

제 2 급 와동에 충전된 Compomer의 미세누출에 관한 연구

임재훈 · 조용범

단국대학교 치과대학 보존학교실

ABSTRACT

MICROLEAKAGE OF COMPOMER IN CLASS II CAVITY

Jae-Hun Im, Yong-Bum Cho

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

To evaluate the microleakage of compomer, 4 materials were divided into 4 groups of 15 cavities each. (Group 1: Z-100, Group 2: Dyract AP, Group 3: Fuji II LC, Group 4: Compoglass)

After the class II cavities were prepared using carbide bur No. 553, all specimen were restored by incremental filling technique. In group 3, Z-100 was filled with a base of a light curing glass-ionomer. After 7 days, all specimens were thermocycled between 5°C and 55°C for 500 cycles, followed by placement in 50% silver nitrate dye for 2 hours at 37°C. After rinsed in distilled water, these teeth were immersed in photodeveloping solution and exposed to fluorescent light for 6 hours. Teeth were then washed in distilled water to remove the photodeveloping solution, sectioned mesio-distally and evaluated.

The results were as follows :

1. In the cervical portion, there was significant difference between Fuji II LC and other groups(Z-100, Dyract AP, Compoglass). Fuji II LC had the least value. ($p < 0.05$)
2. In the cervical portion, there was not significant difference among Dyract AP, Z-100 and Compoglass.
3. In the occlusal portion, there was not significant difference among Dyract AP, Z-100 and Compoglass.

From the results above, In enamel, microleakage of compomer such as Dyract AP and Compoglass resemble to that of composite resin. It is thought that it is due to characteristics of composite resin portion of compomer. But in dentin, microleakage of compomer is higher than that of resin modified glass ionomer cement, it is thought that in compomer, acid-base reaction is not developed with dentin.

Key Words : microleakage, compomer, glass ionomer cement

I. 서론

레진과 글래스 아이오노머 등의 심미 접착성 재료는 현재 수복치과 시술 중 많은 비중을 차지하고 있다. 이러한 심미 접착성재료는 최근 들어와서 그 사용범위가 넓어지면서 새로운 기능들이 요구되었고, 이러한 이유 때문에 여러 가지 재료가 개발되었다.

1970년대 초에 소개된 후 3급 또는 5급 와동과 유치의 1,

2급 와동에서 주로 사용되고 있는 글래스 아이오노머는 범랑질과 상아질에 우수한 접착¹⁾, 불소유리, 생체친화성, 낮은 온도의 발열 반응²⁾, 낮은 중합수축율, 높은 습도에서의 체적 안정성, 상아질과 비슷한 열팽창계수 그리고 반응 후에도 자유 단량체가 잔존하지 않는³⁾ 등의 특징을 가지고 있다. 그러나 낮은 전단 강도와 마모도²⁾, 낮은 색채 안정성(시간이 지날수록 불투명도 증가), 술식의 어려움, 수분에 대한 민감성 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해

글래스 아이오노머에 레진 성분을 첨가한 레진 강화형 글래스 아이오노머가 개발되었다. 레진의 빛에 의한 중합과 글래스 아이오노머의 산-염기 반응의 결합은 글래스 아이오노머의 단점인 초기 수분에 대한 민감성을 개선시켰고, 압축, 인장, 결합강도 등을 향상시켰으며, 마모나 파절에 대한 저항성을 증진시켰다⁴⁾.

글래스 아이오노머에 비해 복합 레진은 내마모성, 색채 안정성 등의 물리적 특성과 높은 압축, 인장, 결합 강도 등의 기계적 특성 그리고 심미적 장점을 가지고 있다. 그러나 가장 큰 단점으로, 복합 레진의 중합수축에 의한 변연부 틈새 형성은 변연누출을 유발하고 술후 과민 반응을 일으킬 수 있으며, 이차 우식증과 치주 자극의 원인이 되기도 한다. 또한, 수복물의 변연에 변색을 야기하고, 변연부 및 치아의 파괴를 일으키기도 하며, 2급 와동인 경우 구강 내에서 긴밀한 접촉점을 얻지 못하면 치주 질환을 유발시킬 수 있다고 보고되었다. 특히 변연부에 형성된 틈새는 2급 와동 수복물의 치은측 변연부에서 자주 관찰되며, 레진을 구치부 수복에 사용할 경우, 그 성패에 큰 영향을 미치는 요인이 되고 있다. 최근에 와서는 레진의 이러한 단점을 해결하기 위해 레진과 이장용 레진 강화형 글래스 아이오노머를 동시에 사용하는 샌드위치법을 사용함으로써 중합 수축에 의한 변연부 틈새를 감소시키거나 광진달 썸기를 이용해서 광중합 레진의 수축방향을 치경부 변연쪽으로 향하도록 유도함으로써 변연 적합성을 증진시키려는 노력이 시행되어져 왔다^{4,5)}.

또한 복합 레진 성분에 글래스 아이오노머 성분을 혼합한 compomer가 등장하였고, 제조사에 의하면 이는 레진 강화형 글래스 아이오노머보다 기계적, 물리적 성질과 색채 안정성, 치질과 결합력 등이 증가된 것으로 보고되고 있다. 더욱이 지금까지는 사용을 기피해 왔던 응력을 받는 교합면에 사용할 수 있을 정도의 내마모성과 압축, 인장 강도를 가진 것으로 알려져 있다. Compomer는 polymeric matrix안에 ion-leachable glass(calcium aluminium fluorosilicate glass)가 묻혀있는 구조로 되어있다. 이는 적어도 두 가지 면에서 글래스 아이오노머와 다른 점을 가지고 있는데, 첫째는 glass 입자에 레진 기질과의 직접적인 결합을 위해 부분적으로 시레인 처리가 되어 있다는 것이고 둘째는 기질내 단량체들이 광활성 중합작용에 의해 형성된다는 것이다. 이러한 단량체는 변형된 methacrylate와 연속적인 carboxylic group과 이중 접착 기능을 포함하는 새로운

bifunctional monomers로 이루어져 있다. 특히 bifunctional monomer는 광중합과 물의 작용에 의해 glass 입자에서 부터 방출된 이온을 이용해서 산-염기 반응 중에 methacrylates가 연속적으로 반응하게 함으로써, 이론적으로 위 두 가지 반응에 의해 형성된 공유결합과 이온결합이 3차원적인 구조를 이루게 된다고 보고되고 있다⁶⁾. 따라서 물이 존재하는 경우, 이온 결합이 발생하여, McLean 등³⁾이 주장한 글래스 아이오노머의 특성을 나타낼 수 있으며, 치질과 직접적인 결합을 형성한다.

