

내표면 처리에 따른 레진 인레이와 글래스이오노머 베이스간의 접착

장병성 · 김성교

경북대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

BONDING OF RESIN INLAY TO GLASS-IONOMER BASE WITH VARIOUS TREATMENTS ON INLAY SURFACE

Byung Sung Jang and Sung Kyo Kim

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University
Taegu, Korea*

The effect of inlay surface treatment on bonding was investigated when resin inlay was bonded to resin-modified glass-ionomer base with resin cement.

For the preparation of glass-ionomer base, resin-modified glass-ionomer cement (Fuji II LC, GC Co., Japan) was filled in class I cavities of 7mm in diameter and 2mm in depth made in plastic molds. Eighty eight resin inlay specimens were made with Charisma® (Kulzer, Germany) and then randomly assigned to the four different surface treatment conditions: Group I, 50 μ m aluminium oxide sandblasting and silane treatment; Group II, silane treatment alone; Group III, sandblasting alone, and Group IV (control), no surface treatment. After a dentin bonding agent with primer (One-Step™, Bisco Inc., IL., U.S.A.) was applied to bonding surface of resin inlay and base, resin inlay were cemented to glass-ionomer base with a resin cement (Choice™, Bisco Inc., IL., U.S.A.).

Shear bond strengths of each specimens were measured using Instron universal testing machine (4202 Instron, Instron Co., U.S.A.) and fractured surfaces were examined under the stereoscope. Statistical analysis was done with one-way ANOVA and Duncan's multiple range test.

The results were as follows:

1. Sandblasting and silane treatment provided the greatest bond strength(10.56 ± 1.95 MPa), and showed a significantly greater bond strength than sandblasting alone or no treatment ($p < 0.05$).
2. Silane treatment provided a significantly greater bond strength(9.77 ± 2.04 MPa) than sandblasting alone or no treatment ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in bond strength between sandblasting treatment and silane one ($p > 0.05$).
3. Sandblasting alone provided no significant difference in bond strength from no treatment ($p > 0.05$).
4. Stereoscopic examination of fractured surface showed that sandblasting and silane treatment or silane treatment alone had more cohesive failure mode than adhesive failure mode.
5. In relationship between shear bond strength and failure mode, cohesive failure occurred more frequently as bond strength increased.

Key Words : Bonding, Resin inlay, Glass-ionomer base, Surface treatment

I. 서 론

최근 자연스러운 치아색조에 대한 요구의 증가로 인해 모든 치아에서 치아색 수복을 원하는 환자들이 증가하고 있다. 따라서 금속색을 띠는 아말감이나 금 수복 대신 자연치아의 색상을 띠는 복합레진의 사용이 증가되고 있는 추세이다.

치아 수복재료로서의 레진은 심미성, 치질보존의 용이성, 치질에 대한 접착성, 낮은 열전도성, 갈바닉 전류와의 무관성 그리고 방사선 불투과성 등의 장점을 가진다¹⁾. 특히 복합레진은 작은 와동에서부터 교두를 포함하는 편-유지형 수복에 이르기까지 가장 일반적으로 많이 사용된²⁾ 아말감이 가지는 수은 오염에 관한 문제를 제거할 수 있다는 점에서 아말감의 대체재료로 인정되고 있다. 그러나 레진을 직접법으로 충전할 경우 레진 재료 자체의 특성상 다소의 임상적 문제점들을 나타낼 수 있다. 중합수축이 그 대표적인 예이며 이로 인한 변연의 미세누출, 2차 우식, 그리고 술후 지각과민증이 유발될 수 있으며, 마모 저항이 낮을 뿐 아니라 수분을 흡수하여 가수분해붕괴(hydrolytic breakdown)를 초래하는 등의 내구성이 약하다는 결점도 지적된다^{3,4)}. Mjör와 Jokstad⁵⁾는 2급 와동에 충전된 복합레진과 아말감 수복물을 5년간 관찰한 결과 복합레진이 아말감보다 높은 실패율을 보였으며, 실패의 주원인이 2차 우식이라고 보고하였다.

레진의 직접충전이 가지는 이러한 문제점들을 극복하기 위한 방법 중 하나가 구강내 또는 작업모형 상에서 일차 광중합을 한 후 오븐에서 이차 중합을 한 레진 인레이를 합착용 레진시멘트를 이용하여 와동에 접착시키는 간접법이다. 간접법으로 제작된 레진은 구강 외에서 대부분의 중합수축이 일어나기 때문에 직접법에 비해 구강내에서 미세변연누출을 줄일 수 있으며⁶⁾, 술후 지각과민이 감소한다⁶⁾는 장점을 가진다. 또 중합체에 남아있는 이중 결합의 양을 감소시켜 재료의 물리적 성질을 향상시키며^{7,8)}, 인접면의 형성을 용이하게 해준다⁹⁾ 장점도 가진다.

레진수복에 따른 치질의 견고도(stiffness) 회복에 관해, Lopes 등¹⁰⁾은 소구치에서 큰 MOD 와동을 직접법으로 레진충전한 경우에는 교두의 견고도가 건전한 치질에 비해 1/3까지 감소되었으나 간접법을 이용하여 레진 인레이를 합착한 경우 건전 치질과 유사한 정도까지 교두의 견고도가 회복되었다고 보고하였다. 그리고 이러한 교두의 견고도의 회복은 인레이 레진과 합착용 시멘트 및 치질, 그리고 베이스 재료간의 접착정도에 의해 좌우된다고 하였다.

