

도재 표면 처리에 따른 세라믹 브라켓의 전단 접착 강도 및 탈락 양상

이 정 남¹⁾ · 이 철 원²⁾

도재의 표면처리가 세라믹 브라켓의 전단 접착강도에 미치는 영향과 브라켓 탈락 양상을 알아보기 위해 60개의 ceradent 도재 시편을 glazing 후 군당 10개씩 여섯 군으로 다음과 같이 분류하였다: 1군(silane), 2군(etching + silane), 3군(stone + silane), 4군(sandblasting + silane), 5군(stone + etching + silane), 6군(sandblasting + etching + silane) 통상적인 방법으로 세라믹 브라켓을 접착한 후 전단 접착강도를 측정하고 탈락양상을 육안 및 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면처리 후 silane을 도포한 2군부터 6군은 silane만을 도포한 1군에 비해 유의성 있는 전단 접착강도의 증가를 보였다($P < 0.05$).
2. 한 가지 방법 이상으로 표면처리한 3군부터 6군은 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).
3. etching 표면 처리한 2군은 sandblasting 표면 처리한 4군과 복합 표면 처리한 5,6 군에 비해 전단 접착 강도가 낮았다. ($p < 0.05$)
4. sandblasting 표면 처리한 4군은 주사 전자 현미경 소견상 복합 처리한 5,6군보다 감소된 요철 정도를 보였으나 전단 접착 강도 측정 결과 유의한 차이를 보이지 않았다. ($p > 0.05$)

이상의 결론을 종합해볼 때 도재에 세라믹 브라켓을 접착하기 위해서는 한가지 이상의 방법에 의한 도재의 표면처리 후 silane을 도포해야 임상적으로 적절한 접착강도를 얻을 수 있으며, 술식의 간편성을 고려할 때 sandblasting 후 silane 처리를 하는 것이 효율적일 것으로 사료된다.

(주요단어 : 도재, 세라믹브라켓, 전단접착강도)

I. 서 론

최근 성인 환자의 교정치료가 증가하여 심미적인 교정장치에 대한 필요성이 대두되었다(Gottlieb & Vogels, 1984 ; Eliades 들, 1994 ; Karamouzou 들, 1997). 1970년대 초 폴리카보네이트 브라켓(polycarbonate bracket)이 소개되었으나 슬롯(slot) 변형 및 수분흡수에 의한 착색으로 인해 사용되지 않고 있다.

이러한 문제를 해결한 것이 1986년 처음 도입된 세라믹 브라켓(ceramic bracket)으로 현재 다양한 종류의 제품이 시판되고 있다.

세라믹 브라켓은 산화알루미늄(aluminum oxide)으로 제조되는데 그 방법에 따라 단결정형(single crystal) 및 다결정형(polycrystal)의 두 가지 형태로 나뉜다. 단결정형이 다결정형보다 훨씬 투명감이 있으나 제조공정이 복잡해 현재 널리 통용되는 브라켓은 대개 다결정형의 구조를 가진다(Swartz, 1988). 세라믹 브라켓은 우수한 심미성뿐만 아니라 염색과 변색 및 슬롯변형이 잘 되지 않는다(Olsen 들, 1996). 그러나

¹⁾ 가톨릭대학교 의과대학 치과학교실 대학원생

²⁾ 가톨릭대학교 의과대학 치과학교실 부교수

Table 1. Experimental design

Group	Surface treatment
1	silane
2	etching + silane
3	stone + silane
4	sandblasting + silane
5	stone + etching + silane
6	sandblasting + etching + silane

세라믹 브라켓은 교정용 접착제와는 화학적으로 결합하지 못하므로 브라켓 기저부에 undercut이나 홈(groove) 등의 유지형태를 부여하여 기계적인 결합을 도모하거나 기저부를 매끈하게 처리한 후 도재 프라이머(porcelain primer)인 silane을 도포하여 화학적인 결합을 증진시킨다. Viazis 들(1990)은 이 경우 기계적인 유지보다 더 큰 결합력을 갖는다고 보고하고 있다.

성인 환자의 경우 구강 내에 도재 수복물을 가진 경우가 흔히 있다. glazing처리되어 있는 도재표면은 교정용 접착제와는 반응하지 않으므로 결합강도를 증가시키기 위한 다양한 연구가 시행되었다. 대부분의 연구가 도재표면에 대한 처리방법을 중심으로 행하여졌는데, 그 중 표면적을 증가시키기 위한 방법으로는 sandpaper, stone, diamond bur 그리고 sandblasting을 이용하여 도재표면을 거칠게 하는 기계적인 방법(Wood 들, 1986 ; Lacy 들, 1988 ; Smith 들, 1988 ; Zachrisson & Buyukyilmaz, 1993)과 불화수소산(hydrofluoric acid) 및 산성불화인산염(acidulated phosphate fluoride, APF)을 이용한 산부식법이 있다(Barbosa 들, 1995 ; 김신근과 성재현, 1996 ; Zachrisson 들, 1996). 또한 화학적인 방법으로는 도재표면에 대한 silane도포를 들 수 있는데, silane은 유리 충전재(glass filler)를 중합체(polymer)와 결합시켜 주는 coupling agent로서 도재표면에 대한 레진의 접착강도를 증가시켜 준다(Newman 들, 1984 ; Smith, 1988 ; Whitlock III, 1994 ; Zelos, 1994 ; Barbosa, 1995).

