

TiN Ion-Plating이 교정용 브라켓의 접착강도에 미치는 영향

김 석 용¹⁾ · 권 오 원²⁾ · 김 교 한³⁾

TiN ion-plating이 교정용 브라켓의 접착강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 세 종류의 서로 다른 기저면형태를 가지는 스테인레스 스틸제의 브라켓을 선택하고, TiN ion-plating 된 브라켓과 ion-plating 되지 않은 브라켓을 치아에 접착시켰을 때 초기 및 장기접착강도, 접착계면의 주사전자현미경 관찰, 파단면의 주사전자현미경 관찰을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- TiN ion-plating을 하지 않은 경우 24 시간 후의 접착강도는 Micro-Loc형이 5.89 ± 1.77 MPa, Foil Mesh형이 4.27 ± 1.12 MPa, Undercut형이 2.64 ± 0.58 MPa로 Micro-Loc형이 가장 높았고, 그 다음이 Foil Mesh형 그리고 Undercut형의 순으로 나타났다($P < 0.05$).
- TiN ion-plating시 24시간 후의 접착강도는 Micro-Loc형이 6.26 ± 1.51 MPa, Foil Mesh형이 7.45 ± 2.01 MPa, Undercut형이 2.93 ± 0.84 MPa로 ion-plating 하지 않은 경우와 달리 Foil Mesh형이 Micro-Loc형보다 오히려 높게 나타났고, Undercut형이 역시 가장 낮은 접착강도를 나타내었다($P < 0.05$).
- Ion-plating 유무에 따른 24시간 후의 접착강도는 3가지형 모두에서 ion-plating시 증가하였으나 Foil Mesh형에서만 유의한 증가가 있었다($P < 0.001$).
- 장기침적시 ion-plating의 유무에 관계없이 전반적으로 초기(1일)접착강도보다 증가하였으며 접착력의 안정성을 나타내었다.
- 접착계면의 주사전자현미경 관찰 결과 브라켓 기저면의 형태나 ion-plating 유무에 관계 없이 레진이 브라켓 기저면으로 잘 퍼져들어가 브라켓과 치아와의 사이에 견고한 접착면을 나타내었고, 장기침적의 경우도 같은 양상을 나타내었다.
- 파단면의 주사전자현미경 관찰에서는 다양한 파괴양상이 나타났다.

(주요단어 : TiN ion-plating, 기저면 형태, 접착강도)

I. 서 론

치아면에 교정용 장치의 직접접착은 Buonocore⁸⁾가 치아면을 산부식함으로써 레진에 대한 결합력의 증가를 보고한 이래 가능하게 되었고, 이러한 방법이 교정치료 중의 금속성 교정용 장치물의 비침미성을 향

상시킬 수 있는 계기가 되었다.

그 이후 치아의 색깔과 유사한 색상을 갖는 플라스틱 브라켓 또는 세라믹 브라켓이 개발되었고, 최근에는 교정용 선재에 여러 가지 색깔의 테프론을 입히는 등의 방법들이 모색되어, 현재 임상에서 많이 사용되고 있다.

플라스틱 브라켓은 1960년대에 소개된 이래 뛰어난 심미성 때문에 전치의 이동을 필요로 하는 성인환자에서 사용되어 왔으나 재료 강도의 부족^{24,25,28,30)}, 교정력에 의한 뒤틀림과 마모¹²⁾ 등의 결점으로 인해 널리 사

¹⁾ 경북대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생

²⁾ 경북대학교 치과대학 교정학교실, 교수

³⁾ 경북대학교 치과대학 치과재료학교실, 부교수

용되고 있지 않다. 또 세라믹 브라켓은 심미적으로 우수하고, 강도가 높은 장점이 있으나^{33,36)}, 브라켓에 대합되는 치아의 마모³⁹⁾, 장치물의 마찰저항의 증가^{19,37)}, debonding시 에나멜의 파절 등의 문제 등을 안고 있다.

따라서 강도나 내구성에서 우수한 기존의 금속 브라켓이 많이 사용되게 되었고, 금속 브라켓의 심미성을 높일 수 있는 방법에 대한 연구가 이루어졌다. 그 한 방법으로 진공증착기술의 하나인 ion-plating 법²³⁾이 소개되었고, 모재 금속과 가스의 종류에 따라 여러 가지 색깔의 피막이 얻어지나, 그 가운데에서도 TiN 피막은 내마모, 내식성이 뛰어나고, 특히 심미성이 뛰어나 상업적, 공업적으로 광범위하게 응용되고 있다^{1,5)}. 교정영역에서도 이러한 TiN 피막의 이용에 대한 연구가 이루어져 왔으며, 현재까지 교정용 선재, 스테인레스 스틸 밴드의 TiN 피막처리에 의한 심미성²⁾, 변색 및 내식성⁴⁾, 마찰저항⁶⁾, 금속 유리에 대한 연구³⁾가 이루어져, 실제 구강내에서 TiN 피막처리된 교정용 장치물의 사용에 대한 안정성은 얻어지고 있다. 그러나 교정용 브라켓에서 심미성을 높이는 방법으로 TiN 피막처리를 행할 경우, 브라켓의 전체면에 TiN 피막이 입혀지고, 브라켓은 교정용 선재나 밴드와는 달리 직접 치아에 접착되어야 하므로, TiN 피막처리가 브라켓의 치아에 대한 접착력에 어떠한 영향을 미치는가가 대단히 중요하다.