레진 인레이 내면의 표면처리에 따른 레진시멘트의 접착에 관해서, Shortall 등¹¹⁾은 레진의 2차 중합은 화학적 결합을 위해 이용될 잔존 자유 탄소결합(residual free carbon bonds)의 양을 감소시켜 레진 인레이와 합착용 레진시멘트 사이의 화학적 결합력을 감소시킨다고 하였다. 따라서 레진 인레이 내면을 sandblasting 처리하여 레진 기질의 일부와

노출된 필러조각(filler particle)을 제거시켜 표면을 거칠게 함으로써 합착용 레진시멘트의 결합력이 증가될 수 있음을 보고하였다. Tate 등¹²⁾은 silane 처리가 레진 인레이 표면의 습윤성(wettability) 및 노출된 필러조각(filler particle)에의 커플링(coupling) 제공 등의 역할을 할 것이라는 등 결합력 증가를 위한 노력을 보고한 바 있다.

레진 인레이를 위한 와동형성시 와동 내부의 언더컷을 해소시킬 목적으로 치질 보존용 베이스를 적용하는데, 그 재료로서 경화조절이 용이한 광중합형 글래스아이오노머 시멘트가 많이 사용되어지고 있다. 광중합형 글래스아이오노머는 자가중합형 글래스아이오노머에 비해 범랑질 및 상아질과 더 강한 화학적 결합을 하며, 자가중합형 글래스아이오노머와 유사한 정도의 불소를 방출하며¹³⁾, 사용이 편리하다는 장점을 가진다.

레진 인레이는 하방 치질 또는 베이스와의 접착력 증가를 목적으로 접착내면을 처리한 후 상아질 접착제와 레진시멘트를 이용해 와동에 접착시키는데, 글래스아이오노머 베이스가 사용된 경우 베이스와의 접착범위가 커지면 이 부분의 접착이 인레이의 유지력에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 레진 인레이와 글래스아이오노머 베이스 간의 접착력을 증진시킬 수 있는 방법을 모색할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 글래스아이오노머 베이스에 대한 레진 인레이의 접착력을 증가시킬 수 있는 방법을 알아보기 위하여, 레진시멘트를 합착제로 사용할 경우 레진 인레이 내면의 표면처리방법에 따른 광중합형 글래스아이오노머 베이스와의 접착양상을 평가하여 소기의 결과를 얻었으므로 이에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

글래스아이오노머 베이스 제작을 위한 와동 형성 바탕재로는 직경 1cm, 길이 2cm의 플라스틱 봉을 사용하였으며, 와동 충전용 글래스아이오노머로는 광중합형 글래스아이오노머인 Fuji II LC(GC Co., Japan)를 사용하였다. 레진 인레이 제작을 위한 레진으로는 Charisma®(Kulzer, Germany)를 사용하였고 접착 전처리 과정에의 접착제로는 One-Step™(Bisco Inc., IL., U.S.A.)을 사용하였으며, 레진시멘트로는 Choice™(Bisco Inc., IL., U.S.A.)를 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 시편 제작

가) 글래스아이오노머 베이스 시편
글래스아이오노머 베이스 시편 제작을 위해 플라스틱 봉

에 언더컷을 가진 직경 7mm, 깊이 2mm의 1급 와동을 형성하였다. 광중합형 글래스이오노머 Fuji II LC를 제조 회사의 지시대로 혼합하여 와동에 충전한 후 표면을 일정하게 하기 위해 슬라이드 글라스로 압접하면서 Lightel®(J. Morita Co., Kuraray Co., Ushio Inc., Japan) 광조사기로 30초간 광조사 하였다. 제작된 글래스이오노머 베이스 시편을 섭씨 37도 항온조에 일주일간 보관한 후 주수하에서 600번 silicon carbide paper로 표면을 연마하여 총 88개의 시편을 제작하였다.

나) 레진 인레이 시편

레진 인레이 시편에 모두 동일한 표면조건과 균일한 접착 면적을 부여하기 위해 slide glass위에 내경 6mm, 두께 2mm의 silicon mold를 위치시키고 레진 Charisma®를 충전하였으며 40초간 광조사하였다. 2차 중합은 curing oven(Colténe®, D.I.-500)에서 시행하였다.

2) 레진 인레이 내표면 처리

제작된 레진 인레이는 내표면처리 방법에 따라 다음과 같이 4군으로 분류하였다.

제 I 군 (Sandblasting 및 Silane 처리군) : Micro-etcher™ (Danvilleengineering, U.S.A.)를 이용하여 접착면이 균일하게 서리가 내린 양상을 보일 때까지 50µm aluminum oxide particles로 sandblasting하였다.

제 II 군 (Silane 처리군) : sandblasting 처리 없이 표면에 silane만을 처리하였다.

제 III 군 (Sandblasting 처리군) : 표면에 sandblasting 처리만 시행하고 silane 처리는 하지 않았다.

제 IV 군 (무처리 대조군) : 표면에 sandblasting 및 silane 처리 모두 시행하지 않았다.