도재표면에 대한 처리가 접착강도에 미치는 영향에 관한 연구는 대개 금속 브라켓을 이용하여 이루어졌으며 세라믹 브라켓을 이용한 연구로는 Whitlock III 들(1994)이 접착레진과 silane을, Zelos 들(1994)이 세라믹 브라켓의 종류, 도재의 종류 그리고 접착레진을 변수로 두고 연구 및 보고하였으나 도재의 표면처리를 변수로 두지는 않았다.

따라서 본 연구에서는 도재표면의 처리방법에 따

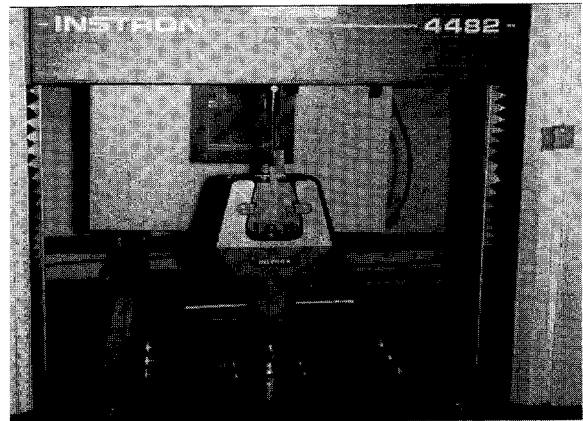


Fig. 1. Instron universal testing machine

른 세라믹 브라켓의 전단 접착강도를 측정 비교하고 브라켓 탈락 후 도재표면의 양상을 육안 및 주사전자현미경으로 관찰하여 임상에 적용할 수 있는 보다 유용한 접착법을 알아보려고 한다.

II. 방 법

1. 실험재료

도재시편 제작에 Ceradent(Ssangyong Cement Co., Korea) 도재분말을 이용하였다. 도재의 산부식(etching)을 위해 8% 농도의 불화수소산(All-bond 2, BISCO Inc., U.S.A.)을 이용하였으며 기계적인 표면처리를 위해 stone(white abrasive #20)과 sandblasting을 위한 Microetcher(Danville Engineering Inc., U.S.A.)를 사용하였다. 도재에 대한 화학적 결합을 증가시키기 위해 silane(All-bond 2, BISCO Inc., U.S.A.)을 사용하였다. 브라켓은 하악 중절치용 세라믹브라켓(Trascend series 6000, Unitek/3M, U.S.A.)을 사용하였고 접착레진은 Light-bond(Reliance Orthodontic products, U.S.A.)를 사용하였다. 광중합 조사기로는 Acta By Satelec(Satelec Co., France: 400-515 nm 파장)을 이용하였다.

2. 실험방법

1) 시편 제작

Ceradent 도재분말을 이용하여 원기둥 형태의 도재블럭(중단면의 지름 9.5 mm, 높이 9.5 mm)을 제조자의 지시에 따라 소성하였으며 시편의 윗면을 self-

Table 2. Shear bond strength of sixty ceramic brackets (MPa)

Group	Mean	SD	Minimum	Maximum	Duncan grouping
1	4.10	1.02	3.03	6.05	A
2	6.12	1.71	3.45	8.31	B
3	7.09	0.91	5.58	8.37	B, C
4	7.54	1.68	5.58	10.92	C
5	7.64	0.77	6.66	9.02	C
6	7.33	0.66	6.65	8.69	C

* Means with the same letter are not significantly different (P > 0.05).

glazing을 하였다. 각 시편을 퍼미스(pumice)를 이용하여 오염물을 제거한 후 세척, 건조하였다.

제작된 60개의 도재시편을 군당 10개씩 6군으로 나누는 후, 1군은 silane 도포군, 2군은 산부식 및 silane 처리군, 3군은 stone연마 및 silane 처리군, 4군은 sandblasting과 silane 도포군, 5군은 stone처리, 산부식 및 silane 도포군, 6군은 sandblasting, 산부식 및 silane 도포군으로 분류하였다(표 1).

각 군 모두 silane처리를 하였으며, silane은 두겹으로 도포 후 충분히 건조시켰다. 산부식시 불화수소산을 3분간 처리 후 30초간 세척, 건조하였다. stone 연마시 표면의 glazing이 소실될 때까지 처리하였으며 sandblasting시에는 입자크기 50 µm의 산화알루미늄(Al₂O₃)을 이용하여 10mm의 거리에서 5초간 균일하게 처리하였다.

세라믹 브라켓 접착시 Light-bond 교정용 광중합 레진을 이용하였으며 브라켓 주위에 있는 여분의 접착레진을 scaler를 이용하여 제거 후 브라켓의 교합면부위와 치은부위에서 각각 20초씩 가시광선 조사기로 광중합하였다. 브라켓 접착 후 각 군의 시편을 15분간 대기 중에 방치 후 생리식염수 속에 넣고 37°C 항온조에서 24시간 보관하였다.