최근 compomer의 기계적인 성질에 대해 많은 연구가 진행되어 왔지만, 산-염기반응에 따른 치질과의 직접 결합에 의한 미세누출에 대한 연구는 미비한 상태이다.

본 실험은 두 종류의 compomer를 제 2 급 와동에 충전한 후, 치경부와 교합면에서 레진과 글래스 아이오노머와의 사이에 미세누출을 비교하여, compomer와 상아질과의 직접적인 결합이 발생하는 지를 조사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

상, 하악 대구치 50개를 사용하였으며, 충전재료는 Table 1과 같다.

2. 실험 방법

(1) 치아준비 및 와동 형성

최근 발거된 대구치중 건전한 협, 설면을 가진 성인치아 50개를 선택하여 표면에 부착된 유기물을 제거하고, 불소가 함유되지 않은 세마제로 세마하여 생리식염수에 보관하였다.

치아에 표준화된 와동을 형성하기 위해 1.5×1.5×2.5 mm의 polyvinyl 인상재 몰드에 넣고 백아법량경계부 하방 3 mm까지 교정용 아크릴릭 레진으로 채운 다음, 와동형성은 고속용 #553 carbide fissure bur를 이용하여 치아 한 개당 1-2개의 제 2 급 와동을 형성하였는데, 와동형성을 동일하게 하기 위해 Fig. 1과 같은 치아삭제용 장치를 제작하여 사용하였다. 치은측 변연은 백아법량경계부 1mm 하방에 형성하고, 협설측 너비는 ±3.0mm, 근원심 폭경은 ±

Table 1. 실험 재료

	재료	분류	색상	제조사
1군	Z-100	composit resin	A3	3M Co., USA
2군	Dyract AP	compomer	A3	Dentsply Co., Int. USA
3군	Fuji II LC	resin modified GI	A3	GC Co., Japan
4군	Compoglass	compomer	A3	Vivadent Co., Liechtenstein

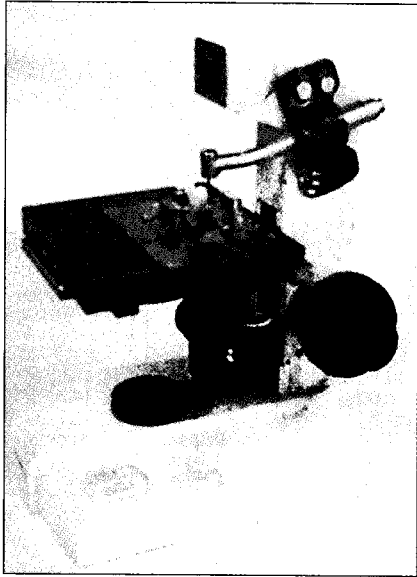


Fig. 1

2.0mm, 와연 우각은 90°가 되도록 형성하였다. 저속용 #553 carbide fissure bur를 사용하여 모든 와벽을 평활하게 한 다음 실험치아를 충전재료에 따라 4개의 군에 15개씩 무작위적으로 배정하였다.

(2) 와동 충전

각 와동의 충전은 Fig. 2에서와 같이 분층 충진을 원칙으로 하였으며, 각각의 광중합 시간은 40초로 하였다. 치간 치경부의 광중합시에는 광전달 썸지와 mylar strip을 사용하였는데, 각 치아를 Fig. 3과 같은 몰드에 넣고 1차로는 광전달 썸지를 이용 치경부를 광중합하고, 실측과 협측에서 추가적으로 광중합을 시행하였다.

또한 실제 임상상태의 치주인대와 비슷한 환경을 제공하기 위해 polyvinyl 인상재를 사용하여 1.5×1.5×2.5mm의 레진 block이 들어갈 수 있는 Fig. 3과 같은 몰드를 제작하여 광중합시 사용하였다.

1) 제 1 군 ; 복합레진(Z-100)으로 직접 충전한 군

와동내부를 깨끗이 세척한 다음 바람으로 건조시키고, 제조사의 지시에 따라 10% maleic acid가 주성분인 etchant로 15초간 식각시킨 뒤 세척, 건조시켰다. primer를 도포하고 10초간 건조시킨 후, bonding agent를 적용한 다음 20초간 광중합하고 Z-100을 충전하여 40초씩 광중합하였다.

2) 제 2 군 ; Compomer(Dyract AP)로 충전한 군

와동내부를 깨끗이 세척한 다음 바람으로 건조시키고, 제조사의 지시에 따라 Prime & bond 2.1을 적용시킨 뒤 30초간 공기중에서 건조시키고, oil-free air로 과도한 용매를

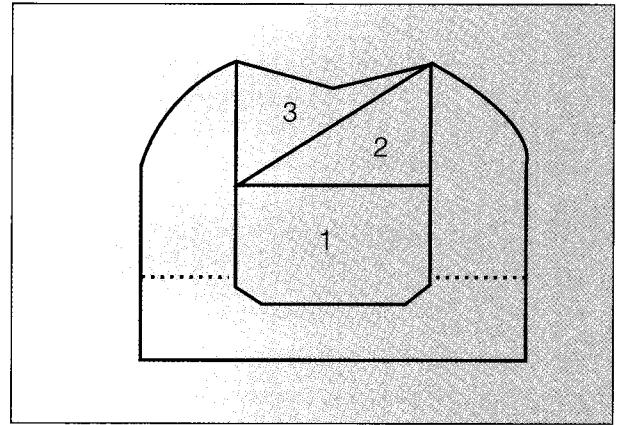


Fig. 2

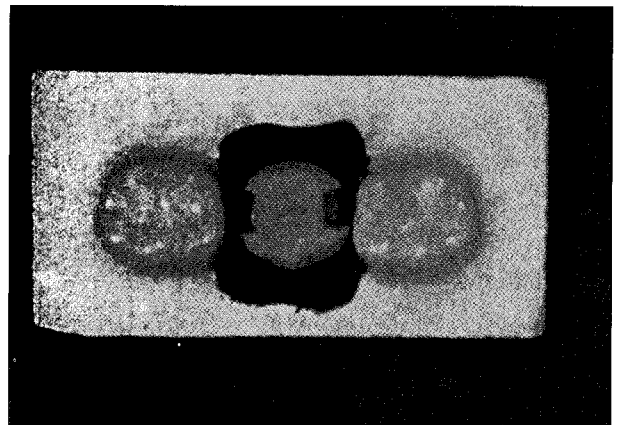


Fig. 3

표면에 얇게 퍼지게 한 다음, 10초간 광중합하였다. 두 번째 층을 적용한 후, 바로 위와 동일하게 바람으로 건조시키고 10초간 광중합한 다음, Dyract AP를 충전하고 40초간 광중합하였다.

