

유동성 복합 레진을 적용한 예방적 레진 수복물의 미세 누출 양상에 관한 비교 연구

박헌정 · 김종수 · 김용기

단국대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

성인에 비해 치료를 견딜 수 있는 시간이 상대적으로 짧은 소아 환자에 있어 시술 시간은 치료 결과의 중요한 변수로 작용하게 된다. 최근 소개된 유동성 복합 레진을 예방적 레진 수복술에 사용하게 될 경우 전색재 도포 과정을 생략할 수 있어 시술 시간의 단축, 편의성 등의 장점이 인정되나 미세누출 등에 관한 연구 결과는 미흡한 실정이다. 본 연구의 목적은 최근 소개된 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복물과 기존의 복합 레진과 전색재를 사용한 예방적 레진 수복물 간의 미세누출 및 기포발생 정도를 비교하고자 함이었다.

교합면이 건전한 상악 소구치 60개를 대상으로 고속용 1/2 round bur를 이용하여 교합면 열구를 따라 길이3.0×폭0.7×깊이2.0mm의 I급 와동을 형성하고 각 군 당 20개씩 무작위로 시편을 배분하고, 제조자의 지침에 따라 본당제인 Scotchbond Multipurpose™(3M dental product, U.S.A.)를 적용하고 유동성 복합 레진 수복군인 I, II군에는 각각 Revolution™(Kerr, U.S.A.)과 Arabesk Flow(VOCO, Germany), 대조군인 III군(통상적 예방적 레진 수복군)에는 Restorative Z-100™(3M dental product, U.S.A.)과 Concise™(3M dental product, U.S.A.)를 제조자의 지시에 따라 충전, 적용하였다. 3,000회의 열 순환 및 색소 침투 후 시편을 절단하여 컴퓨터에 영상을 입력하고 색소의 침투 길이 및 침투 비율을 계산하고 미세누출 평가 기준을 이용하여 각 시편에 대한 미세누출 정도를 평가하였다. 또한, 각 군별로 특징적으로 나타난 기포의 발생 양상을 별도의 평가기준에 따라 평가하였다.

미세누출은 수복재와 법랑질의 계면부에 국한되어 관찰되었고, 와동 내부까지 침투된 경우는 없었으며, 유동성 복합레진 수복군(I, II군)이 기존의 예방적 레진 수복군(III군)에 비해 낮은 미세 누출 정도를 나타냈다($p < 0.05$). 미세누출 결과 외에, 대부분의 충전물 내에서 다양한 형태의 기포가 발견되었으며, I, II군 표본에서 III군에 비해 크기가 큰 기포가 더욱 많이 관찰되었다.

주요어 : 복합레진, 유동성 복합 레진, 미세누출, 예방적 레진 수복, 전색재

I. 서 론

예방적 레진 수복은 교합면 열구 전색의 확대 개념으로 교합면의 초기 우식을 복합 레진으로 충전하고 우식에 민감한 소와, 열구에 전색재로 예방적 치료를 하는 방법으로 1977년 Simonsen과 Stellard¹⁾에 의해 처음 소개되었으며 초기 교합면 우식을 최소한의 치아 삭제로 수복하고 전색재 도포를 통해 미래의 우식 형성을 예방하는 보존적인 술식이다.

깊은 소와 열구, 초기 소와 열구 우식증 등이 예방적 레진 수복의 적응증²⁾이 될 수 있고, 깊거나 광범위한 교합면 우식증, 치수 병변, 인접면 우식증 등은 비적응증^{2,3)}이다. 예방적 레진 수복물은 아말감 수복물에 비해 1/5정도로 최소한의 치질 삭제가 가능하며⁴⁾ 아말감보다 낮은 미세 누출 정도⁵⁾를 나타내는 등

의 장점을 가지나 수분에 민감하고 마모 저항성, 유지력 등에 대한 장기간의 연구 결과 부족 등의 단점^{2,6)} 또한 지적되어 왔다. 예방적 레진 수복에 관한 많은 임상적 연구들이 행해졌는데, 예방적 레진 수복 후 6개월 후의 평가에서는 95%이상의 성공률을 나타냈으며⁴⁾, 2년⁷⁾, 3년⁸⁾, 5년⁹⁾, 9년¹⁰⁾후의 평가에서도 역시 75% 이상의 높은 임상적 성공률을 보였고, 아말감 보다 낮은 우식 재발률과 변연부 실패를 나타내었다^{9,11)}. Feigal¹²⁾은 예방적 레진 수복물의 수명이 상부 전색재의 유지 및 보수 정도에 의해 좌우된다고 하였다.

미세 누출은 수복물과 치아 사이에 형성되는 미세 간극을 통해 산, 효소, 미생물과 그 부산물들이 침투하게 되는 통로로 정의되며¹³⁻¹⁵⁾ 이 결과로, 수복물 주위에 이차 우식 병소나 변색이 발생할 수 있고, 치질과의 미세 간극과 상아세관을 통과하여 치

수조직으로 이입된 세균과 그 부산물이 수복 후의 동통이나 과민 반응 및 궁극적으로는 치수의 병변까지 일으키는 것으로 알려져 있다^{16,17)}. 이처럼 수복물의 변연 누출은 수복의 임상적 성공과 수복물의 수명에 영향을 미치는 중요한 인자라고 할 수 있다. 예방적 레진 수복물의 미세 누출에 관해 Garcia-Godoy¹⁸⁾는 Type C 예방적 레진 수복에서 약 16.7~25%의 미세 누출 발생 빈도를 보인다고 보고하였고, Penning과 Amerongen¹⁹⁾, Saunders 등²⁰⁾은 예방적 레진 수복물의 미세 누출은 주로 전색재-법랑질 계면에서 관찰된다고 하는 등 예방적 레진 수복물의 미세 누출 정도는 주로 상부 전색재의 미세 누출 정도와 큰 연관이 있는 것으로 알려져 있다.

Bayne 등²¹⁾에 의하면, 1996년에 처음 소개된 유동성 복합 레진(flowable composite resin)은 기존의 복합 레진과 같은 크기의 부형재(filler)를 가지며, 부형재의 함량을 낮추어 점도를 낮추고 흐름성을 높인 재료로, Payne²²⁾은 우수한 흐름성과 적용 및 조작의 용이성 등이 장점이라고 하였다. 유동성 복합 레진은 교합력을 크게 받지 않는 작고 보존적인 와동에는 모두 사용될 수 있으며, 접근이 어려운 곳, 수복물의 변연부 수리 등과 본 실험에서도 적용한 바와 같은 예방적 레진 수복 및 소와열구 전색의 용도로도 사용될 수 있다^{21,23,24)}. 유동성 복합 레진 수복물의 미세 누출 양상에 관하여 Mazer와 Russell²⁵⁾은 V급 와동에서 일반적인 복합 레진과 비교하여 유의차가 없다고 하였으나, Ferdianakis 등^{26,27)}은 air abrasion을 이용하여 형성한 작은 I급 와동에 유동성 복합 레진을 적용한 경우 일반적인 복합 레진에 비해 낮은 미세 누출 및 기포의 발생을 보고하였고, Payne²²⁾도 II급 와동의 치은측 변연부에 사용했을 때 더 낮은 미세 누출 및 기포의 발생을 보고하는 등, 일반적 복합 레진에 비해 같거나 더 낮은 미세 누출 정도를 나타내는 것으로 보고되고 있다.