3) 인레이 합착

글래스이오노머 베이스면을 32% 인산(Uni-etch®, Bisco Inc., IL., U.S.A.)으로 15초간 처리한 뒤 20초간 수세하고 10초간 건조하였다. 전처리된 글래스이오노머 베이스면의 접착 면적을 일정하게 하기 위해 직경 5mm의 원형 구멍이 뚫린 masking tape를 부착시킨 뒤 One-Step™ adhesive를 글래스이오노머 베이스면에 2회 도포하고 10초간 건조한 후 10초간 광조사하였다.

표면 처리된 인레이 내면은 32% 인산으로 15초간 처리한 후 20초간 수세하였으며, 10초간 건조한 후 silane을 2회 도포 및 건조한 후 One-Step™ adhesive를 1회 도포 및 건조하였으며 광조사는 시행하지 않았다.

레진시멘트(Choice™, Bisco Inc., IL, U.S.A.)를 글래스이오노머 베이스의 접착면에 적용한 후 automatic mal-let을 이용하여 레진 인레이를 접착면에 유지하면서 인접면

에서 각각 40초, 상방에서 40초간 와. 합착된 시편은 섭씨 37도 항온조에서 24시간 동안 보관하였다.

4) 접착양상 평가

가) 전단접착강도 측정

합착된 각 시편을 만능시험기(4202 Instron, Instron Co., U.S.A.)에서 load cell 50kgf. shearing probe speed 0.5mm/min의 속도로 전단실험을 하였으며 이때 얻어지는 최대 하중과 시편의 접착면의 단면적을 이용하여 전단접착강도를 계산하였다.

나) 파단면 양상 관찰

입체 현미경(Olympus, Japan)하에서 파절된 시편의 파단면을 관찰하였다.

다) 통계 처리

각 군의 전단접착강도 값 사이의 통계적 유의성을 일원변량 분석법(one way ANOVA) 및 Duncan's multiple range test를 이용하여 검정하였다.

III. 성 적

1. 전단접착강도

측정된 전단접착강도는 Table 1과 같이 나타났다. Sandblasting 및 silane 처리를 시행한 군(10.56±1.95MPa)에서 가장 높은 접착강도를 나타냈으며, sandblasting 처리만 시행한 군 및 무처리 대조군에 비해 통계적으로 유의성있게 높은 접착강도를 보였다(p<0.05). Silane 처리만 시행한 군(9.77±2.04MPa)은 sandblasting 및 silane 처리를 시행한 군에 비해 접착력은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, sandblasting만 시행한 군 및 무처리 대조군에 비해서는 접착강도가 유의성있게 높게 나타났다(p<0.05). Sandblasting만 시행한 군은 무처리 대조군과 비교시 접착강도는 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

Table 1. Shear bond strength between resin inlay and glass-ionomer (Mean±S.D.)

| Group | Surface Treatment | n | Shear Bond Strength (MPa) | Duncan Grouping |
|-------|-----------------------|----|---------------------------|-----------------|
| I | Sandblasting / Silane | 22 | 10.56±1.95 | A |
| II | Silane | 22 | 9.77±2.04 | A |
| III | Sandblasting | 22 | 8.20±1.88 | B |
| IV | No Treatment | 22 | 7.76±2.21 | B |

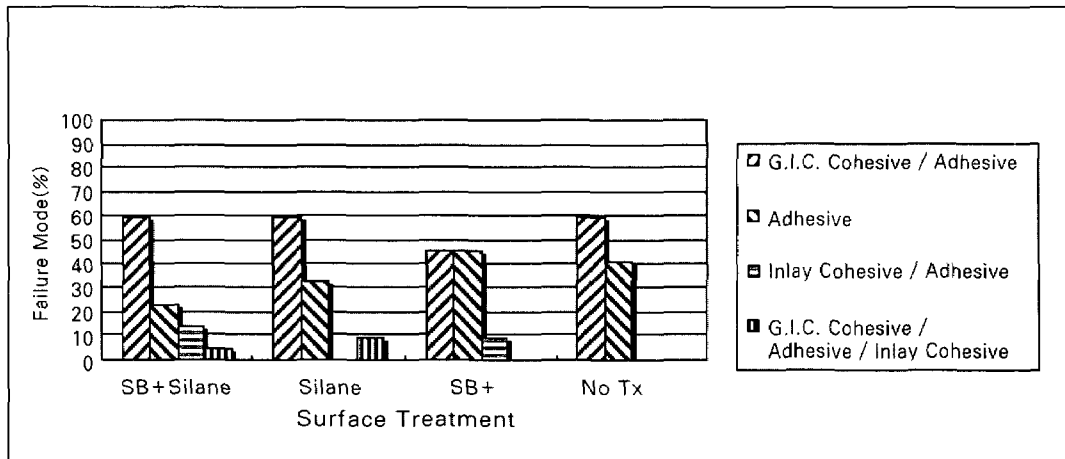


Fig. 1. Failure modes in each group of various surface treatments.
SB*: Sandblasting ; G.I.C.: glass-ionomer.