2) 전단 접착강도의 측정

전단 접착강도의 측정은 Instron universal testing machine(Model 4802, Instron Co, U.S.A)을 이용하였다(그림 1). 브라켓이 접착된 실험용 도재블럭을 특별히 제작된 고정기구를 이용하여 측정기계의 하부에 고정하였으며 cross-head 부위에는 직선형의 금속 원기둥 막대를 고정하였다. cross-head의 속도를 1mm/min로 하여 도재표면에 평행하게 이동시키면서 전단력을 가하여 브라켓이 탈락되는 순간의 하중을 kg·f (kilogram of force) 단위로 기록한 후 브라켓 기

저부의 단면적(mm²)으로 나누고 9.8 MPa/kg/mm²배하여 MPa 단위로 환산하였다.

3) 주사전자현미경 관찰

전단 접착강도 측정 후, 탈락된 브라켓과 도재에 잔존하는 접착제의 양을 평가하기 위해 Adhesive Remnant Index(Artun & Bergland, 1984)와 도재과절 빈도를 기록한 후 silane 처리를 하지 않은 각 군의 도재표면 및 전단 접착강도 측정 후 탈락된 브라켓의 기저부와 도재표면을 ion sputter(JFC-1100, JEOL LTD, Japan)로 3분간 금속착하여 주사전자현미경(JSM-5410LV, JEOL LTD, Japan)으로 가속전압 15kV 아래서 관찰하였다.

4) 통계처리

SAS 프로그램을 이용하여 각군의 평균과 표준편차를 구하였으며 도재의 표면처리방법에 따른 전단 접착강도의 유의성은 일원분산분석(one-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

III. 결 과

1. 전단 접착강도

측정된 각 군의 전단 접착강도의 평균, 표준편차, 최소치, 최대치 및 Duncan grouping을 표2에 제시하였다.

stone, 산부식 및 silane 도포를 한 5군의 전단 접착강도(7.64 MPa)가 가장 높았으며 도재표면에 silane만 도포한 1군(4.10)이 가장 낮았다.

일원분산분석(ANOVA) 결과 각 군간의 차이가 유의하였으며(P=0.0001) Duncan's multiple range test를 시행한 결과 2군부터 6군까지는 1군보다 전단 접

Table 3. Incidence of ARI score and porcelain fracture

Group	ARI score				Porcelain fracture
	0	1	2	3	
1	10	-	-	-	-
2	-	2	1	7	-
3	-	-	-	10	-
4	-	-	-	10	-
5	-	-	-	10	-
6	-	-	-	10	-

* Adhesive Remnant Index

score 0 : no composite left on porcelain surface.

score 1 : less than half of composite left.

score 2 : more than half of composite left.

score 3 : all composite left on porcelain surface, with distinct impression of bracket mesh.

착강도가 유의성있게 컸으며, 2군과 4, 5 및 6군 사이도 유의성있는 차이를 보였다(P < 0.05). 그러나 2군과 3군 사이 그리고 3, 4, 5 및 6군 사이에는 유의차가 없었다(P > 0.05).

2. 브리켓의 탈락 양상 관찰

브라켓의 탈락 양상을 관찰 후 도재에 잔존하는 접착제의 양을 평가하기 위한 Adhesive Remnant Index와 도재파절의 빈도는 표 3과 같다.

1군의 모든 시편은 ARI 점수가 0으로서 도재/접착제 계면에서의 탈락을 보였으며 도재표면에는 어떠한 접착제도 남지 않았다. 2군의 시편중 30%는 ARI 점수가 1과 2로서 접착제 내에서의 탈락양상을 보였으며 도재표면에 소량의 접착제가 남았다. 70%의 시편은 ARI 점수가 3으로 브라켓/접착제 계면에서의 탈락양상을 보였으며 모든 접착제가 도재표면에 남았다. 3군부터 6군까지는 ARI 점수가 10으로서 모든 접착제가 도재표면에 남으면서 브라켓/접착제 계면에서의 탈락양상을 보였다. 한편, 브라켓 탈락 후 도재의 파절은 볼 수 없었다.

3. 주사전자현미경 소견

각 군의 도재시편을 silane을 도포하기 전에 주사전자현미경으로 관찰하여 그림 2부터 7까지에 제시하였다. 표면처리를 하지 않은 1군(그림 2)의 경우 도재표면이 self-glazing되어 있어 어떠한 요철도 관찰되

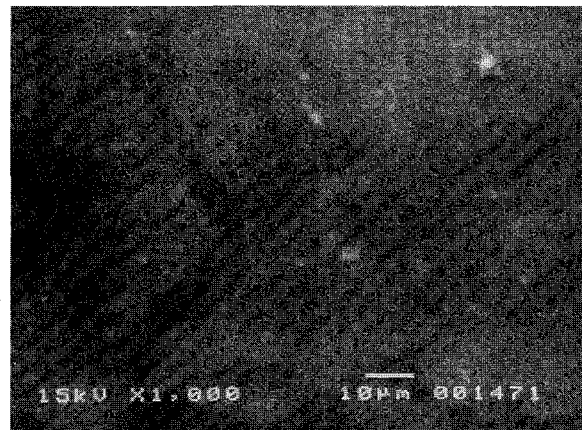


Fig. 2. Glazed porcelain surface. (Magnification 1000X)

지 않았으며 균일한 양상을 보였다. 산부식 처리한 2군(그림 3)의 경우 도재표면에 약간의 함몰부위를 관찰할 수 있었다. stone 처리한 3군(그림 4) 및 sandblasting 처리한 4군(그림 5)의 경우 독특한 요철양상을 보였는데 4군이 그 정도가 좀더 심함을 알 수 있다. stone 및 산부식 처리한 5군(그림 6)과 sandblasting 및 산부식처리한 6군(그림 7)은 4군과 5군보다 요철정도가 상당히 증가하였으며, 6군이 5군보다 그 정도가 더 심하였다.