본 연구에서는 세 종류의 서로 다른 기저면형태를 가지는 스테인레스 스틸제의 브라켓을 선택하고, 이들 브라켓에 TiN ion-plating을 행하여 TiN ion-plating 된 브라켓과 ion-plating 되지 않은 브라켓을 치아에 접착시켜 초기 및 장기침적시의 접착강도를 측정, 비교함으로써, TiN ion-plating이 브라켓의 접착강도에 미치는 영향에 관하여 알아보았다.

II. 재료 및 방법

1) 실험재료

교정 치료를 위해 발거된 소구치 중에서 우식이나 수복물이 없고, 치관이 건전한 치아를 골라 피착재로 사용하였다. 발거된 치아는 즉시 흐르는 물에 깨끗이 씻어 혈액이나 이물질 등을 제거한 후 생리식염수에 보관 후 실험시 사용하였다. 브라켓은 소구치형을 사용하였고 내면의 형태에 따라 3가지 즉, Micro-Loc형(Tomy Co., Tokyo, Japan), Foil Mesh형(Tomy Co., Tokyo, Japan), 그리고 Undercut형(3M Unitek,

Monrovia, U.S.A.)을 선택하였고, 접착용 레진으로는 교정용 no mix adhesive인 Ortho-one(Bisco INC., Itasca, U.S.A)을 사용하였다.

2) TiN ion plating 처리

TiN ion-plating 처리를 하는 브라켓은 먼저 trichloroethane, NaOH, distilled water, isopropyl alcohol 등으로 차례로 초음파세척하여 탈지한 후, 진공조내에서 진공(약 10^{-5} torr)으로 배기한 다음 Ar gas를 주입시키면서 약 10분간 Ar gas bombardment를 행함으로써 TiN 피막의 접착력을 높이기 위한 전처리를 행하였다.

TiN 피막처리에는 ARC 방전형 고진공 ion-plating 장치(PG-5Y, Ion-plating system, Shinko Co., Japan)를 사용하였다. 이 장치는 상업용으로 이용되는 장치로서 특별히 방전용 가스를 사용하지 않고 증발물의 증기압을 이용하여 arc 방전을 일으켜 증발물을 이온화시키는 원리를 가진다. 진공조를 $10^{-5} - 10^{-7}$ torr 정도의 고진공으로 유지하고 전자 beam 방식에 의해 증발물(Ti)에 정전압을 걸어 주면, 증발물에서 열전자가 방출하게 되고, 이 열전자들은 이온화전극과 만나게 되어 전자들과 증발전자의 충돌에 의해서 이온화된다. 이온화된 증발입자는 높은 에너지를 가지면서 반응성 가스(N_2)와 반응하여 피처리물에 증착되고 이때 약 1-2 μ m의 TiN 피막이 형성된다. 이 때 얻어지는 TiN 피막의 색채는 반응가스의 분압에 의해서 결정되며, 본 실험에서는 가스 분압을 6×10^{-4} torr로 하였으며, Type IV 금합금보다 약황색이 강하고 채도가 큰 색채적 성질을 보이며, Type II 금합금과는 비슷한 채도에 약간 강한 황색빛을 내고, 순금보다는 낮은 채도에 약간 강한 황색을 나타내었다.

3) 접착 시편 제작

치아를 미세한 pumice로 연마한 후, 37% 인산수용액으로 치관협면 중앙부위를 30초간 부식시킨 후, 30초간 수세, 5초간 건조시켰다. 그 후 Ortho-one kit에 있는 primer를 브라켓과 치아에 차례로 도포한 다음, 브라켓에 레진을 올리고 산처리된 치아에 접착시키면서 가볍게 눌러 주고, 과잉의 레진을 제거하였다. 시편은 브라켓 기저면의 형태와 ion-plating의 유무에 따라 6개의 군으로 나누었다.