Table 2. Relation between shear bond strength and failure mode (Number of specimen)

| Shear Bond Strength | G.I.C. Cohesive / Adhesive | Adhesive | Inlay Cohesive / Adhesive | G.I.C. Cohesive / Adhesive / Inlay Cohesive |
|---------------------|----------------------------|----------|---------------------------|---|
| > 10 MPa | 27 (82%) | 1 (3%) | 3 (9%) | 2 (6%) |
| 8 - 10 MPa | 15 (60%) | 9 (36%) | 1 (4%) | - |
| 6 - 8 MPa | 5 (21%) | 19 (79%) | - | - |
| < 6 MPa | 2 (33%) | 3 (50%) | 1 (17%) | - |

2) 파단면 양상

입체 현미경하에서 파단면을 관찰한 바, 크게 4가지 양상으로 파절양상으로 분류할 수 있었다. Fig. 1은 각 군에서 시편들의 파절양상을 백분율로 나타내었다. 모든 군에서 일부 접착 계면에서 파절을 포함하는 글래스아이오노머 베이스의 응집파괴(cohesive failure) 양상이 가장 많았으며 sandblasting 및 silane 처리를 시행한 군과 silane 처리만 시행한 군에서는 상대적으로 접착계면에서의 파절양상이 적게 나타났다.

Table 2는 접착강도에 따른 파절양상 분포를 나타낸 것으로 접착강도가 10MPa 이상인 시편 중 82%는 글래스아이오노머 베이스의 응집파괴(cohesive failure) 양상을 보였으며, 접착 계면에서의 파절은 단지 3%이었다. 접착강도가 8MPa이하의 시편에서는 접착계면에서의 파절이 상대적으로 많은 것을 볼 수 있었다. 즉, 접착강도가 높을수록 응집파괴(cohesive failure)가 증가하는 양상이 뚜렷하였다.

IV. 고 찰

치질결손부에 대한 심미적인 수복의 요구는 구치부에게까지 이르고 있으며 그 대표적인 수복 재료로서 복합레진이 사용

되어지고 있다. 레진은 구치부 제 2급 와동에 이르기까지 사용이 가능할 정도로 물성이 크게 향상되었지만 재료 자체의 중합수축은 여전히 레진의 가장 큰 단점으로 남아 있다.

레진의 중합수축은 주로 bis-GMA 분자에 의한 것으로 체적으로 본 중합수축량은 2.6~7.1% 정도로 알려져 있다¹⁴⁾. 제 2급 와동을 레진수복할 때 레진의 중합수축은 치은연의 불완전한 삭아질 접착을 유발하여 미세누출, 이차 우식 및 술후 지각과민 등을 초래할 수 있으며, 또한 중합이 불완전하여 수복물 표면의 조기 붕괴(premature degradation)를 야기시켜 결합 실패 또는 치수 과민반응의 원인을 제공할 가능성이 있다¹⁵⁾. Retief⁶⁾는 상아질 접착제가 중합수축으로 인한 미세누출을 감소시키지만 미세누출을 방지하기 위해서는 21MPa의 접착력이 필요한데 상아질에서 21MPa의 접착력을 보이는 접착제는 없다고 보고한 바 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 'sandwich technique'이나 'multilayer condensation technique' 등의 술식을 사용하지만 이 술식 역시 술자의 숙련도에 매우 민감하며 적합하지 않은 변연을 가질 수 있는 문제를 가지고 있다. 중합수축 문제를 해결하기 위한 또 다른 방법은 구강 외에서 레진 인레이를 제작함으로써 구강내에서 일어날 수 있는 수축의 영향을 최소화하는 방법이다¹⁷⁾.

레진 인레이와 온레이는 구강내 또는 작업모형에서 1차 중합 후 구강 외에서 2차 중합하고 합착용 레진시멘트를 이용하여 구강내 와동에 접착한다. 이 방법으로 제작된 수복물은 매우 심미적이며 직접 레진을 충전하는 방법이나 세라믹 수복법에 비해 몇몇 장점을 가진다⁹⁾. 레진 인레이는 이론적으로 합착 전에 중합되기 때문에 중합수축으로 인한 문제는 상당 부분 해결되었다고 볼 수 있으며, 이 수복물의 유일한 중합수축은 합착시 레진시멘트의 얇은 막에서 발생하는 것이다⁹⁾. 따라서 미세누출의 양이 감소되며⁵⁾ 변연 적합성이 증가되고 술후 지각과민이 줄어든다고 볼 수 있다⁶⁾. 또한 이 수복 방법에서는 수복물 제작이 작업모형상에서 이루어지기 때문에 직접법의 단점인 부적절한 인접면 형성 등과 같은 문제를 해결할 수 있으며 수정이 용이하다⁹⁾. 그리고, 부가적인 광/열처리는 레진의 기계적 성질을 뚜렷이 향상시킨다^{7,8)}.

레진은 methacrylate group의 자유 라디칼 중합(free radical polymerization)을 통해 경화된다. 중합이 진행됨에 따라 methacrylate chain이 성장하며 더 깊은 부위까지 점진적으로 진행된다. 그러나 광조사가 중단되면 이 반응은 정지되며 심지어 강한 광조사기로 장시간 동안 광조사해도 불완전한 중합이 발생한다. 현재 레진의 전환율은 30~80% 사이로 보고 되어있다¹⁸⁾. 이는 다량체 그룹의 입체 구조 장애와 다량체 체인의 운동성 결핍이 다량체 체인의 pendant 또는 end functional group을 방해하기 때문이다. 따라서 중합이 정지되면서 cross-linking의 기회가 감소된다¹⁹⁾. 이와 같이 불완전하게 중합된 레진은 수분을 흡수하므로 레진 기질이 팽창되어 'hydrolytic breakdown'을 초래할 수 있다²⁰⁾. 만약 중합온도가 다량체의 glass transition temperature 이상으로 올라간다면 체인의 운동성이 증가되어 중합율도 증가하게 된다. 레진의 물리적 성질은 중합율과 다량체 기질의 전환율에 의해 영향을 받으며 이차 중합은 reactive methacrylate groups의 전환율을 증가시켜 더 높은 기계적 특성을 가지게 한다²¹⁾. 즉, 중합율이 증가할수록 경도, 인장강도, creep, 화학적 붕괴에 대한 저항, 마모 저항이 이론적으로 증가될 수 있다²²⁾. 그러므로 강한 광조사와 함께 열 및 압력이 발생하는 오븐 등 특별한 기기에서 이차 중합을 시행한다⁹⁾.