3) 제 3 군 ; 레진 강화형 글래스 아이오노머(Fuji II LC)로 충전한 군

와동내부를 깨끗이 세척한 다음 바람으로 건조시키고, 제조사의 지시에 따라 10% polyacrylic acid가 주성분인 dentin conditioner(GC conditioner, GC)로 20초 동안 식각시킨 뒤 수세 건조하고, Fuji II LC를 1-2 mm의 두께로 와동의 변연까지 base로 적용한 다음, 40초간 광중합하였다. 그리고 복합레진을 추가로 광중합하였다.

4) 제 4 군 ; Compomer(Compoglass)로 충전한 군

와동내부를 깨끗이 세척한 다음 바람으로 건조시키고, 제조사의 지시에 따라 HEMA가 주성분인 Syntac single-component bonding agent(SCA)를 brush로 적용시켜 20초간 기다린 뒤 oil-free air로 얇은 피막이 되도록 한 다음 20초 동안 광중합하였다. 다시 한번 SCA를 적용시키고

oil-free air로 얇은 피막이 되도록 한 후 재차 광중합하였다. 그리고 Compoglass를 충전하고 40초간 광중합하였다.

(3) 마무리

중합이 완료된 모든 시편은 Soflex disk(3M Co., USA)를 사용하여, coarse, medium, fine, ultrafine type의 순서대로 연마한 후 37℃ 생리식염수에 7일간 보관하였다.

(4) Thermocycling

모든 시편은 보관 7일 후, thermocycling unit(東京機緣, Japan)에 넣고, 5℃와 55℃에서 각각 30초 동안 침적시키는 방법으로 총 500회의 thermocycling을 시행하였다.

(5) 색소 침투

충전물과 변연에서 1mm 떨어진 부위를 제외한 치면을 내산성의 nail varnish로 3회 도포하여 충분히 건조시킨 다음, 치아를 50% silver nitrate에 2시간동안 침적시켜 37℃로 고정된 어두운 항온기에서 보관하였다. 치아를 꺼내어 흐르는 물에 1분간 씻어내고, 6시간동안 형광빛 하에서 필름 현상액(Eastman Kodak)에 위치시킨 후, 재차 흐르는 물에 현상액을 씻어내고 37℃ 생리식염수에 보관하였다.

(6) 미세누출의 평가

색소침투가 완료된 표본을 꺼내어 흐르는 물에 세척하고 건조한 다음, 경조직 절삭기(Velmus, Japan)와 Diawheel (SBT tech Inc., USA)로 충전물의 중앙부위를 근,원심방향으로 절단하여 누출의 정도를 평가하였으며, 관찰자는 실험에 관계없는 사람으로 하였다.

누출의 평가 방법은 다음과 같다.

교합면측 변연(법랑질에 한함) :

0 = no microleakage

1 = 상아법랑경계부까지의 거리의 반보다 적게 침투

2 = 상아법랑경계부에 근접하게 침투(단, 넘어가지는 않은 상태)

3 = 상아법랑경계부를 넘어서 침투.

치경부측 변연(상아질에 한함) :

0 = no microleakage

1 = 치은벽 전체길이의 반보다 적게 들어간 경우

2 = 와동의 전체길이에 반 이상 들어갔으나 측벽에는 도달하지 않은 경우

3 = 치은벽과 측벽의 경계까지 도달한 경우

4 = 측벽을 넘어서 침투한 경우.

미세누출의 관찰은 치경부와 교합면으로 나누어 시행하였고, 상의 획득은 stereomicroscope(Olympus, Japan)와 이에 부착된 CCD camera(Toshiba., Japan)를 이용하였으며, Photoshop v4.01(Adobe sys. USA)에서 관찰하였다.

(7) 통계 분석

각 군에서 미세누출의 유의성을 검증하기 위해서 얻어진 자료는 통계처리 프로그램인 SPSS v7.5에서 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis를 시행하여 유의성을 검정하였고 군간 비교는 Mann-Whitney test를 사용하였다.

III. 실험 결과

1. 미세누출 정도

각 군당 15개의 와동을 형성하고, 충전재료에 따른 미세누출의 정도를 측정된 결과 Table 2, 3과 같은 결과를 얻었다. 나타난 결과는 Kruskal-Wallis test를 이용하여 유의성을 검증하였으며, Table 4, 5와 같은 결과를 얻었다. 제조 회사의 지시에 따라 충전한 결과 치경부측에서는 Fuji II LC를 이용한 군이 Z-100, Dyract AP, Compogalss에 비해 유의성 있게 낮은 미세누출을 보였고, 교합면에서는 전 군에서 유의한 차이없이 낮은 미세누출을 보였다.

Table 2. 치경부의 미세누출도

미세누출도 실험군	0	1	2	3	4	총 시편수
1군	0	2	2	5	6	15
2군	0	0	5	5	5	15
3군	2	9	1	0	3	15
4군	0	0	4	3	8	15

Table 3. 교합면의 미세누출도

미세누출도 실험군	0	1	2	3	4	총 시편수
1군	3	5	4	3	0	15
2군	5	8	2	0	0	15
3군	3	8	1	3	0	15
4군	3	8	2	2	0	15

1군: Z100 2군: Compomer(Dyract AP)
3군: Fuji II LC 4군: Compomer(Compoglass)

Table 4. 각 재료간 치경부 유의성 검정(Kruskal-Wallis test)

	1군	2군	3군	4군
1군				
2군				
3군	*	*		
4군			*	

* Significant difference at p(0.05)