제 I 군은 브라켓 기저면이 Micro-Loc형, 제 II 군은 Foil Mesh형, 제 III 군은 Undercut형의 각각 Ion-

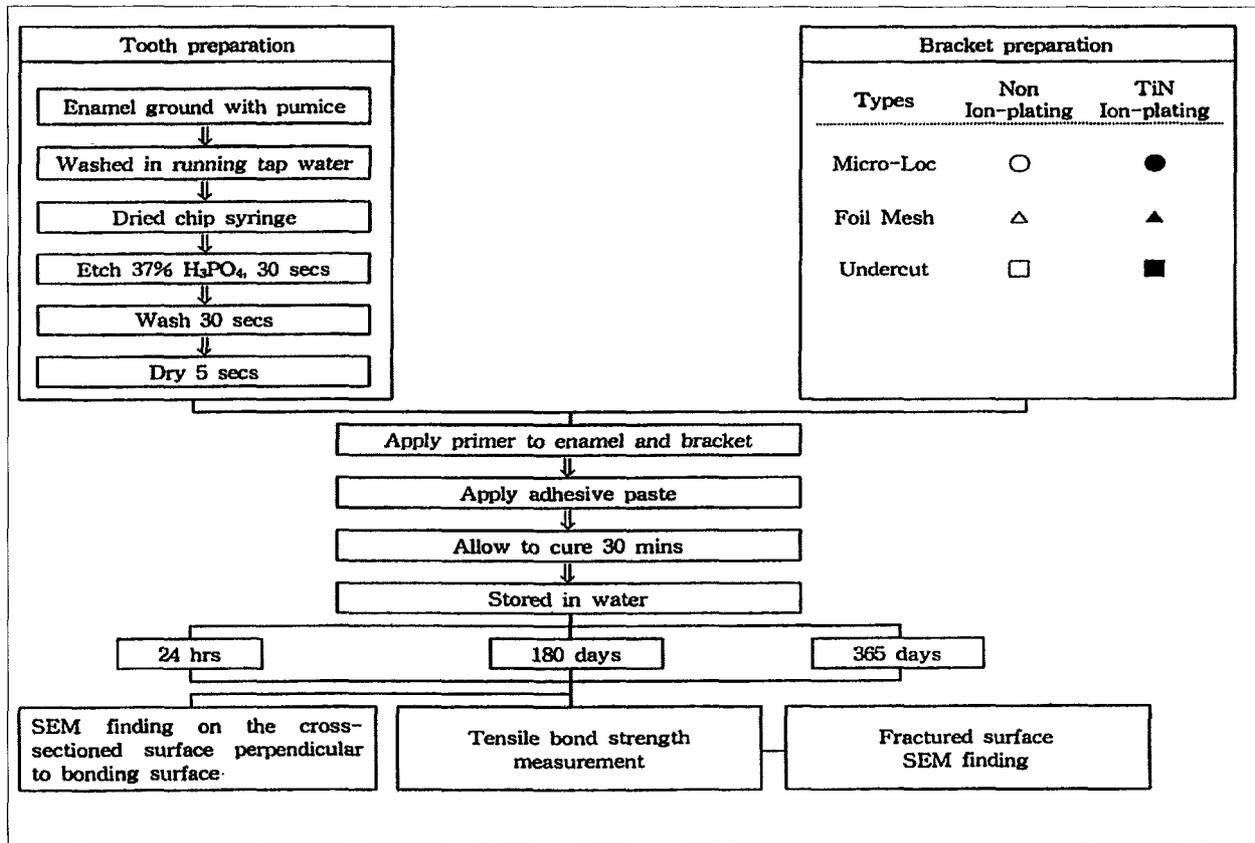


Fig. 1. Block diagram of experimental procedures used in this study

plating을 하지 않은 경우로 정하였고, 제IV군, 제V군, 제VI군은 I군, II군, III군의 ion-plating한 경우로 정하였다.

4) 접착강도 측정

제작된 시편은 실온에 30분간 방치 후 37°C의 항온조에 24시간, 6개월, 12개월 보관 후 만능시험기(4202, Instron, Instron Co., U.S.A)에서 치질에 대한 브라켓의 인장접착강도를 측정하였고, 이때 crosshead speed는 1mm/min로 하였다.

인장시험에 의해서 얻어지는 최대하중을 구하여 브라켓 기저면의 면적으로 나누어 접착강도를 계산하였다. SPSS 통계처리용 컴퓨터 프로그램을 이용하여 각 군의 평균과 표준편차를 구하였으며, TiN ion-plating 유무에 따른 24시간 후의 접착강도 비교는 t-test, 브라켓 기저면의 형태에 따른 24시간 후의 접착강도 비교는 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

5) 주사전자현미경 관찰

브라켓 기저면의 형태, 그리고 인장접착강도 측정 후 탈락된 브라켓 기저면의 양상 및 치아의 양상을 주사전자현미경(S-2300, SEM, Hitachi Co., Ltd., Japan)으로 관찰하였다.

브라켓 기저면 형태에 따른 브라켓 접착면의 양상을 관찰하기 위해 브라켓이 접착된 치아를 low speed diamond saw(Isomet, Buehler LTD., U.S.A)로 주수하에 접착면에 수직인 방향으로 절단한 후 역시 주사전자현미경으로 관찰하였다.

이상의 실험과정을 Fig. 1에 나타내고 있다.