Wendt와 Leinfelder⁶⁾는 3년간 임상적 평가를 통해 열처리된 레진 인레이와 광중합만 시행된 레진 인레이를 비교한 결과, 색조, 착색 및 변색, 2차 우식, 그리고 마모 정도에 관해서는 두 군 모두 양호하게 나타났으나, 변연 보전성(marginal integrity)에 관해서는 두 군에서 모두 2년 또는 3년에 변연 붕괴가 있었으며 광중합만 한 인레이에서 더 심한 양상을 나타내었다. 마모 저항은 열처리에 의해 유의성 있게 증가하지는 않았지만 변연 보전성(marginal integrity)과 표면 특성은 향상되었다. 즉, 이차 열처리가 수행된다면 구치부에 사용될 레진의 물성을 상당히 증가시킬 수 있

다고 보고하였다^{23,24)}. Wendt²⁵⁾는 열처리된 레진 인레이의 미세누출 및 교두과절에 대한 저항을 평가하였는데, 미세누출은 인레이가 다른 군에 비해 유의하게 적게 나타났으며 특히 치은 백악질 변연에서 낮은 미세누출을 보였으나 교두과절 저항은 비슷하다고 보고하였다.

본 실험에서 베이스 재료로 사용된 Fuji II LC는 임상에서 흔히 사용되는 resin-modified glass-ionomer의 한 종류이다. Hotta와 Aono²⁶⁾는 산 처리에 관계없이 자가중합형 글래스이오노머의 합착용 레진시멘트와의 접착은 광중합형 글래스이오노머에 비해 더 큰 미세누출을 보였으며 상아질과 레진에 광중합형 글래스이오노머가 더 큰 접착력을 보였다고 하였다. 또한 광중합형 글래스이오노머는 치질과 레진에 모두 접착될 수 있고 치질의 변연 봉쇄성 및 강한 항균작용을 나타내며 적용하기 용이한 재료중 하나이다²⁷⁾. Hilton²⁸⁾은 'cavity base'의 새로운 정의를 'for dentin replacement to minimize bulk of restorative or to block out undercuts'이라 언급한 바 있다. 그러나 베이스의 사용은 논쟁의 여지가 있어왔다. 초기에는 삭아질 보호 및 이상적인 와동형태의 형성을 위해 사용되었지만 상아질을 인산으로부터 보호할 필요는 없는 것으로 보인다. 따라서, 현재는 단지 글래스이오노머 베이스는 언더컷을 제거하는 용도로만 사용하는 것을 추천하기도 한다²⁹⁾.

본 연구에서는 임상적으로 레진 인레이 수복시 많이 사용되는 베이스 재료인 Fuji II LC를 사용하였으며 광조사 후 37℃ 항온조에 일주일간 보관하였다. 이는 Fuji II LC를 장기간 강도 실험한 결과 7일 후에 가장 큰 굴곡 강도를 보였다는 Elledge의 보고³⁰⁾, 7일까지 8.9%wv의 빠른 수분 흡수를 보이며, 6개월 후 9.3%wv정도로 서서히 흡수되었다는 보고³¹⁾, 그리고 광중합 후 상아질에 대한 전단접착강도는 1일 후 8.5MPa, 1주일 후 11.8MPa로 1주일 후 유의성 있게 높은 접착강도를 보였다는 보고³²⁾에 따른 것이다. 그리고 임상에서 임시치치 후 인레이를 위한 내원시까지의 기간도 함께 고려한 것이다. 본 실험에서는 시편을 일주일간 침적시킨 후 표면의 거칠기를 일정하게 하기 위해 600번 silicon carbide paper로 연마한 다음 32% 인산으로 산 처리하였다. 이는 임상에서 와동이 타액에 30초간 오염된다면 물 분무 세척(water spray washing)으로 효과적으로 오염을 제거할 수 없으며, 인산의 적용은 이러한 오염을 제거해 접착력을 회복시키는데 효과적이라고 보았기 때문이다¹¹⁾. 그리고 산 처리 후 삭아질 접착제(One-Step™)를 도포하고 광중합하였다. Hinoura 등³³⁾은 복합레진과 글래스이오노머 사이에 삭아질 접착제의 효과를 연구하였는데 글래스이오노머 표면의 산 처리는 삭아질 접착제 및 레진에의 접착력을 매우 증가시키며, 최대 접착력을 얻기 위해서 삭아질 접착제는 얇은 막으로 존재해야 한다고 보고한 바 있다.