1군 치경부 미세누출 사진



Fig. 4



Fig. 5

2군 치경부 미세누출 사진



Fig. 6

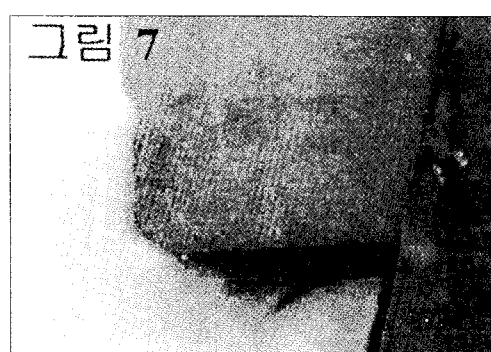


Fig. 7

3군 치경부 미세누출 사진

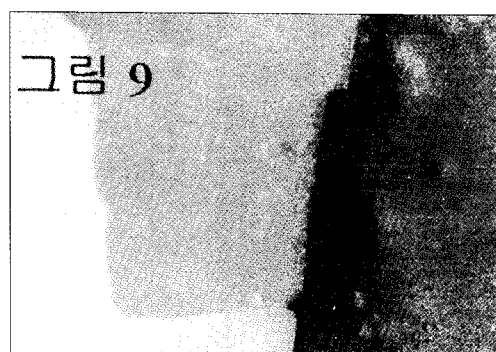


Fig. 8



Fig. 11

4군 치경부 미세누출 사진

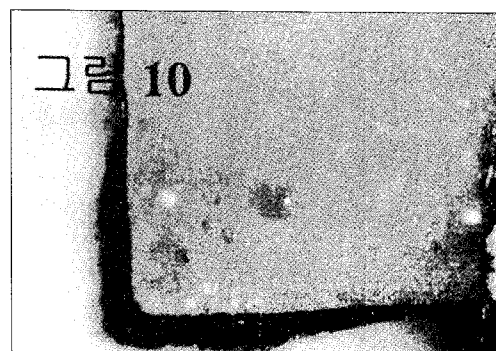


Fig. 10

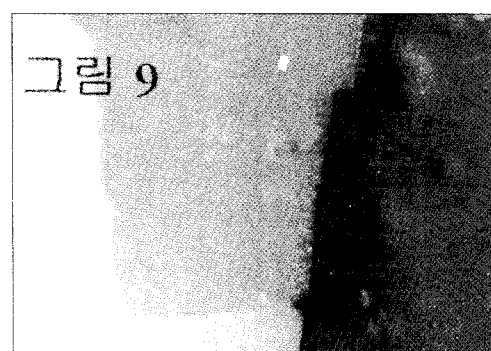


Fig. 9

1군 교합면 미세누출 사진

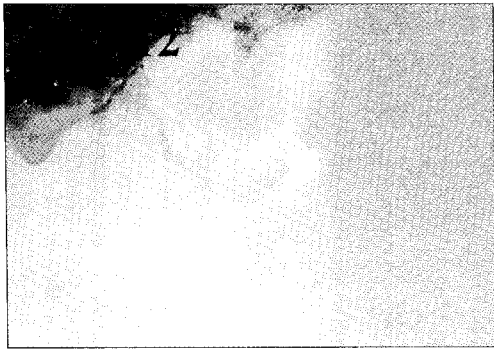


Fig. 12

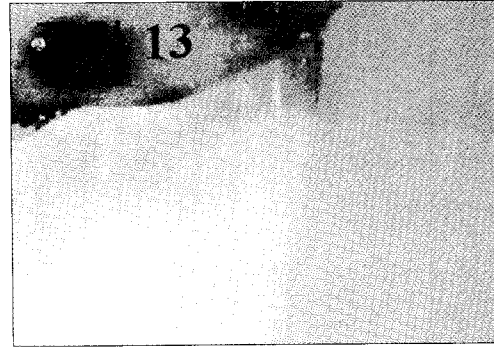


Fig. 13

2군 교합면 미세누출 사진

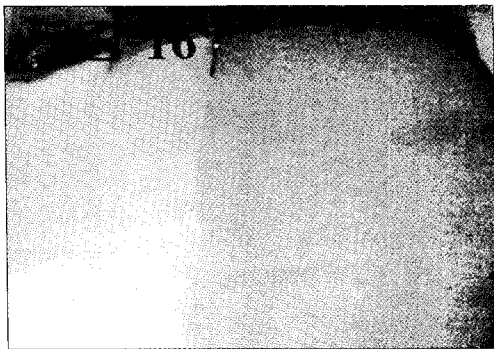


Fig. 16

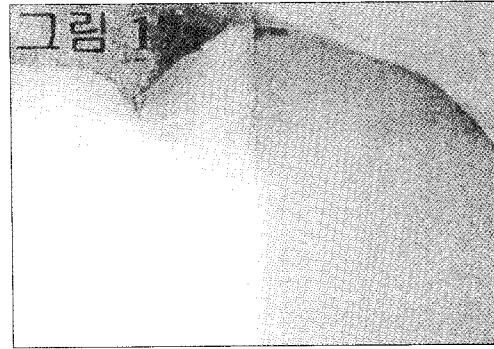


Fig. 17

4군 교합면 미세누출 사진



Fig. 14

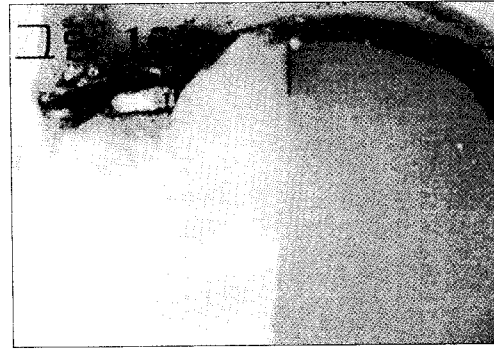


Fig. 15

IV. 총괄 및 고찰

접착성 심미 수복재료는 최근 여러 부분에서 많이 사용되고 있지만, 아직까지 많은 문제점을 가지고 있으며, 그 중 미세누출이 가장 큰 단점으로 여겨지고 있다. 접착성 수복물에서 미세누출의 발생은 2차우식과 술후 민감성의 증가, 그리고 치수괴사 등으로 이어지며, 이는 궁극적으로 수복물의 실패를 의미한다. 이러한 미세누출은 모세혈관 현상, 변연 파절 그리고 계면 압력의 변화 그리고 치질과 다른 온도에 따른 수축과 팽창에 의해서 발생된다.

