, S. L. Jr. : The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. *Quintessence Int* 18 : 265, 1987.
  93. Wendt, S. L. Jr. : The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. II. Wear, hardness and color stability. *Quintessence Int* 18 : 351, 1987.
  94. Bausch, J. R., C de lange, Davidson, C. L. : The influence of temperature on some physical properties of dental composites. *J Oral Rehabil* 8 : 309, 1981.
  95. Roulet, J. F., et al. : Quantitative SEM-analysis of composite inlay margins after fatigue stress. *IADR Abstr No. 37*, 1984.
  96. McLean, J. W., Prosser, H. J., Wilson, A. D. : The use of glassionomer cements in bonding composite resins to dentin. *Br Dent J* 158 : 410, 1985.
  97. American Dental Association Council on Dental materials and Devices : Status report on the glass ionomer cements. *J Am Dent Assoc* 99 : 221, 1979.
  98. Wilson, A. D., Prosser, H. J. : A survey of inorganic and poly-electrolyte cements. *Br Dent J* 157 : 449, 1984.
  99. Negm, M. M., Beech, D. R., Grant, A. A. : An Evaluation of mechanical and adhesive properties of polycarboxylate and glassionomer cements. *J Oral Rehabil* 9 : 161, 1982.
  100. parvis, D. R., et al. : Improved adhesion of glassionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res* 61 : 1416, 1982.
  101. Walker, C., Lacy, A. : Cervical margin microleakage in class II posterior composite resin restorations. *J Dent Res* 65 : 346, 1986.
  102. Hembree, J. H., Jr. : Marginal leakage of class II posterior composite restorations using glassionomer cement as a liner. *J Dent Res* 66 : 293, Abst No. 1493, 1987.
  103. Kanca, J., III. : Posterior resins : Microleakage below the cemento-enamel junction. *Quintessence Int* 18 : 347, 1987.
  104. Godoy, F. G., Malone, W. F. P. : Microleakage of posterior composite resin using glassionomer cement bases. *Quintessence Int* 19 : 13, 1988.
  105. Gordon, M., Plaschaert, A. J. M., Soelberg, K. B., et al. : Microleakage of four composite resins over a glassionomer cement base in class V restorations. *Quintessence Int* 17 : 817, 1985.

## EXPLANATIONS OF FIGURES

- Fig. 1. A photograph shows one degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group1, P-50.(×10)
- Fig. 2. A photograph shows zero degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group2, CF.(×10)
- Fig. 3. A photograph shows zero degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group2, P-50.(×10)
- Fig. 4. A photograph shows two degree of dye penetration at the occlusal margin, and one degree of dye penetration at the cervical margin in group2, CF.(×10)
- Fig. 5. A photograph shows four degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group3, P-50.(×10)
- Fig. 6. A photograph shows two degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group3, CF.(×10)
- Fig. 7. A photograph shows four degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group4, P-50.(×10)
- Fig. 8. A photograph shows four degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group4, CF.(×10)
- Fig. 9. A photograph shows zero degree of dye penetration at the occlusal margin, and four degree of dye penetration at the cervical margin in group5, Kulzer Inlay.(×10)
- Fig. 10. A photograph shows zero degree of dye penetration at the occlusal margin, and one degree of dye penetration at the cervical margin in group5, CR Inlay.(×10)





Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

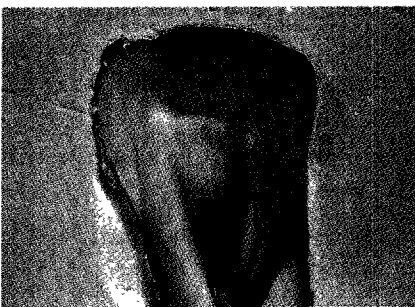


Fig. 5



Fig. 6

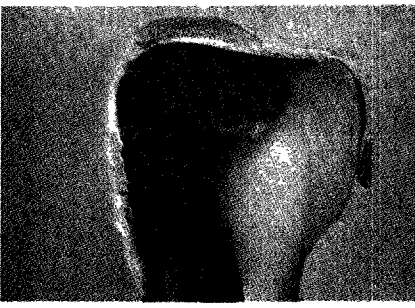


Fig. 7



Fig. 8

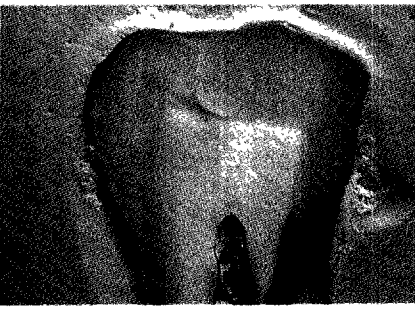


Fig. 9



Fig. 10

## A STUDY ON THE MARGINAL LEAKAGE OF CLASS II LIGHT CURING COMPOSITE RESIN RESTORATION ACCORDING TO FILLING METHODS

Kyung - Hyun Kim, D. D. S., Hyuk - Choon Kwon, D. D. S., Ph. D.

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University*

The aim of this study was to compare the marginal leakage of class II light curing composite resin restoration according to filling methods. With using acid etching technique and dentin bonding agent, various methods were suggested to eliminate or reduce the marginal leakage. In this study, class II cavities were prepared in 100 extracted human premolars with cementum margin(1mm below the CEJ) and the teeth were randomly assigned to 5 groups of 20 teeth each. The teeth in group 1, 2, 3 and 4 were restored by direct filling methods using P-50 and Clearfil Photoposterior of 10 teeth each, but the method of insertion of the restorative materials varied with each group. And the teeth in group 5 were restored by inlay method using Kulzer Inlay and CR Inlay. Filling methods are as follows :

Group 1 : The composite resin was inserted in one layer in the proximal box and one layer in the occlusal portion.

Group 2 : Insertion was in two equally thick horizontal layers in the proximal box.

Group 3 : Insertion was in two diagonally placed layers in the proximal box.

Group 4 : The composite resin was inserted in the same way as in group 3 except that a glass ionomer liner was first placed on the axial wall and gingival floor.

Group 5 : The teeth were restored by Inlay technique using dure cure resin cement.

All the teeth were thermocycled, stained with 1% methylene blue solution, sectioned mesiodistally, and scored for marginal leakage. To compare the marginal leakage, ANOVA and T-test were used in analysis.

The following results were obtained :

1. In direct filling methods, there was no significant difference in marginal leakage at both occlusal and cervical margins.
2. In all groups, occlusal margin showed significantly less leakage than cervical margin.
3. In group using glass ionomer liner, there was no significant reduction of marginal leakage at the cervical margin.
4. The group restored by inlay method showed significantly less marginal leakage than groups restored by direct filling methods at both occlusal and gingival margins.
5. There was no significant difference in each group according to filling materials.