교합면에 초기 우식 병소가 존재하는 구치의 수복 및 우식 예방 효과가 탁월한 것으로 인정되는 예방적 레진 수복술을 성인에 비해 치료에 견딜 수 있는 시간이 짧은 소아를 대상으로 시행함에 있어 시술 시간은 치료 결과에 중요한 변수로 작용하게 된다. 예방적 레진 수복재로 사용할 경우 별도의 전색재 도포 과정을 생략할 수 있는 가능성을 인정받고 있는 유동성 복합 레진은 이런 측면에서 유리한 재료라고 할 수 있으나 재료의 중합 수축 또는 팽창에 의한 효과를 비롯한 여러 가지 물성에 관한 연구 결과는 크게 미흡한 실정이다. 이에, 유동성 복합 레진의 임상 적용이 활성화되기 위해서는 특히 수복물의 수명과 직결되는 미세누출에 관한 더 많은 조사가 필요하다고 판단되어, 본 연구에서는 기존의 예방적 레진 수복물과 유동성 복합 레진을 사용한 수복물 간의 미세누출 정도 및 수복물내 기포 발생 양상을 비교하여 예방적 레진 수복시 재료 선택을 위한 지표로 삼고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

최근에 교정 목적으로 발거된, 교합면에 우식이나 결손 부위가 없는 건전한 상악 소구치 60개를 대상 치아로 선정하여 미세누출 실험에 사용하였다. 각 군에 사용된 충전재료는 유동성 복합 레진으로 Revolution™(Kerr, U.S.A.)과 Arabesk Flow(VOCO, Germany)를, 통상적 예방적 레진 수복을 위한 복합 레진으로 Restorative Z-100™(3M dental product, U.S.A.)과 소와열구 전색재로 Concise™(3M dental product, U.S.A.)를 사용하였다. 레진의 접착을 위한 결합재료 Scotchbond Multipurpose™(3M dental product, U.S.A.)를 사용하였으며, 충전재의 광중합을 위해 Curing Light XL 3000(3M dental product, U.S.A.)을 사용하였고, 광원의 강도는 Radiometer(DentAmerica, U.S.A.)로 측정하여 일정하게 유지하였다.

2. 연구 방법

1) 표본 제작

가) 대상 치아의 준비

대상치아의 표면에 있는 이물질질을 스케일러로 제거한 후 불소가 포함되지 않은 페미스와 저속 핸드피스에 부착된 러버 컵을 사용하여 법랑질 세마를 시행하였으며 실험 전까지 실온의 탈이온수에 보관하였다.

나) 치아의 레진 블록 매물

교정용 아크릴릭 레진에 매물하기 위한 주형을 제작하여 치아의 백악-법랑 경계부까지 블록의 바닥과 교합면이 수평이 되도록 블록 매물을 시행하였다. 레진이 경화할 때 발생하는 열을 분산시키기 위하여 차가운 탈이온수에 즉시 담근 후 레진의 충분한 경화가 일어 날 수 있도록 30분간 방치하였으며, 주형에서 치아 블록을 제거 한 후 치아의 탈수를 막기 위하여 실온의 탈이온수에 보관하였다.

다) 와동 형성

불소가 포함되지 않은 페미스와 저속 핸드피스에 부착된 치면 세마용 brush를 이용하여 교합면 세마를 시행하고 표준화된 와동 형성을 위해 특별히 고안된 장치에 각 레진 블록을 고정하였다. 고속 치아 절삭기에 부착된 #1/2 round 고속용 바를 이용하여 치아의 교합면 중앙 열구를 따라 길이3.0×폭0.7×깊이2.0mm의 I급 와동을 형성하였다. 와동을 증류수로 깨끗이 세척한 다음 불순물이 섞이지 않은 온풍(Clean warmer, 세제 상사, 한국)으로 건조시켰다.

Table 1. Distribution of groups and samples according to the various experimental conditions

Group	PRR type	Material used	Sample number
I	Flowable resin PRR	Revolution™ (Kerr, U.S.A.)	20
II	Flowable resin PRR	Arabesk Flow (VOCO, Germany) Restorative Z-100™	20
III	Conventional PRR	(3M dental product, U.S.A.) + Concise™ (3M dental product, U.S.A.)	20

라) 표본의 배분

와동 형성이 완료된 표본을 무작위로 군 당 20개씩 배분하였 으며 각 군의 설정은 Table 1과 같다.

마) 결합재의 적용

10% 말레 산(Scotchbond Multipurpose™, 3M dental product, U.S.A.)을 15초 동안 형성된 와동 내면과 주위 열구 및 와동 변연 범랑질 2mm에 적용하고, 20초 동안 물 분사기 로 수세한 다음 건조하였다. 프라이머와 접착제를 제조자의 지 시에 따라 균일하게 적용하고 10초동안 광중합 하였다. 이 때, 유동성 복합 레진 적용군인 I,II군은 와동의 내부 및 주위 열구 에, 통상적 예방적 레진 수복군인 III군은 와동의 내부에만 접착 제를 적용하였다.

바) 레진 충전 및 광 중합

(I, II 군)

Syringe tip을 와동 입구에 위치시키고 여분의 레진이 흘러 나을 때까지 서서히 와동 내에 레진을 주입하고 흘러나온 여분 의 유동성 복합 레진을 탐침을 이용하여 와동에 포함되지 않은 교합면 열구 부위에 도포한 후 광조사기(Curing Light XL 3000, 3M dental product, U.S.A.)를 이용하여 40초 동안 중합하였다.

(III 군)

테프론이 피복된 충전기구를 사용하여 복합 레진을 와동 내 부에 충전한 뒤 광조사기를 이용하여 40초 동안 중합하였다. 충전된 복합 레진과 와동에 포함되지 않은 교합면 열구 부위에 전색제를 도포하고 20초간 광 중합하였다.

사) 열 순환

중합이 완료된 모든 표본은 탈이온수에 넣어 24시간동안 37 ℃로 고정된 항온기에 보관하였다. 표본을 열 순환기(Tokyo, Japan)에 넣고 5℃와 55℃에서 각각 30초 동안 침지시키는 방 법으로 총 3,000회 시행하였다.

2) 미세누출 측정

가) 색소 침투

교합면을 제외한 전 치면에 내산성의 네일 바니쉬를 3회 균 일하게 도포하여 충분히 건조시킨 후 0.5% basic fuchsin 용 액에 침지시켜 37℃로 고정된 항온기에서 24시간 동안 보관하 였다.

나) 표본 절단 및 영상 입력

색소침투가 완료된 표본을 꺼내어 흐르는 물에 세척하고 건 조한 다음, 디스크로 치근을 절단, 치관부를 분리한 후 경조직 절삭기(Velnus, Japan)와 Abor Diamond Wafering Blades(Buehler Isomet, U.S.A.)로 수복물이 포함되도록 협 설 방향으로 절단하여 각 치아 표본당 2개씩의 시편을 취하였 다. 이렇게 얻어진 시편을 800~1000grit의 실리콘 카바이드 페이퍼로 연마하고 폐쇄 회로 카메라(Toshiba, Japan)가 장착 된 입체 현미경(Olympus, Japan)을 통해(×13.4) 영상을 컴 퓨터에 입력하였다.

다) 색소 침투 양상의 평가

화상 분석 프로그램(Image-Pro plus ver 3.0, U.S.A.)을 이용하여 평가자 내 신뢰 검정을 마친 1인의 평가자에 의하여 각 시편의 색소 침투 길이 및 와동 상방의 충전재와 범랑질 계 면의 길이를 측정하여 치아표본 당 총 색소 침투 길이를 와동 상방의 충전재와 범랑질 계면의 총 길이로 나누어 백분율로 산 출하여 수복물 상부 색소 침투비를 구하였다. 또, 색소의 침투 정도를 0에서 3까지 4단계의 평가기준에 따라 평가하였다 (Table 2, Fig. 1). 미세누출 평가 점수는 각 표본 당 얻어진 두가지의 누출 점수 중 가장 높은 점수를 해당 표본의 미세누출 대표값으로 취하였다.