1970년대 글래스 아이오노머가 Wilson과 Kent⁷⁾에 의해 처음 소개된 이래 접착성 심미성 수복재료는 많은 발전을 거듭해 왔다. 초기에 소개된 전통적인 글래스 아이오노머 시멘트는 $\text{SiO}_2\text{-AlO}_3\text{-CaF}_2\text{-AlPO}_4\text{-NaAlF}_6$ 등의 혼합물을 기초로 형성된 다공성의 fluoroaluminosilicate glass와 polyalkenoic acid가 주성분인 액상 성분으로 이루어져 있었고⁸⁾, 1971년 Wilson 등⁹⁾은 글래스 아이오노머 시멘트가 법랑질과 상아질에 CaPO_4 와 carboxyl ion의 교환을 통해 직접 접착될 수 있다는 것을 제시하였다. 일반적으로 산-염기 반응은 polyacid liquid가 glass의 표면을 공격함에 의해

그 표면에서 칼슘과 알루미늄이 방출되고, 궁극적으로는 network 안쪽으로 polyacid chain에 교차결합되는 상태를 말하는 것이다. 이러한 이온 방출은 tartaric acid를 통해 촉진되고, 점차적으로 polyacrylate chains를 가진 분자구조를 형성하게 된다. 초기 중합은 약한 이온 교차결합과 chain들의 얽힘에 의해 시작되고, 초기 24시간동안 계속적으로 중합이 이루어지게 되며, 결국, 마지막 구조는 siliceous hydrogel에 싸인 glass 입자와 이에 부착된 hydrated fluoridated calcium 과 aluminum polyacrylate으로 구성된 기질의 복잡한 복합물이 되는 것이다¹⁰⁾. 글래스 아이오노머 시멘트는 낮은 발열반응과 중합수축이 없고, 잔존하는 자유단량체가 없으며, 높은 습도에서의 체적 안정성, 치질에의 직접 접착, 지속적인 불소 유리, 치아 및 치은조직에 대한 높은 생물학적 친화성, 그리고 치질과 유사한 열팽창 계수를 장점으로 가지고 있으나, 초기의 수분에 대한 용해와 탈수에 대한 민감성, 초기 탈락, 낮은 색채 안정성, 낮은 물리적 성질 그리고 긴 중합시간 등을 단점으로 하고 있다^{3,11)}.

1983년 Wilson 등¹²⁾은 polyacrylate ion이 수산화인화석 표면의 인산염과 칼슘 이온을 대체하고, 대체된 이온은 치면과 인접한 재료 내에서 ion-enriched layer를 형성한다고 보고하였고, Mount¹³⁾는 이러한 ion-enrich layer가 글래스 아이오노머 시멘트의 일차적 결합 기전이라고 제시하였다.

또한 1995년 Puckett 등¹¹⁾은 글래스 아이오노머 시멘트의 치질에 대한 접착은 시멘트내의 polycarboxylic acid chain이 glass에서 방출된 수용성 칼슘과 알루미늄, 그리고 치질에서 보충되는 칼슘이온에 치환되면서 이루어진다고 제시하였으며, 이때 이온의 농도가 높은 glass 입자부분에서는 chain이 보다 강력한 결합을 이루게 되고, glass 입자부분에서 멀리 떨어져 이온농도가 낮은 부분에서는 상대적으로 낮은 결합이 발생한다는 것을 보고하였다.

그러나, Salama 등¹⁴⁾은 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트를 제 5 급 와동에 충전한 후 미세누출 실험을 한 결과, 주사전자현미경 사진에서 ion-exchange layer를 발견하지 못했다고 보고하였다.

산-염기 반응에 의한 결합으로 치질에 밀착할 수 있는 글래스 아이오노머 시멘트의 특성 때문에 이를 통해 미세누출을 감소시킬 수 있는가에 대한 많은 연구가 있었다. 1993년 Sidhu¹⁵⁾는 글래스 아이오노머 시멘트가 초기 느린 속도로 산-염기 반응에 의한 교차 결합을 하며, 이렇게 느린 속도의 중합이 수복물 내에서 응력완화 작용을 하여 미세누출을 감소시킨다고 보고하였으며, 1990년 Mathis 등¹⁾은 글래스 아이오노머 시멘트가 치질과 화학적 결합을 이룸에 의해 미세누출이 감소하였다고 보고하였다. 1985년 McLean 등¹⁶⁾과 1986년 Leinfelder¹⁷⁾ 역시 글래스 아이오노머 시멘트가 상아질에서 복합레진에 비해 미세누출을 감소시킨다고

보고하였다.

반면, 1987년 Crim 과 Shay¹⁸⁾는 글래스 아이오노머 시멘트의 느린 중합속도가 완전한 결합력을 얻기 전까지 외부의 자극을 받았을 경우 상대적으로 약한 결합이 붕괴되기 쉽다는 것을 보고하였으며, 결과적으로 글래스 아이오노머 시멘트가 변연 미세누출을 감소시키는데 비효과적이라고 결론지었고, 1992년 Chohayeb¹⁹⁾는 dentin bonding system과 글래스 아이오노머 시멘트의 미세누출을 비교한 결과, 서로 비슷한 변연 미세누출 양상을 보였다고 보고하였다. 이러한 글래스 아이오노머 시멘트의 초기 수분자극에 대한 민감성, 낮은 물리적 성질 그리고 긴 중합 시간 등의 단점을 개선하기 위해 레진 성분이 추가된 광중합 레진강화형 글래스 아이오노머가 개발되었다. 광중합 레진성분의 추가는 초기 수분접촉과 탈수에 대한 민감성을 둔화시켰으며, 보다 높은 기계적인 성질을 가지게 했다. 레진 강화형 글래스 아이오노머에서 산-염기 반응은 빛에 의해 중합이 개시되는 HEMA나 Bis-GMA같은 단량체에 의해 추가적인 보충을 받게 되는데, 상호 침투성 네트워크 구조가 metal ion-polyacid의 산-염기 교차결합 반응과 단량체의 cross-linking polymerization이 결합함에 의해 형성된다. 1996년 Dijken 등²⁰⁾은 레진 강화형 글래스 아이오노머에서 상아질과의 증진된 결합력은 polyacrylic acid부분에서 형성된 화학적 결합과 hydrophylic HEMA부분에서 형성된 hybrid layer에 의한 것이라고 하였다.