III. 성 적

1 브라켓 기저면의 주사전자현미경 관찰

브라켓 기저면의 주사전자현미경 관찰 결과를 Fig. 2에 나타내고 있다. 각 형태의 브라켓에서 ion-

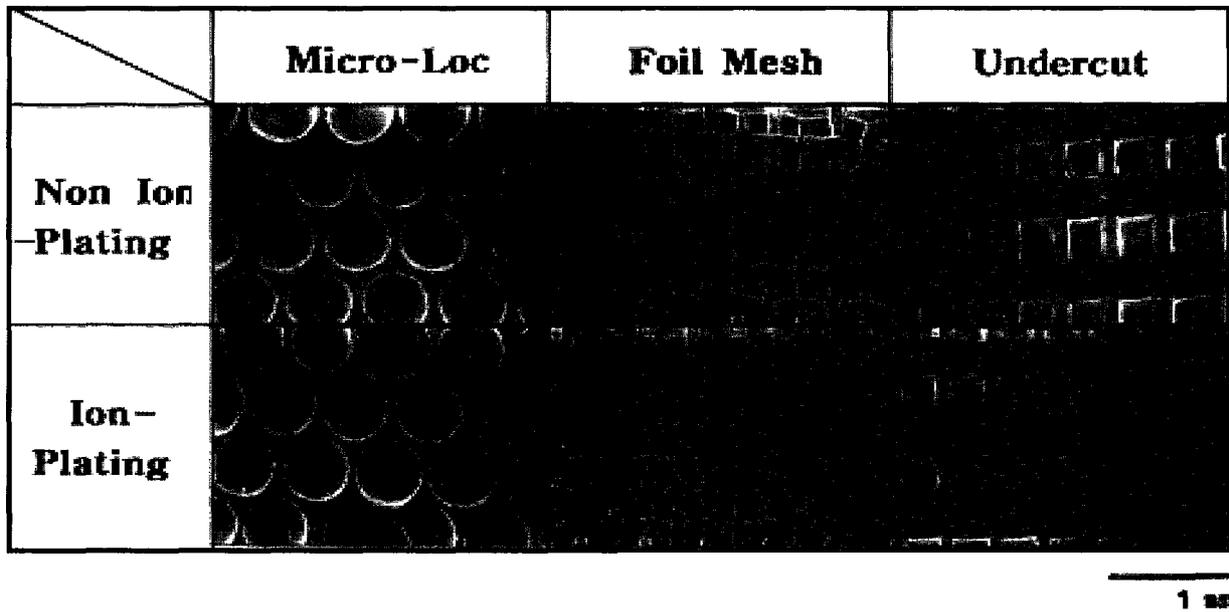


Fig. 2. Scanning electron micrographs of the bonding base from 3 types of TiN ion-plated and non ion-plated brackets

plating한 경우와 하지 않은 경우의 차이는 주사전자 현미경 관찰상에서는 나타나지 않았다. Micro-Loc형은 직경 약 0.4 mm의 반구형태의 둥근 홈이 브라켓 기저면에 형성되어 있고, 또 전체 표면에는 etching에 의해서 얻어진 매우 미세한 요철부가 형성되어 있고 점용접된 흔적이 관찰되었다.

Foil Mesh형도 점용접된 부분이 관찰되었고 1 mm에 약 4개의 block이 형성될 정도로 미세한 선들이 서로 교차되어 있는 형태를 나타내고 있다.

Undercut형은 기저면에 톱니모양의 사각돌기 부분이 형성되어 있고, 사각돌기부 사이에는 undercut이 형성되어 있다.

레진과의 접촉면적은 Micro-Loc형, Foil Mesh형, Undercut형의 순으로 큰 것으로 예상된다.

2. 접착강도

Ion-plating의 유무에 따른 24시간 후의 접착강도를 Fig. 3, Table 1에 나타내고 있다.

Ion-plating을 하지 않은 경우 Micro-Loc형은 5.89 ± 1.77 MPa, Foil Mesh형은 4.27 ± 1.12 MPa, Undercut형은 2.64 ± 0.58 MPa로 나타났다.

Micro-Loc형(I군)은 다른 두 형보다 유의성 있게 높은 접착강도를 나타내었고(P<0.05), Foil Mesh형도

Table 1. Tensile bond strength of three types of bracket (24 hrs) (Unit . MPa)

Condition	Group	Micro-Loc	Foil Mesh	Undercut
Non Ion-Plating		5.89 ± 1.77	4.27 ± 1.12	2.64 ± 0.58
Ion-Plating		6.26 ± 1.51	7.45 ± 2.01***	2.93 ± 0.84

*** : P<0.001

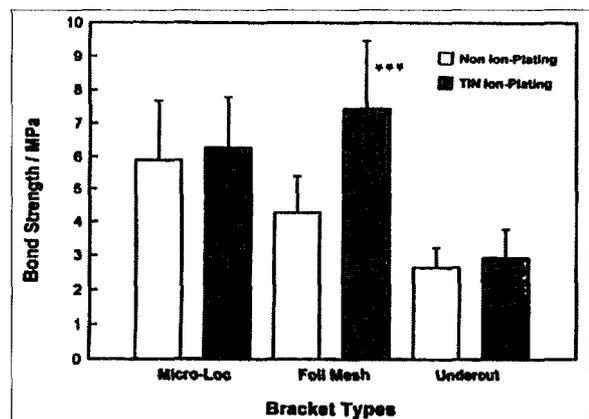


Fig. 3. Bond strength of 3 types of TiN ion-plated and non ion-plated bracket(24 hrs).

*** : P<0.001

Table 2. Comparison of bond strength between each group (Non Ion-Plating, 24 hrs)

Group	I	II	III
I			
II	★		
III	★	★	

Table 3. Comparison of bond strength between each group (TiN Ion-Plating, 24 hrs)

Group	V	IV	VI
V			
IV	★		
VI	★	★	

Table 4. The effect of immersion period on the bonding strength (Unit . MPa)

Condition \ Group	Micro-Loc			Foil Mesh			Undercut		
	1 day	180 days	365 days	1 day	180 days	365 days	1 day	180 days	365 days
Non Ion-Plating	5.89 ±1.77	8.68 ±1.46	7.33 ±1.23	4.27 ±1.12	5.88 ±1.79	6.66 ±2.07	2.64 ±0.58	4.73 ±1.06	4.08 ±1.71
Ion-Plating	6.26 ±1.51	6.16 ±1.33	7.19 ±0.72	7.45 ±2.01	11.35 ±1.83	10.90 ±3.59	2.93 ±0.84	4.50 ±0.60	4.88 ±0.90

Undercut형(III군)보다 유의성 있게 높은 접착강도를 나타내었다(P<0.05) (Table 2).