본 연구에서 레진 인레이는 hybrid small particle com-

posite resin인 Charisma[®]를 사용하여 접착면을 매끄러운 표면이 되게 제작하였으며, 이차 중합을 시행하였다. 이차 중합을 한 레진은 일차 광중합만 한 레진에 비해 치질 및 베이스 재료에 더 작은 접착력을 가지는데 이는 더 적은 화학적 반응부위(chemically reactive site)가 이용되기 때문이다³⁴⁾. 따라서 접착면에 특별한 표면처리가 요구되어진다. Tate 등¹²⁾은 2가지의 표면처리와 3가지의 결합-증진 용액(bond-enhancing liquids)으로 처리되고 일차 광중합된 indirect hybrid composite와 이차 중합된 hybrid composite에 대한 3가지 레진시멘트의 인장강도를 측정하였다. 이 실험에서 표면처리 방법이 접착력에 가장 큰 영향을 나타냈으며, 다음으로 합착용 시멘트, 중합방법, 결합-증진 용액의 순이었다. 인산은 세척작용을 하는 것으로 예상되며 대부분의 경우 bis-GMA계 시멘트가 urethane dimethacrylate계 시멘트보다 더 큰 접착강도를 가졌다.

본 연구에서 접착면의 처리를 레진시멘트(Choice[™])의 제조회사 지시대로 sandblasting 하고 32% 인산처리 및 silane 처리를 한 후 상아질 접착제를 이용하여 레진시멘트를 접착한 군에서 가장 높은 접착력을 보였으나, silane 처리만 시행한 군에 비해 유의성있게 높게 나타나지는 않았다. Shortall 등¹¹⁾은 합착용 시멘트의 효과적인 접착은 sandblasting에 의해 얻어졌으며, 상아질 접착제는 sandblasting 처리된 표면에 한해 접착력을 증진시켰다고 하였다. 그리고 불화수소산으로 처리된 군보다 인산으로 처리된 군에서 더 강한 접착력을 보였으며, 전자현미경 상 관찰에서 불화수소산 처리는 표면 붕괴를 유발하여 sandblasting에 비해 더 약한 접착력을 보였다고 보고하였다. 특히 본 실험에 사용된 Charisma[®] 같은 직접 충전용/인레이용 레진은 대개 hybrid type이 많으며 이 hybrid 레진 표면은 필러조각(filler particle)이 크기 때문에 불화수소산에 의한 영향이 클 것으로 생각된다. 불화수소산을 30초간 적용한 경우 전자현미경 상 관찰에서 과도하게 붕괴된 표면을 보이므로 약한 접착력을 보일 것이다¹²⁾. Swift 등³⁵⁾은 sandblasting은 레진을 직접 수복하는 경우에서 얻어지는 값과 유사한 정도의 범랑질 접착력을 제공한다고 보고하였다. 그러나 본 실험 결과에서는 sandblasting은 접착력에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Tam과 McComb³⁶⁾은 sandblasting은 접착력을 감소시켰다고 보고하였는데, 그 이유에 관해, 이상적인 거칠기는 합착용 시멘트의 최적의 결합을 나타낼 수 있지만 증가된 거칠기는 void 형성 및 접착계면에서 응력 집중을 유발 할 수 있기 때문이라고 추측했다.

Silane은 주로 산 처리된 포세린에 복합레진의 접착력을 증진시키기 위해 사용^{37,38)}되었는데, Swift 등³⁹⁾은 레진 인레이에 적용시 silane 처리는 sandblasting에 의한 접착을 유의성있게 증진시키지는 못했다고 보고하였다. 그러나 본 실험연구 결과에서는 sandblasting만 시행한 군에서는 접착

력이 대조군에 비해 유의성있게 높게 나타나지 않았으나, silane 처리를 시행했을 때는 더 높은 접착력을 보였다. Silane 처리는 표면에 글래스 조각(glass particle)이 존재하지 않는다면 접착을 증가시키지 않을 것이다. 산 처리는 레진 기질을 연화시켜 기질 내로 silane이 흡수될 수 있게 해주며, silane coupling agent는 레진 인레이의 etched inorganic filler와 레진시멘트의 organic resin사이의 화학적 결합을 가능하게 해준다³⁵⁾. 즉, silane 처리는 레진의 습윤성을 증가시키고, 노출된 필러조각(filler particle)에 커플링(coupling)을 제공함으로써 접착력을 향상시킨다¹²⁾. 또 Meyers 등⁴⁰⁾은 구치부 레진을 글래스아이오노머에 접착시 silane 처리에 따른 파절양상을 평가한 바 있는데, 글래스아이오노머에 산 처리를 하지 않고 silane 처리만 한 군에서는 80%의 시편에서 글래스아이오노머 내 응집파괴(cohesive failure)가 일어났지만 silane 처리를 하지 않은 군에서는 100% 시편에서 계면 파절이 일어났다고 하였다. 따라서 silane 사용이 레진과 글래스아이오노머 사이의 접착력을 증진시켰다고 보고하였다. 이는 본 연구 결과와 일치하였으며 본 연구에 사용된 레진이 hybrid type이기 때문에 표면의 글래스 조각(glass particle)의 크기가 크고 산 처리시 microfilled type에 비해 상대적으로 더 불규칙한 거친 면이 얻어졌기 때문에 silane에 의한 영향이 컸던 것으로 생각된다.