그림 8은 Transcend series 6000 세라믹 브라켓의 기저부를 보여주고 있으며 표면이 거칠어 기계적인 유지를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 그림 9는 2군

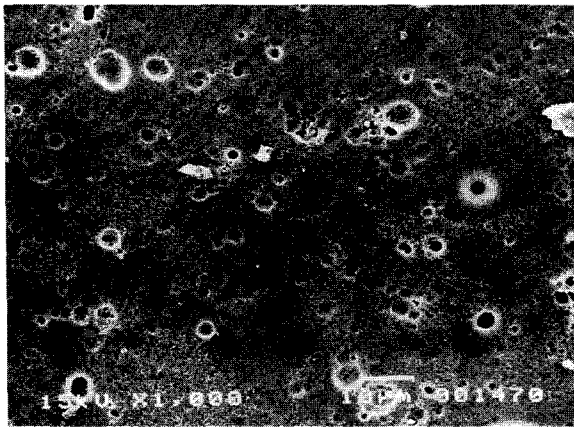


Fig. 3. Porcelain surface after etching with 8% hydrofluoric acid. (Magnification 1000X)

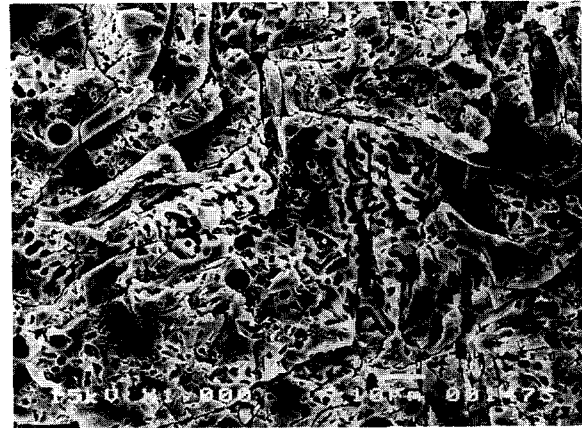


Fig. 6. Porcelain surface after grinding with white abrasive stone and etching with 8% hydrofluoric acid. (Magnification 1000X)

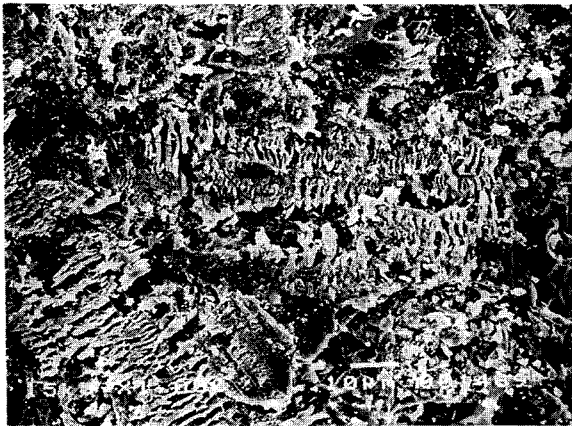


Fig. 4. Porcelain surface after grinding with white abrasive #20 stone. (Magnification 1000X)

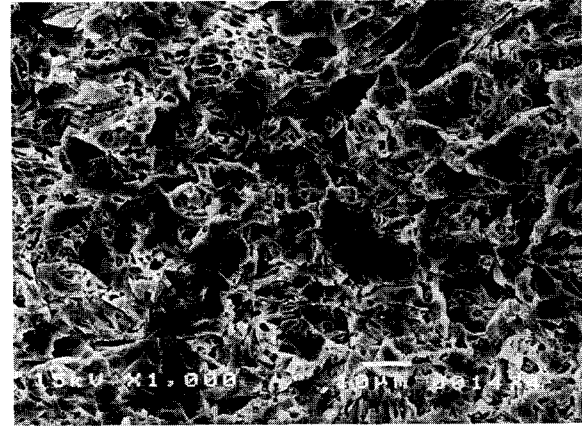


Fig. 7. Porcelain surface after sandblasting and etching with 8% hydrofluoric acid. (Magnification 1000X)

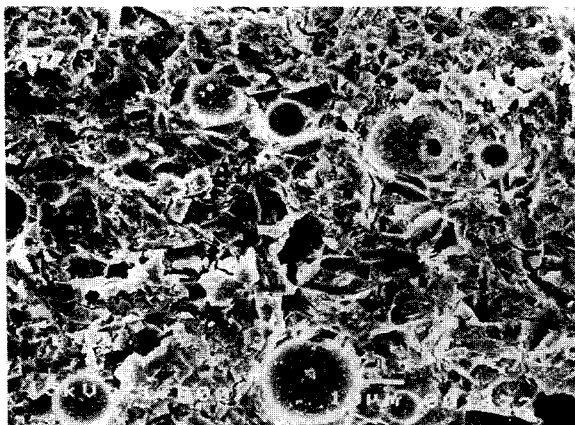


Fig. 5. Porcelain surface after sandblasting. (Magnification 1000X)