3) 기포 평가

수복물의 장기적 예후 및 미세누출에 영향을 줄 수 있는 수복 물 내의 기포를 부수적으로 평가하였다. 미세누출 평가를 위해 절단되어있는 상태의 시편을 육안으로 관찰하고 입체 현미경을 통해 컴퓨터에 입력한 영상을 토대로 기포의 발생 정도를 0에

Table 2. Criteria used in evaluating for the degree of marginal microleakage

Score	Extent of dye penetration
0	No dye penetration
1	Dye penetration restricted outer half of the sealant
2	Dye penetration to the inner half of the sealant
3	Dye penetration into the cavity (modification)

(Modified from Overbo RC. Scand J Dent Res, 1990)

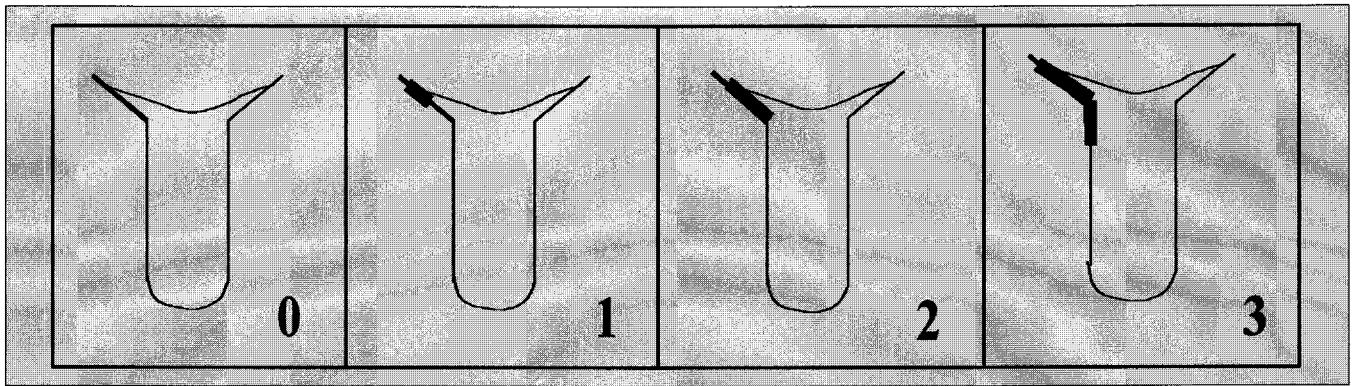


Fig. 1. Schematic drawing of scoring method for the degree of microleakage.

Table 3. Criteria used in evaluating for the degree of void formation

Score	Extent of voids formation
0	None present (with magnification)
1	Small (detected with magnification)
2	Medium (detected with naked eye)
3	Large (very obvious)

(Adopted from Smales R.J. J Clin Pediatr Dent, 1997)

서 3까지 4단계의 평가기준에 따라 평가하였다(Table 3). 기포 평가 점수는 각 표본당 얻어진 두가지의 점수 중 높은 점수를 해당 표본의 기포 평가 점수의 대표값으로 취하였다.

4) 통계 분석

얻어진 자료는 SPSS Version 8.0 프로그램을 이용하여 Kruskal-Wallis test 및 Mann-Whitney U-test를 시행하여 각 군의 유의성을 검정하였다.

III. 연구 성적

1. 미세 누출 측정 결과

각 군의 표본으로부터 측정된 색소 침투 길이 및 수복물 상방 색소 침투비의 평균과 표준 편차는 Table 4와 같으며, 색소 침투의 길이와 수복물 상방 색소 침투비 모두 기존의 예방적 레진 수복군(III)에서 유동성 복합 레진 적용군(I, II)보다 높은 색소 침투 길이 및 비율을 나타내었다.

각 군의 표본으로부터 얻은 미세 누출 평가 점수의 분포는 Table 5와 같으며, 이를 그래프로 Figure 2에 나타내었다. 모든 군에서 다양한 정도의 미세누출을 확인할 수 있었으며, 수복물의 와동 내부로 색소가 침투된 경우는 발견되지 않았다. 유동성 복합 레진 수복군인 I, II군에서는 전반적으로 미세누출 점수 1에 집중적인 분포(I군-55%, II군-70%)를 나타내었으며, 점수 0에서도 각각 25%, 20%의 분포를 보였다. 기존의 예방적 레진 수복군인 III군에서는 점수 1과 2에 집중적인 분포를

Table 4. Data representing the degree of dye penetration in each group

Group	LENGTH(mm)		DYE PENATRATION(%)*	
	Mean	S.D	Mean	S.D
I	0.240	0.213	16.38	14.66
II	0.306	0.252	17.65	14.76
III	0.516	0.424	40.86	26.87

* : total length of dye penetration / total length of enamel-sealant interface × 100

Table 5. Frequency of microleakage scores measured in each group

GROUP	SCORE				TOTAL
	0	1	2	3	
I	5	11	4	0	20
II	4	14	2	0	20
III	1	8	11	0	20

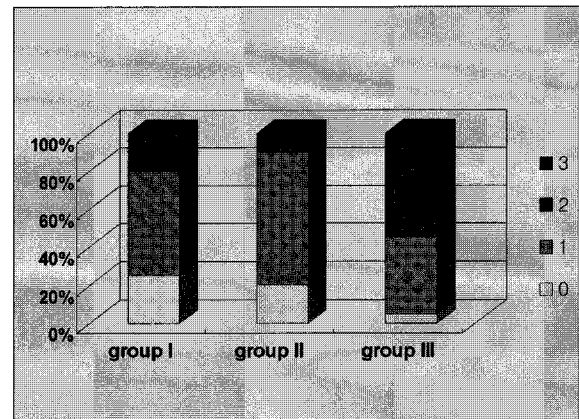


Fig. 2. Bar graph representing the distribution of microleakage scores within each group.

Table 6. Statistical comparison between groups on the microleakage scores

	group I	group II	group III
group I			
group II	-		
group III	*	*	

* : statistically significant difference (p<0.05)
(from Kruskal-Wallis Test)

Table 7. Frequency of void scores measured in each group

GROUP	VOID SCORE				TOTAL
	0	1	2	3	
I	0	3	3	14	20
II	2	4	9	5	20
III	2	11	7	0	20

나타내었으며, 점수 2에 55%, 점수 1에 40%로 점수 2에서 더 높은 분포를 나타내었다. 이와 같은 성적을 토대로 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis Test와 Mann-Whitney U-Test를 이용하여 군간의 유의성을 검증한 결과는 Table 6에 나타내었으며, I, II군이 각각 III군 과 유의차를 나타내어(p<0.05) 유동성 복합 레진 수복군(I, II)이 기존의 예방적 레진 수복군(III)에 비해 유의하게 낮은 미세 누출 정도를 보임을 알 수 있었다.

2. 기포 평가 결과

각 군의 표본으로부터 얻은 기포 평가 점수의 분포는 Table 7과 같으며, 이를 그래프로 Figure 3에 나타내었다. 모든 군에서 다양한 정도의 기포 발생 양상을 확인할 수 있었으며, I군에서는 평가 점수 3(large)이, II군에서는 평가 점수 2와 3(medium, large)이 상대적으로 높은 분포를 나타내었으며, III군에서는 평가 점수 1(small)의 높은 분포가 관찰되었다. 이와 같은 결과를 토대로 Kruskal-Wallis Test와 Mann-Whitney U-Test를 이용하여 각 군간의 유의성을 검증한 결과 세 개의 군간에 모두 통계학적 유의차를 나타내어(p<0.05), I군 II군, III군의 순서로 높은 기포 평가 점수를 나타내었다.