복합레진은 내마모성, 색채 안정성, 높은 압축, 인장강도 그리고 심미적 특성을 가지고 있으며, 물리적 강도 때문에 글래스 아이오노머 시멘트로 수복할 수 없는 부분이나 보다 심미성이 요구되는 부분에 주로 사용되고 있다. 상아질 접착제의 상당한 발전에도 불구하고 복합레진의 가장 큰 단점으로, 특히 수복물의 변연이 상아질이나 백악질에 위치했을 경우, 중합수축에 의한 contraction gap의 발생을 들 수 있으며, 이러한 gap은 변연 미세누출을 유발시키고, 술 후 과민반응을 일으킬 수 있으며, 이차 우식증과 치수자극의 원인이 되고, 결국은 수복물의 실패를 초래한다.

본 실험에서도 복합레진만으로 충전한 제 1 군의 치경부측 변연에서 높은 수준의 미세누출이 발생해 다른 여러 실험들의 사실을 뒷받침해 주고 있다.

1997년 Thomas 등²¹⁾과 Fridl 등²²⁾은 제 2 급 와동에 복합레진을 충전한 실험에서 치경부측 변연에서 높은 미세누출이 발생함을 보고하였다.

이러한 변연 미세누출을 방지하기 위해 여러 가지 방법이 제시되고 있는데, 첫 번째로 제시된 방법은 다단계 충전방법이다. 이는 한 회에 중합되는 복합레진의 양을 줄여서 중합 수축되는 정도를 줄이고 이로 인한 contraction gap의 크기를 줄이려는 방법으로, 1994년 Jeffery 등²³⁾은 복합레진을 분층 충전 함으로써 미세누출을 감소시킬 수 있다고

보고하였다.

두 번째로 제시된 방법은 복합레진이 광조사되는 방향으로 수축하는 원리를 이용한 것으로 분층 충전을 하되, 치경부측의 복합레진을 광조사 할 때, 광전달 썬기를 이용하는 방법이 제시되었다. 광전달 썬기를 이용하게 되면, 빛의 방향이 수복물의 치경부 하방에서부터 수복물 쪽으로 비춰지기 때문에 복합레진의 중합방향이 치경부 변연쪽으로 향하게 되어, 미세누출을 감소시킬 수 있다는 이론이다. 1986년 Felix 등^{5,24)}은 광전달 썬기를 이용함에 의해 제 2 급 와동에서 치경부측 복합레진의 중합방향을 와동변연으로 향하게 하여 미세누출을 감소시킬 수 있다고 주장하였으며, 복합레진의 중합 수축을 최대한 줄이기 위해서는 치질과의 비접착면이 많아야 함도 제시하였다. 그러나, 본 실험에서는 모든 군에서 광전달 썬기를 이용해서 광중합시켰으나, 실험 결과에서는 큰 영향을 주지 않은 것으로 보였다. 그 이유로 첫째는 아무리 광전달 썬기를 사용하여도 어느 정도의 범람질이 있어야 되는 것이 아닌가 생각되고, 둘째는 광조사 중 광전달 썬기가 치면에 딱 끼이지 않아서 이러한 결과가 나타나지 않았나 사료된다.

세 번째로 제시된 방법으로는 글래스 아이오노머 시멘트를 이장재로 사용하는 방법이다. 이는 위에서 제시한 글래스 아이오노머 시멘트의 이온 교환층이 치질과 밀착하는 반응을 이용한 방법으로 제 2, 5급 와동에서 상아질이나 백악질이 수복물의 변연으로 노출된 부위에 글래스 아이오노머 시멘트를 이장재로 사용하게 되면, 변연 미세누출을 감소시킬 수 있다는 이론이다.

본 실험에서는 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트를 복합레진 하방에 이장재로 와동 변연부까지 연장해서 사용하였으며, 우수한 접착을 나타내 이러한 주장을 뒷받침하였다.

1990년 Holtan 등²⁵⁾과 Mathis 등¹⁾은 제 2 급 와동에서 글래스 아이오노머 시멘트를 상아법랑경계부까지 이장재로 충전한 후 복합레진을 충전한 결과 미세누출이 감소하였음을 보고하였고, 1996년 Aboushala 등²⁶⁾은 글래스 아이오노머 시멘트를 와동의 와동 변연부까지 연장하여 충전한 후, 나머지 와동부분을 복합레진으로 충전했을 때 미세누출이 감소하였음을 보고하였다. 그러나 1988년 Shortall 와 Asmussen²⁷⁾은 글래스 아이오노머 시멘트를 제 2 급 와동에서 이장재로 사용하였을 경우 약한 물리적 성질에 의해 상아질에서 결합성 파절이나 이장재내에서 응집성 파절 양상을 보여 미세누출을 감소시킬 수 없다고 보고하였다. 1996년 Sjodin 등⁴⁾은 compomer를 제 2 급 와동에서 이장재로 사용하였을 때 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트를 사용하였을 때와 비슷한 미세누출 감소 효과를 보였다고 보고하였다.

최근에는 복합레진의 기질에 glass입자를 첨가한 com-

pomer가 등장하였는데, 이 재료는 복합레진의 물리적인 장점과 글래스 아이오노머 시멘트의 산-염기 반응에 의해 발생하는 이온교환층이 치질에 밀착하는 장점을 갖춘 재료로 인식되어지고 있다.

Compomer는 polymeric matrix안에 ion-leachable glass(calcium-aluminium fluorosilicate glass)가 묻혀 있는 구조로 되어 있다. 레진 기질은 butane tetracarboxylic acid와 hydroxy methylmethacrylate의 중합 생성물로 2개의 methacrylate군과 2개의 carboxylate군을 포함한다. Filler는 글래스 아이오노머 시멘트에서 사용되는 불소를 포함한 reactive silicate glass이다. Compomer의 중합 방식은 광중합과 산-염기 중합, 두 가지가 있는데 우선 광조사에 의한 초기 광중합이 일어난 뒤, 임상 상태에서 몇 칠 혹은 몇 주가 지나면, 주위 환경에서 물을 흡수함에 따라 단량체가 이온화되고, 여기서 방출된 hydrogen ion이 glass입자와 산-염기 반응을 일으켜 ionic crosslinking network를 형성하는 것이다^{28,29)}.