TiN ion-plating을 한 경우 Micro-Loc형은 6.26±1.51 MPa, Foil Mesh형은 7.45±2.01 MPa, Undercut형은 2.93±0.84 MPa로 나타났다. Ion-plating 하지 않은 경우와 달리 Foil Mesh형(V군)이 다른 두 형보다 유의성 있게 높은 접착강도를 나타내었고(P<0.05), Micro-Loc형(IV군)도 Undercut형(VI군)보다 유의성 있게 높은 접착강도를 나타내었다(P<0.05) (Table 3).

Ion-plating 유무에 따른 24시간 후의 접착강도는 Micro-Loc형에서 ion-plating한 IV군이 6.26±1.51 MPa으로 I군 보다 약간 증가하였으나 통계학적으로는 유의성이 없었고(P>0.05), Foil Mesh형에서 ion-plating한 V군이 7.45±2.01 MPa로 II군 보다 유의한 증가가 있었고(P<0.001), Undercut형에서 ion-plating한 VI군이 2.93±0.84 MPa로 III군 보다 약간 증가하였으나 통계학적으로는 유의성이 없었다(P>0.05)

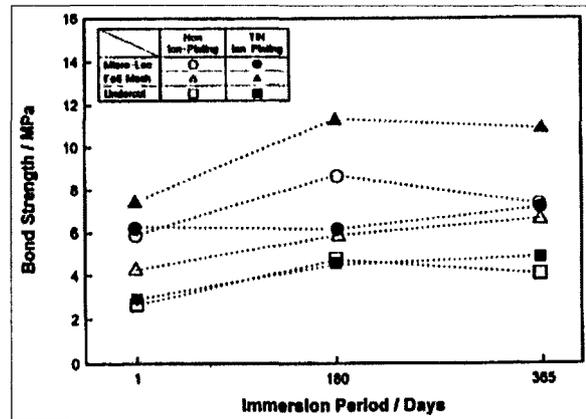


Fig. 4. The effect of immersion time on the bond strength of 3 types of TiN ion-plated and non ion-plated bracket.

(Table 1, Fig 3).

한편 장기침적의 실험결과를 Fig. 4, Table 4에 나타내고 있다.

Ion plating을 한 경우와 하지 않은 경우 모두에서 장기침적에 따른 접착강도는 IV군의 180일을 제외하고는 초기(1일) 접착강도보다 15-79% 정도 증가하였다.

3. 접착계면의 주사전자현미경 관찰

Fig. 5와 6에 1일과 365일 후의 각 브라켓의 치아에 대한 접착계면의 SEM 상을 보이고 있다. 브라켓 기저면의 형태나 ion-plating 유무에 관계없이 레진이 각 브라켓 기저면으로 잘 퍼져들어가 브라켓과 치아와의 사이에 견고한 접착면을 나타냄을 알 수 있고, 장기침적한 경우에도 접착계면은 초기와 비교해서 변화를 관찰할 수 없었다.

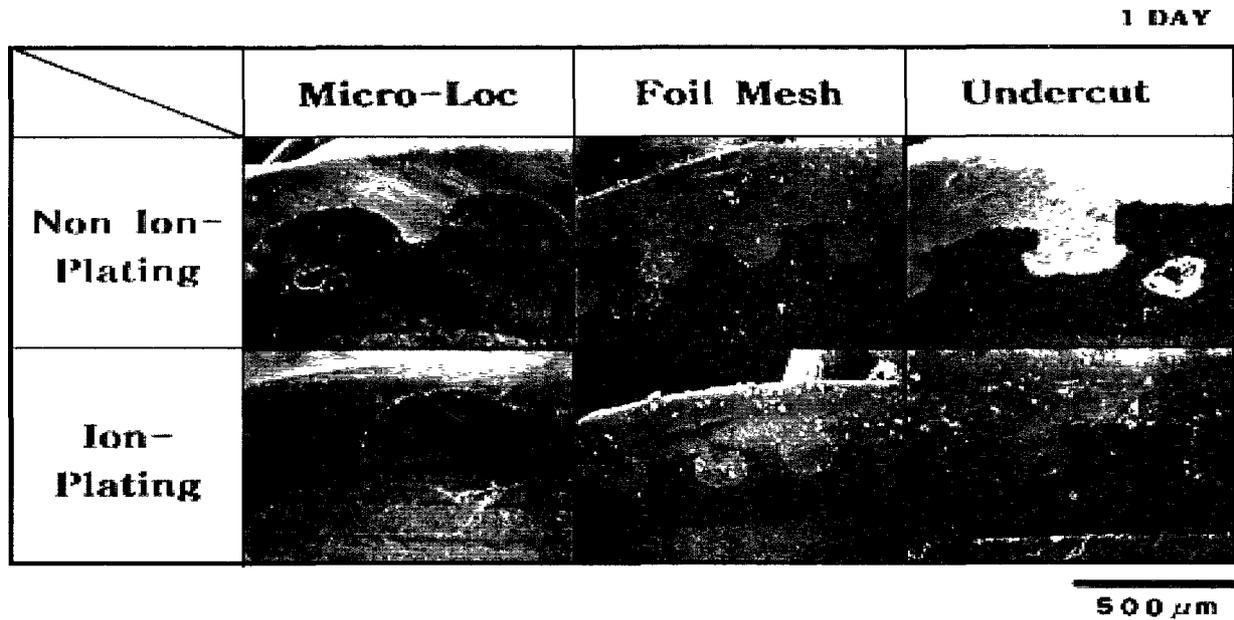


Fig. 5. Scanning electron micrographs of cross-sectioned surface perpendicular to the bonding surface of 3 types of TiN ion-plated and non ion-plated of brackets(1 day). (B - bracket, R - adhesive resin, E - enamel)