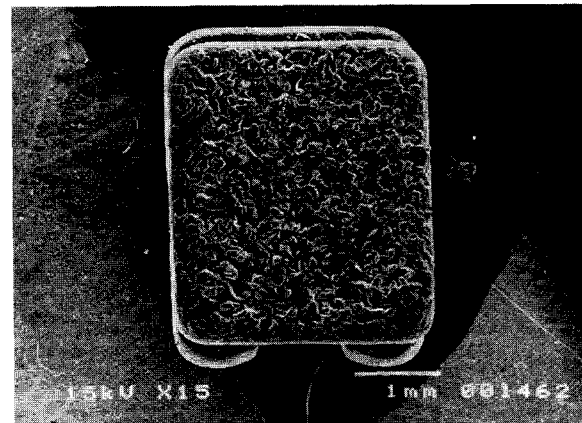


Fig. 8. Base of Transcend 6000 ceramic bracket. (Magnification 15X)

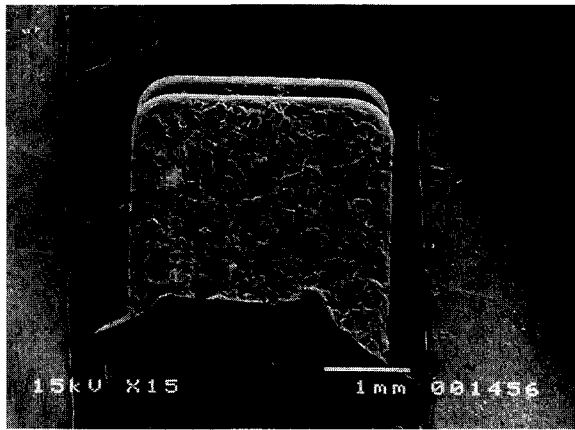


Fig. 9. Bracket base after debonding(Group 2, ARI score = 2). (Magnification 15X)

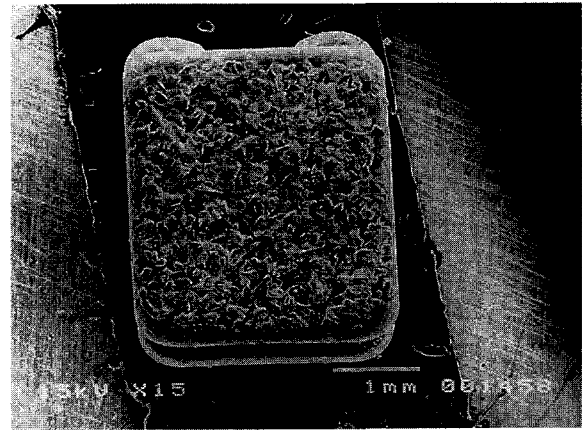


Fig. 10. Bracket base after debonding(Group 6). (Magnification 15X)

의 탈락된 브라켓 중 ARI 점수가 2인 것으로 레진 접착제가 브라켓 기저부에 일부 남아있는 것을 볼 수 있다. 그림 10은 6군의 브라켓 탈락 후 그 기저부로서 소량의 접착제가 부착되어 있는 소견을 보였으며 1군 및 일부 2군을 제외한 모든 군에서 이와 비슷한 양상을 보였다. 그림 11은 6군의 브라켓 탈락 후 도재 표면으로 거의 모든 접착제가 남아있으며 브라켓 기저부의 특징적인 형태가 인기되어 있고 이 또한 1군 및 일부 2군을 제외한 모든 군에서 비슷한 양상을 보였다.

IV. 고 찰

Whitlock III 등(1994)은 세라믹 브라켓을 도재에 접착하는 연구에서 도재표면에 silane을 사용한 군과 그렇지 않은 군 사이에 전단 접착강도에 있어서 유의성있는 차이를 보고하였다. Zelos 등(1994)은 glazing 되어 있는 도재표면에 silane을 도포하여 세라믹 브라켓을 접착한 후 측정된 인장 및 전단 접착강도가 세라믹 브라켓과 범랑질간의 접착강도와 유사하다고 보고하였다. 그 외에 많은 연구들이 도재에 대한 브라켓 접착시 silane의 중요성을 강조하였다(Wood et al, 1986 : Andreasen & Stieg, 1988 : Smith 등, 1988). 이에 본 실험에서는 모든 군에 silane을 처리함으로써 접착강도에 영향을 미치는 변수로서 silane을 제외시켰다.

Reynolds(1975)는 정상적인 교정력을 지탱할 수 있는 최소 전단 접착강도가 5.9-7.9 MPa(60-80 kg/cm²) 이라고 하였으며, McCarthy 와 Hondrum(1994)은 7MPa이라고 하였는 데, 표 2를 보면 도재의 표면처

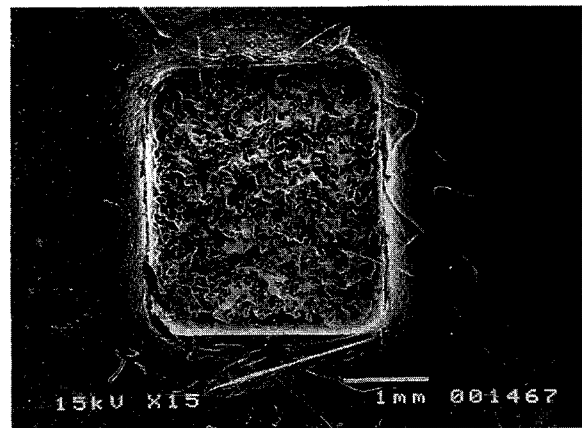


Fig. 11. Porcelain surface after debonding(Group 6). (Magnification 15X)

리 없이 silane을 도포한 1군의 전단 접착강도는 4.10 MPa로 이보다 낮은 값을 보였으며 임상적으로 적용하기에는 그 접착강도가 충분하지 못한 것으로 사료된다. 이 결과는 Evans(1991)의 15.6 kg와 Zelos 등(1994)의 13.6 kg보다 훨씬 작았으나 이들은 전단 접착강도를 kg으로 표시하고 브라켓의 표면적을 제시하지 않아 정확한 비교는 어려웠다.