본 실험에서 파절양상을 입체 현미경으로 관찰한 바, sandblasting 및 silane 처리를 한 제 I 군 및 silane 처리만 한 제 II 군에서는 sandblasting만 한 제 III 군 및 특별한 표면처리없이 산 처리 후 상아질 접착제를 도포한 제 IV 군에 비해 상대적으로 높은 응집파괴(cohesive failure) 양상을 보였으며, 이는 인레이와 합착용 레진시멘트 및 글래스아이오노머 베이스 사이에 바람직한 접착이 이루어졌다고 생각할 수 있다. 반면에 제 III 군과 제 IV 군에서는 상대적으로 많은 접착계면에서의 파절이 일어났다. 이는 레진 인레이의 표면이 레진시멘트와의 접착에 좋은 조건을 만들지 못했다고 평가할 수 있다. 전단접착강도에 따른 파절양상 분포를 보면 10MPa이상의 접착강도를 나타낸 시편 중 82%가 글래스아이오노머 응집파괴의 양상을 나타냈으며 이를 각 군별로 분석한 결과 I 군 및 II 군이 78%를 차지하였다. 그런데 접착강도가 글래스아이오노머 베이스의 전단강도보다 큰 경우 응집파괴가 일어나므로 여기에 나타난 수치가 실제 레진시멘트에 의한 베이스와 레진 인레이와의 전단접착강도라고 해석할 수는 없다. 따라서 정확한 접착강도를 알기 위해서는 더 강한 베이스 물질을 사용하여 실험을 할 필요가 있을 것이다.

이상을 종합해 볼 때, 이차우식을 예방하고 언더컷을 제거하기 위한 목적으로 글래스아이오노머 베이스가 사용되어진 레진 인레이 와동의 경우, 레진 인레이와 글래스아이오노머 베이스 사이의 접착력을 증진시키기 위해서는 레진 인

레이의 표면을 sandblasting 및 silane 처리를 모두 시행하거나 silane 처리만이라도 시행할 필요가 있다고 여겨진다. 그리고 레진 인레이의 치면과의 접착 역시 중요하며 변연의 접착은 치질에서 일어나기 때문에, 앞으로 베이스 처리된 와동에서 인레이의 표면 처리가 치질과 인레이 사이의 접착에 미치는 영향을 평가할 필요가 있으며, 베이스와 인레이, 인레이와 치질, 베이스와 치질 사이의 접착에 관한 종합적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 요약

광중합형 글래스아이오노머 베이스에 대한 레진 인레이의 접착성을 증가시킬 수 있는 방법을 모색하고자, 이차 중합된 레진 인레이의 내표면을 여러 가지 방법으로 처리한 후 레진 인레이를 광중합형 글래스아이오노머 베이스에 레진 시멘트 접착시 내표면 처리방법이 이들의 접착에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 글래스아이오노머 베이스 제작을 위해서 플라스틱 봉에 직경 7mm, 깊이 2mm의 1급 와동을 형성하고 Fuji II LC를 충전하였으며, 수복용 레진 (Charisma[®])을 사용하여 레진 인레이를 제작하였다. 레진 인레이 내면은 50 μ m aluminum oxide particles를 이용한 sandblasting 및 silane 처리군, silane 처리군, sandblasting 군, 그리고 무처리 대조군 등 4군으로 나누어 표면처리하였으며 각 군은 22개씩의 시편을 사용하였다. 인레이와 베이스의 표면에 상아질 접착제(One-Step[™])를 도포한 후 Choice[™]를 사용하여 레진시멘트 접착하였다. 접착양상 평가를 위해 만능시험기로 전단접착강도를 측정하고 파단면을 입체현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Sandblasting 및 silane 처리군이 가장 높은 접착강도 (10.56 \pm 1.95MPa)를 나타내었으며, 이는 sandblasting 군 및 무처리 대조군에 비해 유의하게 높았다 (p<0.05).
2. Silane 처리군(9.77 \pm 2.04MPa)은 sandblasting 및 silane 처리군과는 접착력에 있어서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, sandblasting 군 및 무처리 대조군에 비해서는 유의하게 높은 접착강도를 나타내었다(p<0.05).
3. Sandblasting만 시행한 군은 무처리 대조군과 비교시 접착강도에 있어 유의한 차이를 나타내지 않았다 (p>0.05).
4. 파단면 관찰 결과, 모든 군에서 일부 접착계면에서의 파절을 포함하는 글래스아이오노머 베이스의 응집 파괴 (cohesive failure) 양상이 가장 많이 나타났으며, sandblasting 및 silane 처리군과 silane 처리군에서는 sandblasting 군 및 무처리 대조군에 비해 상대적으로

적은 접착계면에서의 파절(adhesive failure) 양상을 나타내었다.

5. 전단접착강도와 파절양상의 관계에서, 접착강도가 클수록 응집파괴(cohesive failure) 양상이 많이 나타나는 경향을 보였다.