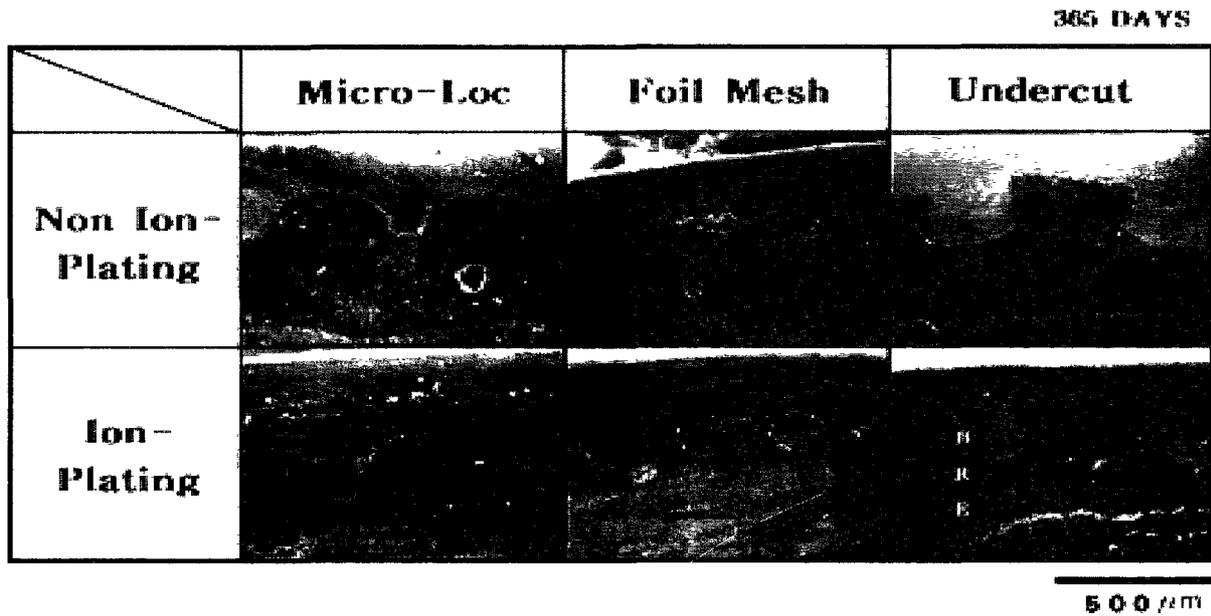


Fig. 6. Scanning electron micrographs of cross sectioned surface perpendicular to the bonding surface of 3 types of TiN ion-plated and non ion plated of brackets(365 days) (B - bracket, R - adhesive resin, E - enamel)

4. 파단면의 주사전자현미경 관찰

Fig. 7 - 15에서는 세 가지의 브라켓 기저면 형태에

따른 1일, 180일, 365일 동안 침적후 각각의 치아측과 브라켓측 파단면의 주사전자현미경 관찰 결과를 보여주고 있다.

Micro-Loc Type

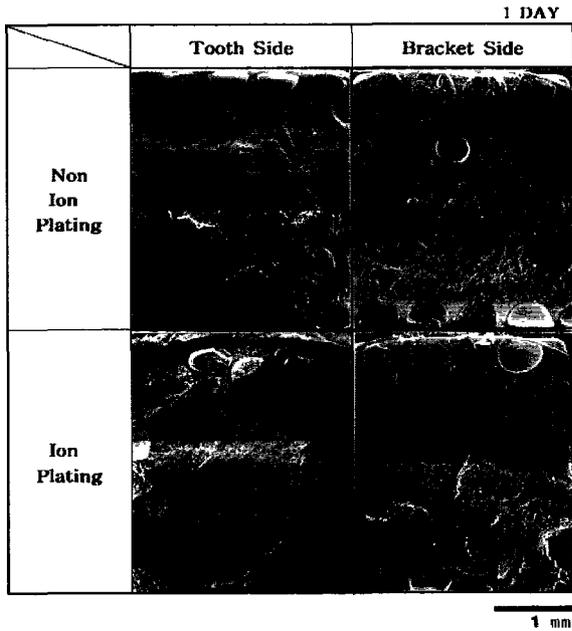


Fig. 7. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Micro-Loc type, 1 day).