2군부터 6군은 1군에 비해 유의성있는 증가를 보였으며 위에서 언급한 최소 전단 접착강도를 충족시켰다. 산부식 후 silane을 도포한 2군의 전단 접착강도는 6.12 MPa로 stone처리 후 silane을 도포한 3군(7.09 MPa)과는 유의한 차이가 없었으며 sandblasting 후 silane을 도포한 4군(7.54 MPa)과는 유의한 차이를 보

였다. 이와 같이 2, 3 및 4군은 한 가지 방법에 의한 표면처리 후 silane을 도포한 군들로서 금속브라켓을 이용하여 인장 접착강도를 측정한 김신근과 성재현(1996)의 연구에서는 유의차가 없었으나 본 연구에서는 2군과 4군이 유의한 차이를 보인 점이 달랐다. 따라서 충분한 접착강도를 얻기 위해서는 2군보다 4군의 표면 처리방법이 효율적일 것으로 사료된다.

불화수소산에 의한 도재의 산부식은 그 표면을 다공성으로 만들어 접착 레진과의 기계적인 결합을 증가시킨다(Kern & Thompson, 1994). 그러나 불화수소산에 의한 부식은 sandblasting에 의한 표면 처리보다 미세기계적인 양상이 미약하며(Zachrisson & Buyukyilmaz, 1993), 강산이므로 시술부위를 격리해야 하는 단점이 있다(Jochen, 1973; Moor & Manor, 1982). Sorensen 등(1991)은 비록 산부식이 접착강도를 증가시키지만 도재의 종류에 따라 상당한 변이가 있음을 보고하였다. Eustaquio 등(1988)과 Kao 등(1991)은 도재를 stone으로 처리시 표면에 미세한 균열이 발생하여 쉽게 도재의 파절을 가져 온다고 하였으며, 이런 이유로 Zachrisson 등(1996)은 도재의 표면처리 방법으로 sandblasting을 추천하고 있다.

stone, 산부식 및 silane을 처리한 5군(7.64 MPa)과 sandblasting, 산부식 및 silane 처리한 6군(7.33 MPa)은 서로 유의한 차이가 없었으며 3군 및 4군에 대해서도 유의성이 인정되지 않았다. 즉 3군과 4군에 비해 산부식이 추가된 5군과 6군은 효과적으로 전단 접착강도를 증가시키지 못하였으며 슬식의 간편성을 고려할 때 오히려 취약점을 갖고 있다.

본 실험의 전단 접착강도는 여러 저자들(Evans, 1991; Whitlock III, 1994; Zelos 등, 1994)의 결과보다 전반적으로 낮았는데, 이것은 도재, 브라켓 및 접착 레진의 종류와 실험 방법의 차이에서 기인하는 것으로 사료된다.

본 실험의 브라켓 탈락 양상을 보면 silane만 처리한 1군의 경우 도재/접착제 계면에서 탈락이 일어나면서 브라켓 기저부에 모든 접착제가 남았으며 이는 silane과 glazing 되어있는 도재와의 사이에 접착강도가 약함을 시사한다. 산부식 후 silane을 도포한 2군의 경우 대부분이 브라켓/접착제 계면에서의 탈락을 보였으나 일부는 접착제 내에서의 탈락을 보였다. 이 결과는 Whitlock III 등(1994)이 도재표면을 37% 인산(phosphoric acid) 부식 후 silane을 도포한 군의 경우와 마찬가지로 일정한 탈락양상을 보이지는 않았다. 3군부터 6군까지는 모두 브라켓/접착제 계면에서

의 탈락양상을 보였는데 silane만 처리한 1군과는 반대로 모든 접착제가 도재에 남아있어 표면처리된 도재가 효과적으로 silane과 접착레진에 결합함을 시사한다.

한편 여러 저자들이 브라켓 탈락시 도재의 파절에 대해 보고하였으나(Wood 등, 1986; Andreasen & Stieg, 1988; Eustaquio 등, 1988) 본 실험에서는 단 하나의 시편도 도재의 파절을 보이지 않았다. 이는 1군에서는 도재/접착제 계면의 결합강도가 전반적으로 낮았기 때문이며 그 외의 군에서는 브라켓/접착제 계면보다 훨씬 그 강도가 높아 도재 표면에 접착 레진이 남았기 때문으로 사료된다. 또한 Transcend 브라켓은 그 기저부가 기계적인 유지를 얻을 수 있도록 불규칙한 표면으로 처리되어 있으므로 도재표면에 대해 예각을 이루는 실리카 입자 부위에 stress가 집중되어 쉽게 브라켓/접착제 계면의 파절을 보인 것으로 사료된다(Viazis, 1990).

glazing되어 있는 도재표면은 주사전자현미경상에서 요철이 없는 매우 치밀한 소견을 보였으며 접착레진과의 기계적 결합을 이루기는 어려울 것으로 사료된다. 김신근과 성재현(1996)은 도재를 표면처리 후 주사전자현미경으로 관찰하고 산부식, stone처리 그리고 sandblasting 순으로 미세기계적인 양상이 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 그와 유사한 양상을 보였으며 산부식을 추가한 5, 6군의 경우 각각 3, 4군보다 더 조밀한 미세기계적 양상을 보였으나 유의성 있는 전단 접착강도의 증가는 없었다.