IV. 총괄 및 고안

접착성 치과재료의 발전과 더불어 치아 수복시 수복물과 건전 치질의 수명을 연장시키기 위해 최소 치아 삭제를 통한 보존적인 형태의 와동 형성 경향이 증가되고 있다²⁴⁾. 예방적 레진 수복은 바로 이러한 최소한의 치아 삭제로 건전 치질과 수복물의 내구성을 보존하기 위한 대표적인 술식이며, 특히 우식 감수성이 높은 초기 영구 구치(young permanent premolars and

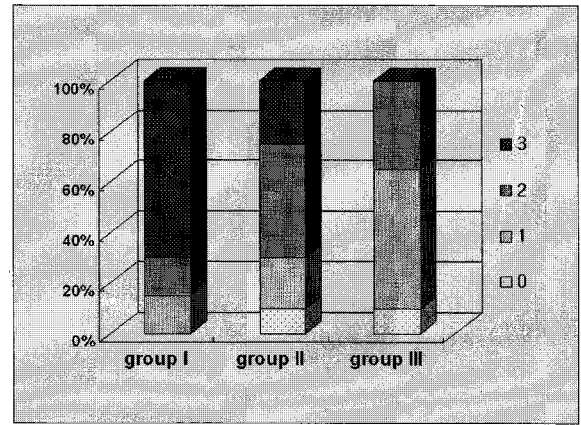


Fig. 3. Bar graph representing the distribution of void scores within each group.

molars)에서 가장 좋은 적응증이 된다고 할 수 있다. 1977년 술식이 처음 도입된 이후 현재까지의 임상적 연구 결과들에 의하면, 예방적 레진 수복의 임상적 성공률은 75%이상에 달하며¹⁰⁾, 그만큼의 우식 예방 효과 역시 인정된다고 할 수 있겠다. Simonsen³⁾은 우식의 정도와 깊이에 따라, 깊은 소와열구 혹은 법랑질에 국한된 작은 열구 우식증을 전색재 만을 사용해 수복하는 경우를 Type A, 법랑질 와동 혹은 상아질이 약간 포함된 와동에 희석 복합 레진과 전색재를 사용하여 수복하는 경우를 Type B, 상아질 까지 포함된 우식 와동에 복합레진과 전색재를 사용하여 수복하는 경우를 Type C로 분류하였다.

수복물 변연을 통한 세균의 침투는 치수 자극의 주원인이 되며, 세균과 그 부산물이 상아세관을 통과하는 것을 얼마나 방지할 수 있느냐가 수복의 성과와 치수조직의 생활력 유지에 결정적으로 기여하고, 치아와 수복물의 변연에서의 착색과 이차 우식의 발생에도 관여하게 된다. 이러한 미세 누출을 감소시키기 위해 여러 종류의 재료를 통해 연구를 거듭해 왔으며, 이러한 재료들의 물리, 화학적 물성의 향상을 도모하려는 연구 또한 병행되어왔다.

복합 레진은 뛰어난 색조 재현성과 수은을 방출하지 않으며, 열전도성이 적다는 장점을 지녔지만, 치아보다 높은 열팽창계수와 경화시에 발생하는 중합수축 등으로 변연 밀폐가 매우 어려우며, 또한 변연부 접합성은 법랑질의 산 탈회 방법, 상아질 접착제의 사용, 와동형태 및 형성방법, 수복물의 충전방법, 마무리 술식과 수복재 자체의 성질에 좌우된다²⁸⁾. Prati 등²⁹⁾은 복합레진 수복물에서 복합레진의 중합 수축과 상아질 결합제의 낮은 결합 강도가 수복물 주위 변연 간극 발생에 복합적으로 작용한다고 하였으며, Mangum 등¹⁴⁾은 수복물의 변연 적합도와 미세누출에 영향을 미치는 두 가지 중요한 요소는 수복재의 선택과 조각이라고 하였다. 복합 레진 수복물의 미세 간극을 감소시키기 위해 Oldenberg 등³⁰⁾은 변연에 사각을 포함하는 기존의 와동형성 방법으로 보통의 기존 방법과 변형된 형성 방법보다 2.5%의 실패율 감소를 보고하였다. Soderholm³¹⁾은 복합 레진

내의 필러 함유량을 증가시켜 열팽창계수를 감소시킴으로써 자연치질의 열팽창과 비슷하게 하는 방법을 보고하였고, Puckett과 Smith³²⁾는 필러 함유량은 중합 수축과 반비례한다고 하였다. 레진 수복물이 물을 흡수하여 팽창하는 현상을 수화성 팽창이라고 하는데, Bowen³³⁾은 이러한 수분의 재흡수와 중합수축에 관한 연구에서 수분의 재흡수에 의한 체적 팽창과 산 부식 방법으로는 초기의 중합 수축을 극복할 수 없다고 하였다.

예방적 레진 수복술의 도입 초기인 1970년대에는 Simonsen³⁾의 분류에 의한 Type B 예방적 레진 수복술에서 사용되는 희석 복합레진(diluted composite resin)에 관한 미세 누출 연구가 많이 행해졌다. 희석 복합 레진은 초창기의 점도가 높은 광중합형 복합 레진에 레진 단량체(monomer)를 섞어 희석함으로써 레진의 점도를 낮추고 흐름성을 증가시킨 것으로 본 실험에서 사용한 최근 도입된 재료인 유동성 복합 레진과 와동내 적합도를 높일 수 있는 증가된 흐름성의 측면에서 유사하다고 할 수 있다.

복합 레진의 점도에 따른 와동 적합도 및 미세 누출에 관해 Forsten³⁴⁾은 산 부식을 한 법랑질 와동에 대해 저점도의 레진 사용군에서 양호한 미세누출 양상을 보인다고 한 반면, Asmussen³⁵⁾, Ortiz 등³⁶⁾은 희석하지 않은 상태의 점도가 높은 복합 레진도 산 부식 법랑질에 잘 적합되고 양호한 미세 누출 양상을 보인다고 하는 등 서로 상반된 연구 결과를 나타내었다. 또, Forsten³⁴⁾은 희석하지 않은 복합 레진이 희석 복합 레진 보다 기포가 많으며 기포와 불충분한 결합력이 복합레진 미세 누출의 원인이 된다고 하였으며, Raadal³⁷⁾은 작은 와동과 열구에 점도가 높은 복합 레진을 적용하는 것은 복잡한 반면, 희석 복합 레진은 적용이 쉽고 인접 열구에도 잘 흘러 들어간다고 하였으나, 레진의 점도에 따른 예방적 레진 수복물의 미세 누출에 관한 그의 실험 결과에서는 희석하지 않은 복합 레진이나 다양한 농도로 희석한 복합레진 모두 양호한 미세 누출 양상을 나타냄을 보고하였다. 또, 실험실 조건에서 교합 하중을 적용한 같은 조건의 실험에서도 역시 복합 레진의 점도에 관계없이 산부식을 시행한 와동에 대해서는 모두 양호한 미세 누출 양상을 나타냄을 보고하였다³⁸⁾. 이러한 초기의 연구들은 모두 와동 결합제(bonding system)나 복합 레진의 발전 초기 단계의 것으로, 현재의 재료와 그 결과를 비교하기에는 무리가 있으나, 대체적으로 서론에서 기술한 바와 같이 예방적 레진 수복물의 미세 누출이 상부에 국한된 정도의 양호한 양상을 나타냄에는 일치된 결과를 보인다고 할 수 있겠다. 이 후 Penning과 Amerongen¹⁹⁾은 예방적 레진 수복물 교합면의 I급 와동의 크기(폭과 깊이)를 달리해 미세 누출을 실험한 결과 와동을 교합면 열구 전 범위에 걸쳐 넓게 확대 수복시에도 상부의 전색재가 잘 유지되면 미세 누출은 거의 없음을 보고하였으며, 상아질까지 연장되는 깊이의 와동에 예방적 레진 수복을 한 경우 상아질면에 대한 이장재 적용 여부에 관계없이 수복물과 상아질 간에 간극이 발생함을 관찰하였다. 또, 레진을 충전하고 중합한 후 전색재를 도포하고 다시 중합하는 것이 레진과 전색재를 동시에 중합하는 것보다

복합 레진의 중합 수축에 의해 발생하는 변연부 간극 감소를 위해 필요하다고 하였다. 같은 해 Saunders 등²⁰⁾도 산 부식 시간, 이장재의 종류, 중합 방법, 전색재의 종류 등을 달리해 미세 누출 실험을 한 결과, 모든 조건에 대해 유의차 없이 거의 미세 누출을 나타내지 않아, 역시 예방적 레진 수복물의 미세 누출은 전색재의 미세 누출 정도와 연관되어 있음을 보여 주었다.