참고 문헌

1. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J : Fundamentals of operative dentistry, Quint., (1996) pp207-210.
2. Mjör IA, Jokstad A : Five-year study of class II restorations in permanent teeth using amalgam, glass polyalkenoate (ionomer) cement and resin-based composite materials, J. Dent., 21: 338-343, 1993.
3. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J : Fundamentals of operative dentistry, Quint., (1996) pp210-215.
4. Ferracane JL, Marker VA : Solvent degradation and reduced fracture toughness in aged composites, J. Dent. Res., 71: 13-19, 1992.
5. Robinson PB, Moore BK, Swartz ML : Comparison of microleakage in direct and indirect resin composite restorations in vitro, Oper. Dent., 12: 113-116, 1987.
6. Wendt Jr SL, Leinfelder KF : Clinical evaluation of a heat treated composite inlay: 3 year results, Am. J. Dent., 5: 258-262, 1992.
7. Peutzfeldt A, Asmussen E : Mechanical properties of three composite resins for the inlay/onlay technique, J. Prosthet. Dent., 66(3): 322-324, 1991.
8. Kanca J : The effect of heat on the surface hardness of light-activated resin composites, Quint. int., 20: 899-901, 1989.
9. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J : Fundamentals of operative dentistry, Quint., (1996) pp234.
10. Lopes LMP, Leitao JGM, Douglas WH : Effect of a new resin inlay/onlay restorative material on cuspal reinforcement, Quint. Int., 22: 641-645, 1991.
11. Shortall AC, Baylis RL, Wilson HJ : Composite inlay/luting resin bond strength-surface treatment effects, J. Dent., 24: 129-135, 1996.
12. Tate WH, Deschepper EJ, Powers JM : Bond strength of resin cements to a hybrid composite, Am. J. Dent., 6: 195-198, 1993.
13. McCabe JF : Resin-modified glass-ionomers, Biomater., 19: 521-527, 1998.
14. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL : Curing contraction of composites and glass-ionomer cements, J. Prosthet. Dent., 59: 297-300, 1988.
15. Tjan AHL, Glancy JF : Interfacial bond strengths between layers of visible light-activated composites, J. Prosthet. Dent., 59: 25-29, 1988.
16. Retief DH : Do adhesives prevent microleakage? Int. Dent. J., 44: 19-26, 1994.
17. van Dijken JWV : A 6-year evaluation of a direct composite resin inlay/onlay system and glass-ionomer cement-composite resin sandwich restorations, Acta. Odontol. Scand., 52: 368-376, 1994.
18. Ruyter IE, Oysaet H : Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials, Acta. Odontol. Scand., 40: 179-192, 1982.
19. Asmussen E : Restorative resins: Hardness and strength

- vs quantity of remaining double bonds, *Scand. J. Dent. Res.*, 90: 484-489, 1982.
20. Mitchem JC : The use and abuse of aesthetic materials in posterior teeth, *Int. Dent. J.*, 38: 119-125, 1988.
 21. Ruyter IE : Types of resin-based inlay materials and their properties, *Int. Dent. J.*, 42: 139-144, 1992.
 22. Asmussen E : Restorative resins: Hardness and strength vs quantity of remaining double bonds, *Scand. J. Dent. Res.*, 90: 484-489, 1982.
 23. Wendt Jr SL : The effect of heat used as a secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability, *Quint. Int.*, 18: 265-271, 1987.
 24. Wendt Jr SL : Time as a factor in heat curing composite resin, *Quint. Int.*, 18: 265-271, 1987.
 25. Wendt Jr SL : Microleakage and cuspal fracture resistance of heat-treated composite resin inlays, *Am. J. Dent.*, 4: 10-14, 1991.
 26. Hotta M, Aono M : Adaptation to the cavity floor of the light-cured glass ionomer cement base under a composite restoration, *J. Oral Rehabil.*, 21: 679-685, 1994.
 27. Elledge DA : Multifunctional bases and liners, *Dent. Clin. Nor. Am.*, 42(4): 739-754, 1998.
 28. Hilton TJ : Cavity sealers, liners and bases: current philosophies and indications for use, *Oper. Dent.*, 21: 4, 1996.
 29. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J : Fundamentals of operative dentistry, *Quint.*, (1996) pp229.
 30. Frankel N, Pearson GJ, Labella R : Long-term strength of aesthetic restoratives, *J. Oral Rehabil.*, 25: 89-93, 1998.
 31. Small ICB, Watson TF, Chadwick AV, Sidhu SK : Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements: An in vitro comparison with other materials, *Biomater.*, 19: 545-550, 1998.
 32. Irie M, Suzuki K : Water storage effect on the marginal seal of resin-modified glass-ionomer restorations, *Oper. Dent.*, 24: 272-278, 1999.
 33. Hinoura K, Onose H, Moore BK, Phillips RW : Effect of the bonding agent on the bond strength between glass ionomer cement and composite resin, *Quint. Int.*, 20: 31-35, 1989.
 34. Vankerckhoven H, Lambrechts P, Van Beylen M, Davidson CL, Vanherle G : Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins, *J. Dent. Res.*, 61: 791-796, 1982.
 35. Swift Jr EJ, Brodeur C, Cvitko E, Pires JAF : Treatment of composite surfaces for indirect bonding, *Dent. Mater.*, 8: 193-196, 1992.
 36. Tam LE, McComb D : Shear bond strengths of resin luting cements to laboratory-made composite resin veneers, *J. Prosthet. Dent.*, 66: 314-321, 1991.
 37. Nicholls JI : Tensile bond of resin cements to porcelain veneers, *J. Prosthet. Dent.*, 60: 443-447, 1988.
 38. Stange I, Nathanson D, Hsu CS : Shear bond strength of the composite bond to etched porcelain, *J. Dent. Res.*, 66: 1460-1465, 1987.
 39. Swift Jr EJ, Cloe BC, Boyer DB : Effect of a silane coupling agent on composite repair strengths, *Am. J. Dent.*, 7: 200-202, 1994.
 40. Meyers R, Garcia-Godoy F, Norling BK : Failure mode of a posterior composite resin bonded to a glass-ionomer cement treated with various etching times and with or without a coupling agent, *Quint. Int.*, 21: 501-506, 1990.