도재표면을 glazing 처리하면 도재가 갈라지는 현상이 감소하며(Giordano 등, 1994) 도재 수분물의 침미성은 증가한다. 교정용 브라켓 접착시 도재의 glazing 제거에 대해서는 그 의견이 다양하며 glazing의 제거 없이 silane만을 처리해도 적절한 접착강도를 얻을 수 있다고 보고한 연구들도 있다(Nebbe & Stein, 1996; Smith 등, 1988). 그러나 Zachrisson 등(1996)은 때로 장식형(feldspathic) 도재가 알루미나(alumina)에 의해 과도하게 글레이징 될 경우 실리카(silica)양의 감소로 silane 도포가 효과적이지 못할 수 있다고 하였다. 또한 구강내는 온도변화가 다양하여 열순환(thermocycling) 효과가 있어 실란의 접착력이 감소할 수 있으며(Myerson, 1969; Moffa 등, 1975), 시간 경과에 의해서도 감소할 수 있다(Stokes 등, 1988).

따라서 조심스럽게 접착부위의 glazing을 제거한 후 브라켓 접착을 시도할 경우 화학적 및 기계적 유

지를 위한 표면적의 증가(Wood 들, 1986)와 더불어 도재의 파절저항성을 향상시킬 수 있으며(Castellani 들, 1994), 브라켓 탈락 후 적절한 방법에 의한 레진 제거와 연마를 통해 원래의 도재 광택을 회복할 수 있을 것으로 사료된다(Eustaquio 들, 1988).

V. 맺음말

도재의 표면처리가 세라믹 브라켓의 전단 접착강도에 미치는 영향과 브라켓 탈락 양상을 알아보기 위해 60개의 Ceradent 도재 시편을 glazing 후 군당 10개씩 여섯 군으로 다음과 같이 분류하였다: 1군(silane), 2군(etching + silane), 3군(stone + silane), 4군(sandblasting + silane), 5군(stone + etching + silane), 6군(sandblasting + etching + silane) 통상적인 방법으로 세라믹 브라켓을 접착한 후 전단 접착강도를 측정하고 탈락양상을 육안 및 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면처리 후 silane을 도포한 2군부터 6군은 silane만을 도포한 1군에 비해 유의성있는 전단 접착강도의 증가를 보였다($P < 0.05$).
2. 한 가지 방법 이상으로 표면처리한 3군부터 6군은 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).
3. etching 표면 처리한 2군은 sandblasting 표면 처리한 4군과 복합 표면 처리한 5,6군에 비해 전단 접착강도가 낮았다.($p < 0.05$)
4. sandblasting 표면 처리한 4군은 주사 전자 현미경 소견상 복합 처리한 5,6군보다 감소된 요철 정도를 보였으나 전단 접착 강도 측정 결과 유의한 차이를 보이지 않았다.($p > 0.05$)

이상의 결론을 종합해볼 때 도재에 세라믹 브라켓을 접착하기 위해서는 한가지 이상의 방법에 의한 도재의 표면처리 후 silane을 도포해야 임상적으로 적절한 접착강도를 얻을 수 있으며, 술식의 간편성을 고려할 때 sandblasting 후 silane 처리를 하는 것이 효율적일 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

Andreasen GF, Stieg MA. Bonding and debonding brackets to porcelain and gold. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988 ; 93 : 341-345.

Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1984 ; 85 : 333-340.

Barbosa VLT, Almeida MA, Chevitarese O. Direct bonding to porcelain. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995 ; 107 : 159-164.

Castellani D, Baccetti T, Giovannoni A, Bernardini UD. Resistance to fracture of metal ceramic and all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1994 ; 7 : 149-153.

Eliades T, Lekka M, Eliades G, Brantley WA. Surface characterization of ceramic brackets : a multitechnique approach. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994 ; 105 : 10-18.

Eustaquio R, Garner LD, Moore BK. Comparative tensile strength of brackets bonded to porcelain with orthodontic adhesives and porcelain repair systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988 ; 94 : 421-425.

Evans BA. Shear and tensile bond strengths of ceramic orthodontic brackets : An in vitro evaluation. [Thesis] Minneapolis : University of Minnesota, 1991.

Giordano RA, Campbell A, Pober R. Flexural Strength of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze, and polishing. *J Prosthet Dent* 1994 ; 71 : 468-472.

Gottlieb EL, Vogels DS. Orthodontic practice study. Part 2 : practice success. *J Clin Orthod* 1984 ; 18 : 247-253.

Jochen DG. Repair of fractured porcelain denture teeth. *J Prosthet Dent* 1973 ; 29 : 228-230.