소와 열구 전색법은 교합면 우식 이환률이 높은 소와와 열구에 산부식후 예방적인 전색을 시행함으로써 우식을 예방하는 치료법으로 1955년 Buonocore³⁹⁾에 의한 산부식법의 도입 이래 계속적으로 교합면 우식 예방법으로 사용되어 왔다. 소와 열구 전색법은 우식에 민감한 소와와 열구를 기계적으로 차단할 뿐 아니라 표면의 전색재가 탈락 된 후에도 교합면 교두 사면에 도포된 전색재의 법랑질내 레진 tag가 존재함으로써 우식 억제 효과를 나타내는 것으로 보고되었다^{40,41)}.

전색재의 우식 예방 효과를 위해서는 치면과 전색재의 긴밀한 접착이 필수적이며, 따라서 전색재와 치면간의 접착도를 반영하는 미세누출을 최소화하기 위한 많은 방법들이 연구되었다⁴²⁻⁴⁵⁾. 사용된 대부분의 방법들에서 비슷하게 낮은 정도의 미세 누출을 보였으나 그 분포를 보면 전혀 미세 누출이 없는 것로부터 열구 내부까지 완전히 미세 누출이 발생한 것까지 다양하게 나타나는데, 이에 대해 Saunders 등²⁰⁾은 실험실 조건에서 전색재의 미세 누출을 평가하는 표준화된 검사 방법이 없기 때문이라고 하였다. 본 실험에서도 미세누출의 정도가 레진이 충전된 와동 내부까지 이르는 것은 없었으나 수복물 상부의 계면에서는 전혀 누출이 없는 것로부터 계면 전체에 걸쳐 미세 누출이 발생한 것까지 다양한 미세 누출 분포를 나타내었다. 또, 미세 누출을 평가하는 방법에 있어 예방적 레진 수복이나 전색재 도포 실험 연구의 경우 대부분 미세 누출 평가 지수를 적용하여 평가 후 비모수적 방법을 이용하여 통계학적 분석을 시행하였는데, Zyskind 등⁴⁵⁾은 색소 침투 길이 및 전색재-법랑질 계면의 길이에 대한 색소 침투의 비율등을 직접 측정하여 평가하기도 하였다. 그러나, 색소 침투길이와 비율 평가법 역시 큰 표준 편차를 나타내어 다양한 분포로 미세 누출이 발생함을 알 수 있고 따라서 비모수적 방법의 통계 분석이 시행되었다. 본 실험에서도 화상 분석 프로그램을 이용하여 각 시편의 영상에 대한 색소 침투 길이와 수복물 상부 법랑질 계면에 대한 색소 침투 비율 등을 평가하였으나 역시 높은 표준 편차값을 나타내어 색소 침투 길이와 비율의 평균치는 미세 누출 양상에 대한 평균적 측정치로 참고하였고, 미세 누출 평가 지수를 적용해 색소 침투 양상을 평가한 후 비모수적 방법을 이용하여 통계학적 분석을 시행한 통상적 방법을 이용하였다.

본 실험에서는 구강내의 온도 변화를 재현하기 위한 열 순환을 5℃와 55℃의 범위에서 3,000회 시행하였는데, 수복물의 미세 누출을 평가하는데 있어 열 순환을 시행하는 것에 대해 많은 논란이 있어왔다. Crim 등⁴⁶⁾은 V급 복합 레진 수복물에 대해 열 순환 시행한 군이 시행하지 않은 대조군에 비해 유의하게 높은 미세 누출을 나타냄을 보고하였으나, Rossomando 등⁴⁷⁾

Fu와 Hanning⁴⁸⁾은 복합 레진 수복물에서 열 순환 여부가 미세 누출 양상에 영향을 미치지 않음을 보고하였다. Rossomando 등⁴⁷⁾은 복합 레진은 열전도도가 아말감 등과 같은 금속 수복물에 비해 낮아 실제 구강내 환경에서 짧은 시간 동안의 온도 변화에 대해 큰 체적 변화를 일으키지 않으므로 미세 누출에 큰 영향을 주지 않는다고 하였고 구강 내에서 뜨겁거나 찬 음식물이 입안에 머무를 수 있는 시간은 그리 길지 않으므로 열 순환 시의 dwell time은 15초 정도가 적당하다고 하였다. Fu와 Hanning⁴⁸⁾은 교합면 범랑질 깊이의 I급 와동에 대한 예방적 레진 수복술 시행 후의 미세 누출 양상 평가에서 열 순환 한 군과 하지 않은 군간에 유의차가 없음을 보고했는데, 이는 폭과 깊이가 작은 와동이므로 열 전도에 의한 응력이 와동 내부의 밀폐성에 큰 영향을 주지 않았기 때문이라고 하였다.

유동성 복합 레진은 1996년 처음 개발되어 본 실험에서와 같은 예방적 레진 수복 및 소와 열구 전색재로 사용되고 있을 뿐 아니라 응력이 크지 않은 I급, III급, V급 와동의 충전재, II급 와동의 치은측 변연 이장재, 임시 수복물, 각종 수복물의 변연부 수리 등에 다양하게 이용될 수 있다^{21,23,24)}. 유동성 복합 레진의 물성에 대해 몇몇 연구들이 행해졌는데, Bayne 등²¹⁾은 시판 중인 유동성 복합 레진과 전통적 구치부용 복합 레진의 물성을 비교하여 60~90%정도로 전통적 복합 레진 보다는 낮으나 비교적 근접하는 물성을 가진다고 하였고, 전통적 복합 레진 보다 낮은 탄성 계수와 높은 굴곡 강도를 가지므로 전통적 복합 레진 보다 높은 파절 인성을 나타낼 것이라고 하였다. 또한, 부형재의 크기가 작은 편에 속하므로(mini or microfillers) 마모 저항성은 우수하나 부형재의 함량이 낮아 전통적 복합 레진에 비해 중합시 수축량이 많을 것이라고 하였다. Leinfelder⁴⁹⁾도 유동성 복합 레진이 전통적 복합 레진에 비해 중합 수축이 약간 클 것이라고 하였다. 유동성 복합 레진의 굴곡률(flexural modulus)에 대해 Lamerand 등⁵⁰⁾은 유동성 복합 레진이 전통적 복합 레진에 비해 낮다고 하였고, Wilkerson 등⁵¹⁾은 전통적 복합 레진에 비해 유동성 복합 레진이 유의하게 낮은 파절 인성을 나타냄을 보고하였으며, Yau 등⁵²⁾은 유동성 복합 레진의 마모 저항성이 전통적 복합 레진 보다는 크고, 아말감과 비슷한 값을 나타냄을 보고하는 등 아직까지 유동성 복합 레진의 물성에 대한 연구가 다양하지 않았으며 상반된 결과가 많았다. 유동성 복합 레진은 사용이 간편하고 빠르며, 우수한 접근성으로 직접 와동에 주입함으로써 수기구의 조작을 최소화하는 등의 장점을 가지나 마모 저항성, 중합 수축의 효과, 재료의 팽창 수축률, 응력이 높은 곳에 사용했을 경우 등에 대한 장기간에 걸친 임상적 연구 자료들이 부족하며²³⁾, 재료의 높은 흐름성은 와동내 주입하기는 쉬우나 끈적임으로 인해 오히려 조작이 어려운 면도 함께 가지고 있어²¹⁾ 아직은 재료에 대한 많은 연구 및 보완이 필요한 실정이다.