Micro-Loc Type

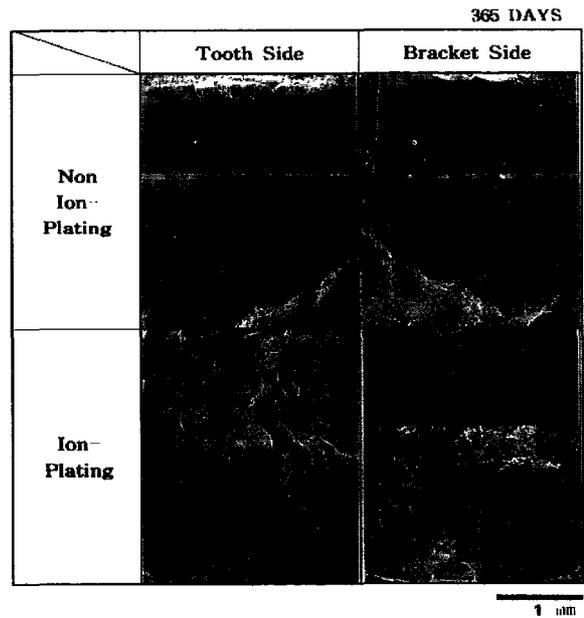


Fig. 9. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Micro-Loc type, 365 day).

Micro-Loc Type

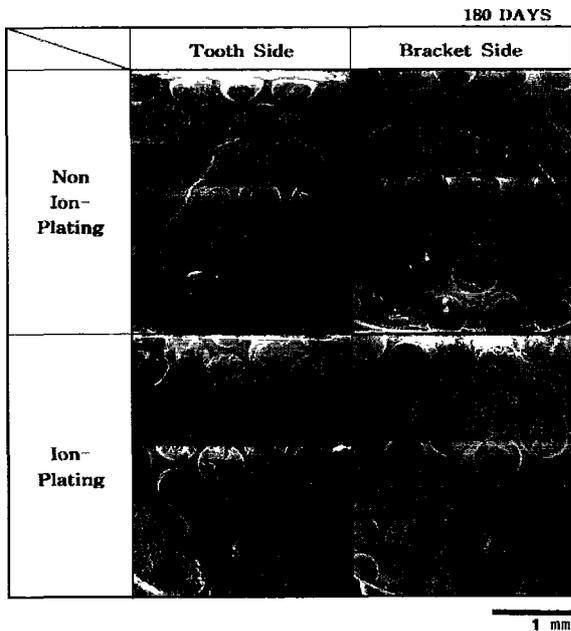


Fig. 8. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Micro-Loc type, 180 days).

Foil Mesh Type

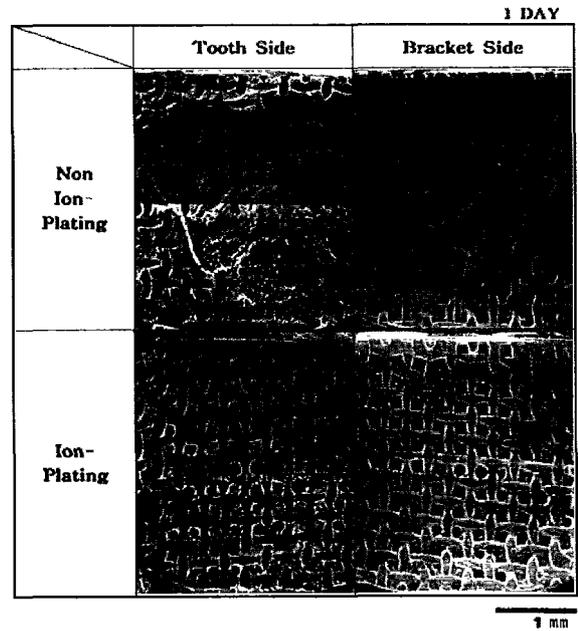


Fig. 10. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Foil Mesh type, 1 day).

Foil Mesh Type

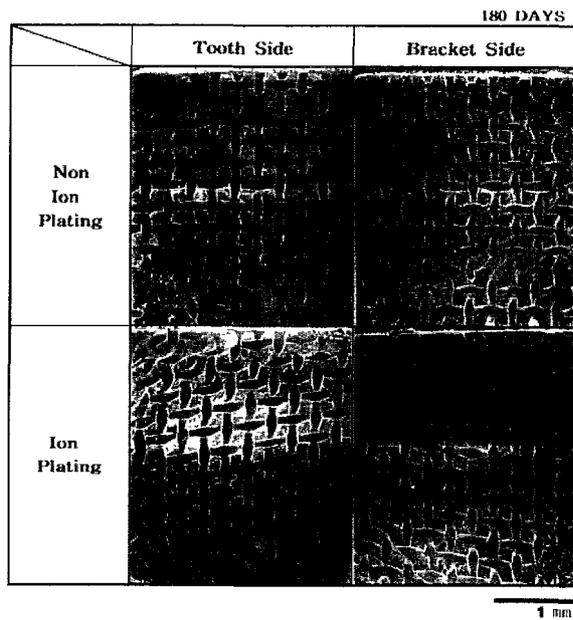


Fig. 11. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Foil Mesh type, 180 days)