이러한 compomer는 적어도 두 가지 면에서 글래스 아이오노머와 다른데, 첫째는 glass입자가 레진기질과 직접적인 결합을 위해 부분적으로 실레인 처리가 되어 있다는 것이고, 둘째는 기질이 단량체들의 광활성 중합작용에 의해 형성된다는 것이다. 이러한 monomer는 변형된 methacrylate와 연속적인 carboxylic group와 이중 접착 기능을 포함하는 새로운 bifunctional monomers로 이루어져 있다. 특히 제조회사에 따르면 bifunctional monomer는 광중합과 물의 작용에 의해 glass 입자에서 방출된 이온을 이용한 산-염기 중합반응에 의해 methacrylates가 연속적으로 반응하게 함으로써, 이론적으로 위 두 가지 반응에 의해 형성된 3차원적인 구조가 공유결합과 이온결합을 이루게 된다고 보고되고 있다⁶⁾. 따라서 물이 존재하는 경우, 이온결합이 발생하여, McLean 등³⁾이 주장한 바처럼 글래스 아이오노머의 치질에 밀착하는 특성을 나타낼 수 있을 것이며, 이는 치질과 직접적인 결합을 이루도록 해줄 것이다.

1998년 Small 등²⁹⁾은 여러 수복물의 물의 흡수를 통한 실험에서 compomer가 글래스 아이오노머 시멘트와 유사하게 "firmly bound water"의 증가를 통해 간접적으로 산-염기 반응이 일어날 것이라는 간접적인 주장을 제시하였으나, 아직까지는 논쟁의 여지가 남아있다고 추가하였고, 1998년 Meyer 등⁶⁾은 compomer가 빛이 없는 상태에서는 중합이 일어나지 않고, 물을 흡수하는 양도 적을 뿐 아니라, 수복물의 경도에 미치는 물의 영향이 적으며, 낮은 불소 방출등을 들어 레진의 증상을 주로 나타낸다는 주장을 하였고, 결국 전반적인 물리적 성질을 비교할 때 복합레진에 미치지 못한다고 주장했다.

반면에 유치에서, 1996년 Peters 등³⁰⁾은 사용상의 편리함을, 1997년 Morabito와 Defabianis³¹⁾는 미세누출에 있어

서 compomer가 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트에 비해 뛰어난 것을 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 치경부측 미세누출 측정에서 두 가지 compomer 모두가 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트를 base로 충전한 군에 비해 유의성 있게 많은 미세누출을 나타냈으며, 복합레진과 유사한 미세누출 양상을 보였다. 이러한 결과는 compomer에서 글래스 아이오노머부의 특성보다는 복합레진부의 특성에 의한 중합수축으로 치질에 긴밀한 접촉을 얻지 못했다는 증거가 되는 것으로 사료된다.

교합면측 미세누출 측정에서는 모든 군에서 전반적으로 낮은 미세누출을 나타내 compomer가 복합레진의 성격을 주로 나타낸다고 보여진다.

이는 compomer의 제조사에서 법랑질이나 상아질에서 산부식이 없이도 치질에 밀착할 수 있다는 것을 보여주는 것이다. 그러나, 1998년 Martin²⁸⁾은 법랑질에서 산부식을 하지 않은 군에 비해 산부식을 한 군이 보다 나은 치질 결합력과 변연봉쇄성을 제시하여 compomer의 적용전 산부식에 대해서는 앞으로 보다 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트를 이장재로 사용한 군에서 절단면 사진상을 보면, 많은 기포가 시멘트내에 존재하는 것을 볼 수 있었는데, 이러한 현상은 혼합하는 과정 중 공기가 시멘트 사이에 들어간 것으로, 결국에는 물성을 저하시켜 수복물의 유지에 안 좋은 영향을 끼칠 것으로 여겨지며, 이에 대안으로 automix 되는 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트를 이장재로 사용할 경우 수복물의 유지에 보다 좋은 결과가 있으리라 사료된다.

이상의 결과를 놓고 볼 때 compomer는 glass입자를 가지고 있기는 하지만, 복합레진부의 특성인 중합수축이 주로 작용하는 것으로 보여, 이에 대해 보다 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

Compomer의 미세누출의 정도를 측정하기 위해 건전한 상,하악 치아 50개를 이용하여 백악법랑경계부 하방 1mm에 치은측 변연이 오도록 제 2 급 와동을 형성한 뒤, 1군은 복합레진인 Z-100, 2군은 compomer인 Dyract AP, 3군은 글래스 아이오노머인 Fuji II LC, 4군은 compomer인 Compoglass으로 분층 충전하고, 7일 간 37°C 생리식염수에 보관한 뒤, 5°C와 55°C에서 500회 thermocycling을 시행한 후, 50% 질산은 용액으로 색소침투를 시킨 다음 군, 원심 방향으로 절단하고 미세누출정도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 치경부에서는 레진 강화형 글래스 아이오노머 시멘트인

Fuji II LC를 사용한 군이 복합레진인 Z-100, compomer인 Dyract AP, Compoglass보다 유의하게 낮은 미세누출을 나타냈다.(P<0.05)

2. Compoglass는 Z-100이나 Dyract AP에 비해 높은 미세누출을 나타냈으나 유의한 차이는 없었다.
3. 교합면측에서는 각 군간에 유의한 차이 없이 낮은 미세누출을 나타냈다.

이상의 연구결과로 볼 때 법랑질에서는 compomer인 Dyract AP나 Compoglass는 복합레진인 Z-100과 유사한 정도의 변연봉쇄성을 보여 적은 미세누출을 나타냈으며 이는 compomer의 복합레진부의 특성에 의함으로 사료되나, 상아질과 백악질 부위에서는 글래스 아이오노머인 Fuji II LC에 비해 낮은 변연봉쇄성으로 많은 높은 미세누출을 나타내어 compomer의 글래스 아이오노머부의 특성인 이온교환층의 부재와 복합레진부의 특성에 의한 중합수축에 의해 미세누출이 발생한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Mathis RS, DeWald JP, Moody CR, Ferracane JL. Marginal leakage in class V composite resin restorations with glass ionomer liners in vitro. *J prosthet Dent.* 63:522-5, 1990
2. Morabito A, Defabianis P. The marginal seal of various restorative materials in primary molars. *J Clin Pediatr Dent.* 22(1):51-54, 1997
3. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cement and related material. *Quintessence Int.* 25:587-589, 1994
4. Sjödin L, Uusitalo M, Dijken JV. Resin modified glass ionomer cement. In vitro microleakage in direct class V and class II sandwich restorations. *Swed Dent J.* 20:77-86, 1996
5. Lutz F, Krejci I, Luescher B, Oldenburg TR. Improved proximal margin adaptation of Class II composite resin restorations by use of light-reflecting wedge. *Quintessence Int.* 17:659-664, 1986
6. Meyer JM, Cattani-Lorente MA, Dupuis V. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials.* 19:529-539, 1988
7. Wilson-AD: Kent-BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br-Dent-J.* 15:132(4),133-5, 1972
8. Smith DC. Composition and characteristics of glass ionomer cements. *JADA.* 120:20-22, 1990
9. Kent BE, Lewis BG, Wilson AD. The properties of a glass ionomer cement. *Br Dent J.* 135:332-6, 1973
10. Wilson AD, McLean JW. Glass-ionomer cement. Chicago : Quintessence Int. 1988.
11. Puckett AD, Fitchie JG, Bennett B, Hembree JH. Microleakage and thermal properties of hybrid ionomer restoratives. *Quintessence Int.* 26:577-581, 1995
12. Wilson AD, Prosser HJ, Powis DM. Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cement to hydroxyapatite. *J Dent Res.* 62:590-2, 1983
13. Mount GJ. Adhesion of glass-ionomer cement in the clini-