예방적 레진 수복물의 미세 누출은 주로 상부의 전색재와 범랑질 계면부에 국한되어 발생되며, 유동성 복합 레진의 미세 누출은 전통적 복합 레진과 같거나 낮은 정도의 미세 누출을 보인

다고 전술한 바와 같이, 본 실험의 결과에서도 예방적 레진 수복물의 미세 누출은 모두 수복물의 상방에서만 나타났으며, 유동성 복합 레진을 사용한 군이 전통적 복합 레진을 사용해 수복한 군에 비해 유의하게 낮게 나타남으로써, 다른 유사한 연구 결과들과 일치함을 알 수 있었다. 와동의 내부로 미세 누출이 발생하지 않은 것은 와동의 변연이 상아질에 비해 월등히 높은 결합강도를 갖는 범랑질에 위치하며⁵³⁾, 예방적 레진 수복물의 와동 자체의 크기가 크지 않아 재료의 수축과 팽창이 큰 영향을 미치지 않았기 때문⁴⁸⁾인 것으로 사료된다. 또, 유동성 복합 레진이 전통적 복합 레진에 비해 낮은 정도의 미세 누출을 나타낸 것은 유동성 복합 레진 사용군에서는 와동 주위와 열구에도 접착제를 적용하였고, 전통적 복합 레진과 전색재를 사용해 수복한 군에 비해 상대적으로 와동 상부와 열구에 도포된 레진의 면적이 컸기 때문일 것으로 사료된다.

본 실험에서는 예방적 레진 수복물내에서 다양한 정도의 기포가 발생된 특징적인 결과를 나타내었다. 수복물 내에 존재하는 기포에 대해 많은 연구들이 있어왔는데, Alster 등⁵⁴⁾, Feilzer 등⁵⁵⁾은 복합 레진의 혼합에 의해 발생된 수복물 내의 기포는 복합 레진의 중합 수축에 의한 응력을 감소시키는데 도움이 된다고 하였으나, 수복물의 변연부에 존재하는 기포들은 미세 누출과 변색을 야기하며⁵⁶⁾, 기포 주위의 초기 응력 집중은 수복물의 피로에 대한 저항을 감소시키고 마모를 증가시키고^{57,58)}, 부적절하게 충전된 복합 레진의 각 층간의 기포는 재료의 굴곡 강도에 나쁜 영향을 미칠 수 있고⁵⁹⁾, 방사선 사진 상에서 기포는 방사선 투과성으로 나타남으로써^{60,61)} 이차 우식으로 잘못 판독될 수 있는 등 수복물의 장기적 예후에 많은 문제점들을 야기하는 것으로 보고 되어 왔다. McCabe와 Ogden⁵⁷⁾은 기포가 재료의 마모에 유의한 영향을 미치지 않으나 기포가 증가 되면 기공(pore)이 응력의 집중원으로 작용하여, 수복물의 압축 강도, 압축 피로 한계 등이 감소된다고 하였으며, Fischel 등⁶²⁾, Ogden과 McCabe⁶³⁾도 복합 레진 수복물에 유입된 기포와 공기는 임상적으로 마모 저항을 감소시킬 수 있는 피로 강도의 상당한 감소를 야기한다고 보고하였다.

복합 레진 수복물 내의 기포는 여러 가지 요인에 의해 발생할 수 있는데, 복합 레진 자체 내의 기포(제조 과정상의 기포), 복합 레진의 점도, 재료의 조작, 충전 방법 등이 그 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있다. Leinfelder⁶⁴⁾는 중합된 복합 레진 내의 지름 100~500m의 기포는 복합 레진을 혼합하는 과정 중에 혼입될 수 있고, 지름 20~50m의 기포는 복합 레진의 제조 과정 중 부형재 입자의 혼합 과정에서 유입될 수 있다고 하였다. 복합 레진의 점도와 조작성이 미치는 영향에 대해 Jordan과 Suzuki⁶⁵⁾는 높은 점도의 복합 레진이 성형과 응축하기 용이하고 기포 발생이 덜하며, 끈적이며(sticky) 흐름성이 높은 복합 레진은 나쁜 조작성과 높은 기포 발생 가능성을 갖는다고 한 반면, Chohyeb와 Rupp⁶⁶⁾, Opdam 등⁶⁶⁾은 높은 점도의 복합 레진이 낮은 점도의 복합 레진보다 더 많은 기포 발생과 불충분한 와동 적합도를 보인다고 하였다. 재료의 끈적이는 정도

(Stickiness) 역시 기포 발생에 영향을 미치게 되는데, Ironside와 Makinson⁶⁷⁾은 부형재의 함량이 높지 않아 끈적임이 높은 레진은 특히 기구 조작으로 인한 기포 발생에 민감하다고 보고하였고, Kreulen 등⁶⁰⁾도 끈적이는 재료를 적용, 충전할 때 기포가 더 잘 생긴다고 하였다.

복합 레진의 충전 방법에 있어서는 수기구를 이용한 충전법보다 주입기를 이용한 일괄 충전법이 기포를 덜 발생시키는 것으로 보고되었으며⁶⁸⁻⁷⁰⁾, 와동 내에서 과도한 복합 레진의 조작은 기포의 발생을 증가시킨다고 하였다^{67,71,72)}. 따라서 수복물의 내구성 증진을 위해 복합 레진 수복물 내로 기포가 유입되는 것을 최소화하기 위해서는 끈적임이 적은 복합 레진을 주입기를 사용해 일괄 충전한 후 수기구를 이용해 조작하지 않는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다. 주입기의 주입구 크기에 대해 Jorgensen과 Hisamiuzu⁶⁸⁾, Hansen⁷³⁾은 기포의 발생을 줄이기 위해 넓은 주입구를 가진 주입기가 바람직하다고 하였으나, Opdam 등⁶⁹⁾은 와동의 기저부까지 도달 가능한 주입기를 사용해 충전하는 것이 적절하다고 하였다.

본 실험에서도 각 군 별로 다양한 정도의 수복물 내 기포가 관찰되었는데 특히 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복군에서 일반적 예방적 레진 수복군에 비해 크기가 큰 기포의 발생 양상이 두드러진 것은 유동성 복합 레진의 끈적이는 성질이 크고 이로 인해 조작하기가 어려워지고 탐침을 이용해 레진을 도포하는 과정에서 기포가 유입되었기 때문으로 여겨진다. 또, 일반적인 예방적 레진 수복시의 와동이 교합면 열구 범위에 국한된 좁은 와동이며 본 실험에서 와동의 크기 역시 폭 0.7mm였으나 주입구의 크기가 0.9mm인 유동성 복합 레진 주입기는 재료의 충전 및 적합이 잘 되기 위해 와동의 기저부로부터 상부로 올라오면서 일괄 주입 충전하기 어려운 조건이었던 점도 유동성 복합 레진 사용군의 큰 기포 발생의 원인으로 사료된다. 이러한 결과는 기포의 크기가 크고 변연부에 존재하는 기포가 많을수록 수복물의 장기적 예후 및 내구성 등에 문제점을 야기할 수 있음을 고려할 때 유동성 복합 레진의 끈적이는 성질에 대한 개선, 예방적 레진 수복을 위한 좁은 와동에도 접근이 가능한 좀 더 좁은 주입구를 갖는 주입기의 개발 등의 필요성을 시사한다 하겠다.