Kao EC, Boltz KC, Johnston WM. Direct bonding of orthodontic brackets to porcelain veneer laminates. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988 ; 94 : 458-468.

Karamouzos A, Athanasiou AE, Papadopoulos MA. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: a comprehensive review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997 ; 112 : 34-40.

Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic : volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994 ; 71 : 453-461.

Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellingers M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 1988 ; 60 : 288-291.

McCarthy MF, Hondrum SO. Mechanical and bond strength properties of light-cured and chemically cured glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1994 ; 105 : 135-141.

Moffa JP, Jenkins WA, Weaver RG. Silane bonding of porcelain denture teeth to acrylic resin denture bases. *J Prosthet Dent* 1975 ; 33 : 620-627.

Moor PA, Manor RC. Hydrofluoric acid burns. *J Prosthet*

- Dent 1982 ; 47 : 338-339.
- Myerson RL. Effects of silane bonding of acrylic resins to porcelain on porcelain structure. J Am Dent Assoc 1969 ; 78 : 113-119.
- Nebbe B, Stein E. Orthodontic brackets bonded to glazed and deglazed porcelain surfaces. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996 ; 109 : 431-436.
- Newman SM, Dressler KB, Grenadier MR. Direct bonding of orthodontic brackets to esthetic restorative materials using a silane. Am J Orthod 1984 ; 86 : 503-506.
- Olsen ME, Bishara SE, Jakobsen JR. Evaluation of the shear bond strength of different ceramic bracket base designs. Angle Orthod 1997 ; 67(3) : 179-182.
- Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1975 ; 2 : 171-178.
- Smith GA, McInnes-Ledoux P, Ledoux WR, Weinberg R. Orthodontic bonding to porcelain : bond strength and refinishing. Am J Orthod Dentofac Orthop 1988 ; 94 : 245-252.
- Sorensen JA, Kang SK, Avera SP. Porcelain-composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. Dent Mater 1991 ; 7 : 118-123.
- Stokes AN, Hood JAA, Tidmarsh BG. Effect of 6-month water storage on silane-treated resin/porcelain bonds. J Dent 1988 ; 16 : 294-296.
- Swartz ML. Ceramic brackets. J Clin Orthod 1988 ; 22 : 82-88.
- Viazis AD, Cavanaugh G, Bevis RR. Bond strength of ceramic brackets under shear stress : an in vitro report. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990 ; 98 : 214-221.
- Whitlock III BO, Eick JD, Ackerman RJ, Glaros AG, Chappell RP. Shear strength of ceramic brackets bonded to porcelain. Am J Orthod Dentofac Orthop 1994 ; 106 : 358-364.
- Wood DP, Jordan RE, Way DC, Galil KA. Bonding to porcelain and gold. Am J Orthod Dentofac Orthop 1986 ; 89 : 194-205.
- Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain. J Clin Orthod 1993 ; 27 : 661-675.
- Zachrisson YO, Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996 ; 109 : 420-430.
- Zelos L, Bevis RR, Keenan KM. Evaluation of the ceramic/ceramic interface. Am J Orthod Dentofac Orthop 1994 ; 106 : 10-21.
- 김신근, 성재현. 도재의 표면처리가 인장접착강도에 미치는 영향. 대한치과교정학 회지 1996 ; 26(3) : 301-307.

- Abstract -

Shear bond strength and debonding failure mode of ceramic brackets according to the surface treatment of porcelain

Lee, Jeong-Nam, Lee, Cheol-Won

Department of Dentistry, Catholic University Medical College, Seoul, Korea

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength and failure mode of ceramic brackets according to the surface treatment of porcelain.

Sixty porcelain samples were randomly divided into six groups of ten samples. Then they were treated as follows: Group 1(silane only), Group 2(etching + silane), Group 3(stone + silane), Group 4(sandblasting + silane), Group 5(stone + etching + silane), Group 6(sandblasting + etching + silane)

After surface treatment of porcelain, sixty Transcend 6000 brackets were bonded to the prepared porcelain surface and they were stored in 37 °C saline for 24 hours.

An Instron universal testing machine was used to test the shear bond strength of ceramic brackets to porcelain. After debonding, bases of ceramic brackets and porcelain surfaces were examined under scanning electron microscope(SEM)

to determine failure mode. Statistical analysis of the data was carried out with one-way ANOVA and Duncan's multiple range test.

The results were as follows :

1. The shear bond strength of surface-treated groups 2 to 6 was higher than that of only silane-treated group 1, and there was statistical significance. ($P < 0.05$)
2. There was no significant difference among the groups 3 to 6. ($P > 0.05$)
3. The shear bond strength of etching-surface treated group 2 was significantly lower than those of sandblasting-surface treated group 4, complex surface treated group 5 and group 6.
4. According to the scanning electromicroscopic images, the surface roughness of sandblasting-surface treated group 4 was less than those of the group 5 and 6, but there was no significant difference in the shear bond strength. ($P > 0.05$)

As a conclusion we can have a clinically adequate bond strength when an application of silane is done after the treatment of porcelain surface with more than one way to bond ceramic bracket on the porcelain. Also, it is considered that the sandblasting and application of silane is effective for the simplification and convenience of the treatment.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 28 : 1-15

※ **Key words** : porcelain, shear bond strength, ceramic bracket