- cal environment. *Oper Dent.* 16:141-8, 1991
14. Salama FS, Riad MI, Abdel Megid FY. Microleakage and marginal gap formation of glass ionomer resin restorations. *J Clin Pediatr Dent.* 20:31-36, 1995
 15. Sidhu SK. A comparative analysis of techniques of restoring cervical lesions. *Quintessence Int.* 24:553-9, 1993
 16. McLean JW, Powis DR, Prosser HJ, Wilson AD. The use of glass ionomer cements in bonding composite resins to dentin. *Br Dent J.* 158:410-414, 1985
 17. Leinfelder KF. Efficiency of dentin bonding agents. Part II. A comparison of glass ionomer cement with dentin bonding agents. *J Am Dent Assoc.* 70:15-22, 1985
 18. Crim GA, Shay JS. Microleakage pattern of resin veneered glass ionomer cavity liner. *J Prosthet Dent.* 58:273-276, 1987
 19. Chohayeb AA. Microleakage comparison of dentin bonding systems with glass ionomer. *Dent Mater.* 8:27-30, 1992
 20. Jan WV, Dijken JV. 3-year clinical evaluation of a compomer, a resin-modified glass ionomer and a resin composite in class III restoration. *Am J Dent.* 9:195-198, 1996
 21. Thomas J, Hilton, Richard S, Schwartz, Jack L, Ferracane. Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques an intraoral temperature. *Quintessence Int.* 28:135-144, 1997
 22. Fridl KH, Schmalz G, Hiller KA, Mortazavi F. Marginal Adaptation of Composite Restorations versus Hybrid Ionomer/Composite Sandwich Restorations. *Oper Dent.* 22:21-29, 1997
 23. Linden JJ, Swift EJ. Microleakage of two new dentin adhesives. *Am J Dent* 7:31-34, 1994
 24. Lutz F, Krejci I, Oldenburg TR. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int.* 17:777-784, 1986
 25. Holtan JR, Nystrom GP, Douglas WH, Phelps II RA. Microleakage and marginal placement of a glass-ionomer liner. *Quintessence Int.* 20:117-122, 1989
 26. Aboushala A, Kugel G, Hurley E. Class II composite resin restorations using glass-ionomer liners: microleakage studies. 21:67-71, 1996
 27. Shortall A, Asmussen E. Influence of dentin-bonding agents and a glass-ionomer base on the cervical marginal seal of Class II composite restorations. *Scand J Dent Res.* 96:590-594, 1988
 28. Tyas MJ. Clinical evaluation of a polyacid-modified resin composite (Compomer). *Oper Dent.* 23:77-80, 1998
 29. Small ICB, Watson TF, Chadwick AV, Sidhu SK. Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements: An in vitro comparison with other materials. *Biomaterials.* 19:545-550, 1998
 30. Tilly CRB, Peters J, Roeters JM, Frankenmolen FWA. Clinical evaluation of Dyract in primary molars: 1-year results. *Am J Dent.* 9:83-87, 1996
 31. Morabito A, Defabianis P. The marginal seal of various restorative materials in primary molars. *J Clin Pediatr Dent.* 22(1):51-4, 1997
 32. Yap A, Stokes AN, Pearson GJ. An in vitro microleakage study of a new multi-purpose dental adhesive system. *J Oral Rehab. J Clin Pediatr Dent.* 23:302-308, 1996
 33. Fritz UB, Finger WJ, Shigeru Uno. Marginal adaptation of resin-bonded light-cured glass ionomers in dentin cavities. *Am J Dent.* 9:253-258, 1996
 34. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Davidson CL. Sealing ability of two "compomer" applied with and without phosphoric acid treatment for Class V restorations in vivo. *J prosthet Dent.* 79:131-5, 1998
 35. Kitty MY, Stephen HY. Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. *JADA.* 128:1088-1096, 1997
 36. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SHY. Variability in microleakage observed in a total-etch wet-bonding technique under different handling conditions. *J Dent Res* 74:1168-1178, 1995
 37. Wu W, Cobb E, Dermann K. Detecting margin leakage of dental composite restorations. *J Biomed Mat Res.* 17:37-43, 1983
 38. Wu W, Cobb E, Dermann K. A silver staining technique for investigating wear of restorative dental composites. *J Biomed Mat Res.* 15:343-348, 1981
 39. Mixson JM, Eick J.D, Moore DL, Tira DE. Effect of two dentin bonding agents on microleakage in two different cavity designs. *J prosthet Dent.* 67:441-5, 1992
 40. Abate PF, Bertacchini SM, Polack MA, Macchi RL. Adhesion of a compomer to dental structure. *Quintessence Int.* 28:509-512, 1997
 41. Adrian UJ, Lim CC, Jennifer CL. Marginal sealing ability of three cervical restorative systems. *Quintessence Int.* 26:817-820, 1995
 42. Gary AC, Franklin GG. Microleakage: The effect of storage and thermocycling duration. *J prosthet Dent.* 57:574-576, 1987
 43. Ma C, Llana P, Navarro LF, Llacer VJF, Ferrandez A. Composite resin inlays: A study of marginal adaptation. *Quintessence Int.* 24:429-433, 1993
 44. Chersoni S, Lorenzi R, Ferrieri P, Prati C. Laboratory evaluation of compomers in Class V restorations. *Am J Dent.* 10:147-151, 1997
 45. Bullard RH, Leinfelder KF, Russell CM. Effect of coefficient of thermal expansion on microleakage. *J Am Dental Ass.* 16:871-4, 1988