본 실험의 결과를 종합하여 볼 때, 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복술은 술식의 간편함, 시술 시간의 단축 및 변연부 봉쇄, 미세 누출 등의 측면에서는 기존의 복합 레진과 전색재를 사용한 예방적 레진 수복술을 대체할 만 하다고 여겨지나, 특히 교합면 열구 부위에 국한된 좁은 와동을 형성하는 예방적 레진 수복술에 유동성 복합 레진을 충전하는 것은 기포의 발생으로 인한 수복물의 약화를 방지하기 위해 술식 과정중 세심한 주의를 요하고, 유동성 복합 레진의 끈적임 감소, 와동 기저부에 도달 가능한 좁은 주입구를 가진 주입기의 개발 등이 요구된다. 또한, 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복술의 임상 적용 활성화를 위해 술식 적용 후 교합력 적용시의 미세 누출 양상 변화, 임상적 마모 후의 술식 성공률 평가 등 보

다 많은 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구의 기본 목적은 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복물의 미세 누출 양상이 기존의 예방적 레진 수복물에 비해 상대적으로 양호할 것이라는 가설을 검증하기 위한 것이었다. 이를 위해 유동성 복합 레진과 기존의 복합 레진 및 전색재를 사용하여 예방적 레진 수복을 행한 후 수복물의 변연에 나타나는 미세 누출 정도를 색소 침투 평가 방법으로 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미세 누출은 수복재의 상부와 법랑질의 계면부에 국한되어 관찰되었고(평가점 0~2), 와동 내부까지 침투된 경우(평가점 3)는 없었다.
2. 유동성 복합 레진 수복군(I, II)이 기존의 예방적 레진 수복군(III)에 비해 낮은 미세 누출 정도를 나타냈다($p < 0.05$).
3. 대부분의 충전물 내에서 다양한 정도의 기포가 발견되었으며, 유동성 복합 레진을 사용한 I, II군 표본에서 III군에 비해 크기가 큰 기포가 더 높은 빈도로 관찰되었다.

이상의 결과를 토대로 할 때, 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복 술식이 미세 누출 면에서 기존의 예방적 레진 수복술에 대해 상대적으로 우수함이 입증되었으나, 대부분의 시편 내에서 발견된 기포의 존재는 예방적 레진 수복 와동에 보다 효율적으로 접근할 수 있는 주입기의 필요성 및 유동성 복합 레진의 흐름성과 조작성에 대한 개선이 필요함을 시사하며 임상 적용에 앞서 유동성 복합 레진을 사용한 예방적 레진 수복물의 미세 누출 양상에 대한 보다 장기적이고 다양한 임상적 연구의 선행이 요구된다.

참 고 문 헌

1. Simonsen RJ, Stellard RE : Sealant-restorations utilizing a diluted filled resin : one year results. Quint Int 8 : 77-84, 1977.
2. Hicks MJ : Preventive resin restorations : etching patterns, resin tag morphology and the enamel-resin interface. ASDC J Dent Child 51 : 116-123, 1984.
3. Simonsen. RJ : Preventive resin restorations: three year results. J Am Dent Assoc 100 : 535-539, 1980.
4. Svein OB, Buonocore S, Azhdari OB : Evaluation of a new restorative-preventive technique for localized occlusal caries. J Dent Res 57 : 83, 1978. (Abstract No 33).
5. Kidd EAM : Microleakage in relation to amalgam and composite restorations : a laboratory study. Br

- Dent J 141 : 305-310, 1976.
6. McConnachie I : The preventive resin restoration : a conservative alternative. J Can Dent Assoc 58(3) : 197-200, 1992.
 7. Granath L, Schroder U, Sundin B : Clinical evaluation of preventive and class-I composite resin restorations. Acta Odontol Scand 50 : 359-364, 1992.
 8. Stadler P : A 3-year clinical study of a hybrid composite resin as fissure sealant and as restorative material for Class I restorations. Quint Int 23(11) : 759-762, 1992.
 9. Welbury RR, Walls AWG, Murray JJ et al. : The management of occlusal caries in permanent molars. A 5-year clinical trial comparing a minimal composite with an amalgam restoration. Br Dent J 169 : 361-366, 1990.
 10. Houpt M, Fuks A, Eidelman E : The preventive resin(composite resin/sealant) restoration : Nine-year results. Quintessence Int 25 : 155-159, 1994.
 11. Mertz-Fairhurst EJ, Adair SM, Sams DR et al. : Cariostatic and ultraconservative sealed restorations : nine-year results among children and adults. J Dent Child 62 : 97-107, 1995.
 12. Feigal RJ : Sealant and preventive restorations : review of effectiveness and clinical changes for improvement. Pediatr Dent 20(2) : 85-92, 1998.
 13. Kidd EAM : Microleakage : a review. J Dent 4 : 199-206, 1976.
 14. Mangum FI Jr., Berry BA, DeSchepper E et al. : Microleakage of incremental versus compression matrix bulk filling of cervical resin composite restorations. Gen Dent 42 : 304-308, 1995.
 15. Munksgaard EC, Hansen EK, Asmussen E : Effect of five adhesives on adaptation of resin in dentin cavities. Scand J Dent Res 92 : 544-548, 1984.
 16. Browne RM, Tobias RS : Microbial microleakage and pulpal inflammation : a review. Endodont Dent Traumatol 2 : 177-183, 1986.
 17. Garberoglio R, Coli P, Brannstrom M : Contraction gaps in class II restorations with light cured resin composites. Am J Dent 8 : 302-307, 1995.
 18. Garcia-Godoy F : Microleakage of type C preventive resin restorations. Compend Cont Educ Dent 8 : 764-769, 1987.
 19. Penning C, Amerongen JP : Microleakage of extended and nonextended class I composite resin and sealant restorations. J Prosthet Dent 64 : 131-134, 1990.
 20. Saunders WPI, Strang R, Ahmad I : In vitro assessment of the microleakage around preventive resin(laminate) restorations. ASDC J Dent for Child 57 : 433-436, 1990.
 21. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ et al. : A characterization of first-generation flowable composite. J Am Dent Assoc 129 : 567-577, 1998.
 22. Payne JHIV : Marginal seal of class II restorations. J Clin Pediatr Dent 23(2) : 123-130, 1999.
 23. Clinical Research Associates : Flowable resins : status report no.1. CRA Newsletter 21(special issue 2) : 1-2, 1997.
 24. Leinfelder KS : A conservative approach to placing posterior composite resin restorations. J Am Dent Assoc 127 : 743-748, 1996.
 25. Mazer RB, Russell RR : The use of flowable composite resin in Class V restorations. J Dent Res 77 : 131, 1998. (Abstract No. 202).
 26. Ferdianakis K. : Microleakage reduction from newer esthetic restorative materials in permanent molars. J Clin Pediatr Dent 22(3) : 221-229, 1998.
 27. Ferdianakis K, White GE : Newer class I cavity preparation for permanent teeth using air abrasion and composite restoration. J Clin Ped Dent 23(3) : 201-216, 1999.
 28. Abdalla AI, Davidson CL : Effect of mechanical load cycling on the marginal integrity of adhesives Class I resin composite restorations. J Dent 24 : 87-90, 1996.
 29. Prati C, Tao L, Simpson M et al. : Permeability and microleakage of class II resin composite restorations. J Dent 22 : 49-56, 1994.
 30. Oldenberg TR, Vann WF, Dilley DC : Composite restorations for primary molars: two-year results. Pediatr Dent 2 : 96-113, 1985.
 31. Soderholm K : Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite resins. J Dent Res 63 : 1321-1326, 1984.
 32. Puckett AD, Smith RS : Method to measure the polymerization shrinkage of light-cured composites. J Prosthet Dent 68 : 56-65, 1992.
 33. Bowen BL : Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins. J Dent Res 61 : 654, 1982.
 34. Forsten L : Marginal leakage and consistency of the

- composite resin material in etched cavities. *Acta Odontol Scand* 36 : 11-13, 1978.
35. Asmussen E : Penetration of restorative resins into acid etched enamel. *Acta Odontol Scand* 35 : 175-191, 1977.
 36. Ortiz RF, Phillips RW, Swartz ML et al. : Effect of composite bonding agent on microleakage and bond strength. *J Dent Res special issue*, 1976. (Abstract No.307).
 37. Raadal M : Microleakage around preventive composite fillings in occlusal fissures. *Scand J Dent Res* 86 : 495-499, 1978.
 38. Raadal M : Microleakage around preventive composite fillings in loaded teeth. *Scand J Dent Res* 87 : 390-394, 1979.
 39. Buonocore MG : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34 : 859, 1955.
 40. Hinding J : Extended cariostasis following loss of pit and fissure sealant from human teeth. *J Dent Child* 41 : 201, 1974.
 41. Hicks MJ, Silverstone LM : The effect of sealant application and sealant loss on caries-like lesion formation in vitro. *Pediatr Dent* 4(2) : 111-114, 1982.
 42. Boj JR, Xalabrade A, Garcia-Godoy F : Microleakage of fissure sealants after enameloplasty. *Pediatr Dent* 17 : 143, 1995(Abstract).
 43. Hatibovic-Kofman S, Wright GZ, Braverman I : Microleakage of sealants after conventional, bur, and air-abrasion preparation of pits and fissures. *Pediatr Dent* 20(3) : 173-176, 1998.
 44. Xalabarde A, Garcia-Godoy F, Boj JR et al. : Microleakage of fissure sealants after occlusal enameloplasty and thermocycling. *J Clin Pediatr Dent* 22(3) : 231-235, 1998.
 45. Zyskind D, Zyskind K, Hirschfeld Z et al. : Effect of etching on leakage of sealants placed after air abrasion. *Pediatr Dent* 20(1) : 25-27, 1998.
 46. Crim GA, Phillips RW, Swartz ML : Comparison of four thermocycling techniques. *J Prosthet Dent* 53 : 50-53, 1985.
 47. Rossomando KJ, Stanley L, Wendt Jr : Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dent Mater* 11 : 47-51, 1995.
 48. Fu B, Hanning M : Effect of air abrasion and acid etching on the microleakage of preventive resin restorations : an in vitro study. *J Esthet Dent* 11(3) : 143-148, 1999.
 49. Leinfelder K : New developments in composite resins. *Dent Today April* : 44-46, 1997.
 50. Lamerand SD, Suh BI, Sandrik JL : Flexural modulus of commercial composite restorative materials. *J Dent Res* 76 : 422, 1997. (Abstract No 3272).
 51. Wilkerson MD, Thompson JY, Bayne SC et al. : Biaxial flexure strength and fracture toughness of flowable composites. *J Dent Res* 77 : 203, 1998. (Abstract No 779).
 52. Yau L, Perry R, Kugel G : Three body wear of light-cured flowable composites. *J Dent Res* 76 : 423, 1997. (IADR Abstract No.3276).
 53. Katoth Y, Shinkai K : Adaptation of composite fillings to cavity walls in three different cavities. *Asia J Aesthet Dent* 1 : 3-11, 1993.
 54. Alster D, Feilzer AJ, De Gee AJ et al. : The dependence of shrinkage stress reduction on porosity concentration in thin resin layers. *J Dent Res* 71(9) : 1619-1622, 1992.
 55. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL : Setting stresses in composites for two different curing modes. *Dent Mater* 9 : 2-5, 1993.
 56. Opdam NJM, Roeters JJM, Peters TCR et al. : Cavity wall adaptation and voids in adhesive class I resin composite restorations. *Dent Mater* 12 : 230-235, 1996.
 57. McCabe JF, Ogden AR : The relationship between porosity, compressive fatigue limit and wear in composite resin restorative materials. *Dent Mater* 3 : 9-12, 1987.
 58. O'Brien WJI, Yee J : Microstructure of posterior restorations of resin composite after clinical wear. *Oper Dent* 5 : 90-94, 1980.
 59. Huysmans MCDNJM, vd Varst PGT, Lautenschlager EP et al. : The influence of simulated clinical handling of the flexural and compressive strength of posterior composite restorative materials. *Dent Mater* 12 : 116-120, 1996.
 60. Kreulen CM, van Amerongen WE, Akerboom HBM et al. : Radiographic assessments of Class II resin composite restorations in a clinical study : Baseline results. *J Dent Child* 59 : 97-107, 1992.
 61. Nordbo H, Leirskar, J, von der Fehr FR : Saucer-shaped cavity preparation for resin composite restorative materials. *Dent Mater* 3 : 9-12, 1993.
 62. Fischel HF, Cruickshanks-Boyd DW, Davis EH :

- Setting characteristics and porosity of a composite resin. *Quintessence Int* 12 : 1345-1351, 1982.
63. Ogden AR, McCabe JF : Relationship between porosity, compressive fatigue limit and wear in composites. *J Dent Res* 65 : 848, 1986.(Abstract No.1106).
64. Leinfelder KF : Composite resins. *Dent Clin North Amer* 29 : 359-372, 1985.
65. Jordan RE, Suzuki M : The ideal composite material. *J Can Dent Assoc* 58(6) : 484-487, 1992.
66. Chohyeb AA, Rupp NW : Comparison of microleakage of experimental and selected commercially available bonding systems. *Dent Mater* 5 : 241-243, 1989.
67. Ironside JG, Makinson OF : Resin restorations : Causes of porosities. *Quintessence Int* 24 : 867-873, 1993.
68. Jorgensen KD, Hisamitsu H : Porosity in microfill restorative composites cured by visible light. *Scand J Dent Res* 91 : 396-405, 1983.
69. Medlock JW, Zinck JH, Norling BK et al. : Resin composite porosity with hand and syringe insertion. *J Prosthet Dent* 54 : 47-51, 1985.
70. Mentink AGB, Meeuwissen R, Hoppenbrouwers PPM et al. : Porosity in resin composite core restorations: The effect of manipulative techniques. *Quint Int* 26(11) : 811-815, 1995.
71. Chadwick RG, McCabe JF, Walls WG et al. : The effect of placement technique upon the compressive strength and porosity of a composite resin. *J Dent* 17 : 230-233, 1989.
73. Hansen EK : Marginal porosity of light activated composites in relation to use of intermediate low-viscous resins. *Scand J Dent Res* 92 : 148-155, 1984.

Abstract

A COMPARATIVE STUDY ON THE MICROLEAKAGE OF PREVENTIVE RESIN RESTORATION USING FLOWABLE COMPOSITE RESIN

Heon-Jeong Park, D.D.S., Jong-Soo Kim, D.D.S., Ph.D., Yong-Kee Kim, D.D.S., Ph.D.

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to compare the microleakage pattern of preventive resin restoration using conventional composite resin and flowable composite resin that recently developed. 60 sound premolar teeth were allocated to three groups. Flowable composite resin was used for the experimental groups (Group I and II) and conventional resin for the control group (Group III). After composite filling and sealant application, all teeth were thermocycled and evaluated for microleakage under light microscope. Additionally, a variety of voids formed inside restorations were also evaluated. Data were analyzed statistically using Kruskal-Wallis test and/or Mann-Whitney U-test. The results of the present study were as follows.

1. Microleakage found in all samples was only limited to the interface of restoration margin and enamel.
2. The flowable composite resin groups (Group I, II) generally showed less microleakage than control groups (conventional preventive resin restoration) ($p < 0.05$)
3. Various types of voids were observed in most specimens. Especially, there was a tendency for more and larger voids to be found in group I, II than group III ($p < 0.05$).

Key Words : Composite resin, Flowable composite resin, Microleakage, Preventive resin restoration, Sealant, Voids