Undercut Type

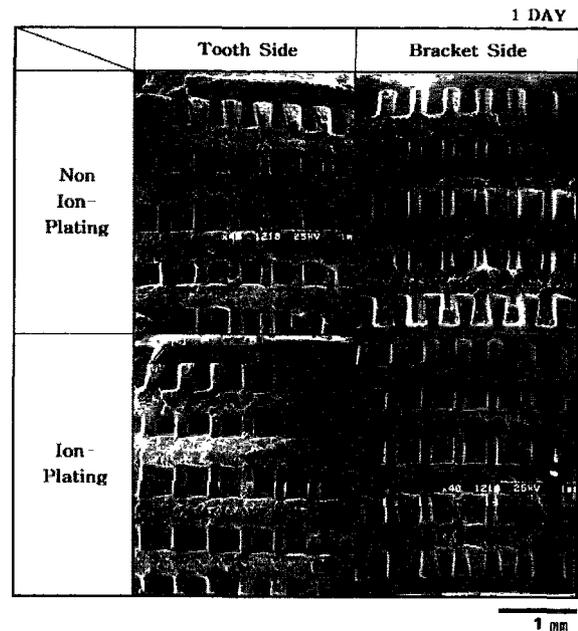


Fig. 13. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Undercut type, 1 day)

Foil Mesh Type

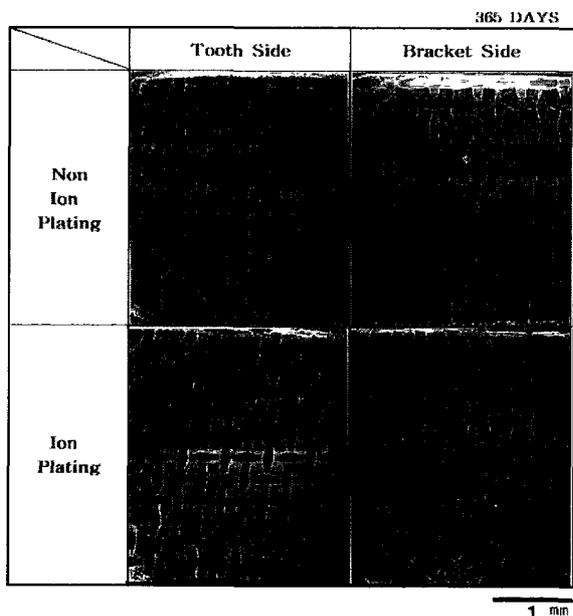


Fig. 12. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Foil Mesh type, 365 days).

Undercut Type

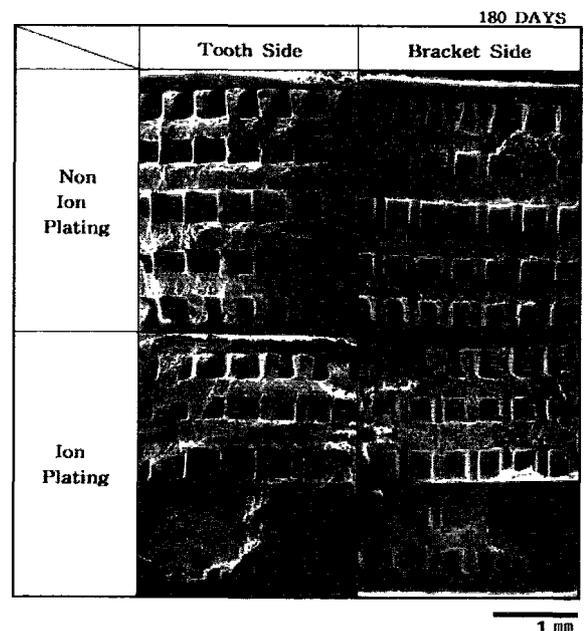


Fig. 14. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Undercut type, 180 days).

Undercut Type

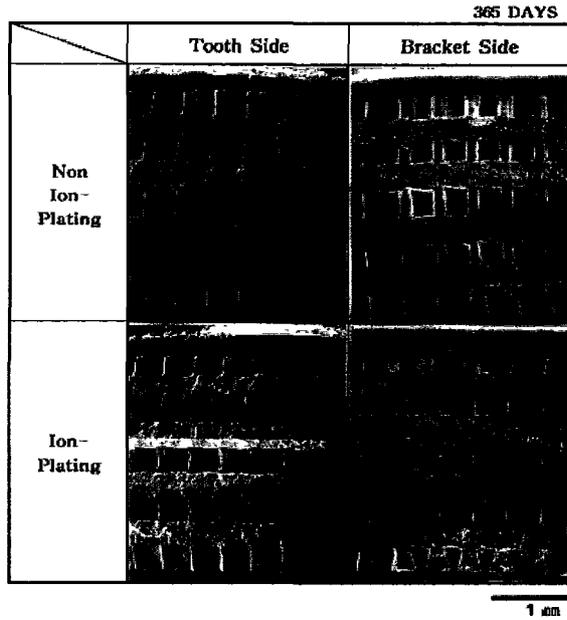


Fig. 15. Scanning electron micrographs of tooth aspect and bracket aspect of tested specimens(Undercut type, 365 days).

Micro-Loc형에서 1일간 침적시 대부분 치아쪽에 가까운 레진 내부에서 응집파괴가 나타났고 180일간 침적한 경우 브라켓쪽에 가까운 부분, 즉 브라켓 기저면의 홈부분내에서 레진의 응집파괴가 나타났다. Ion-plating 하지 않고 365일간 침적한 경우 치질과 레진과의 계면에서 계면파괴가 나타났다.

Foil Mesh형에서는 ion-plating 하지 않고 1일간 침적시 치아쪽에 가까운 레진 내부에서 응집파괴가 나타났고, ion-plating 하고 1일간 침적시 브라켓과 레진의 계면에서 파괴가 나타났다. ion-plating 하지 않고 180일간 침적시 일부는 치아쪽 레진 내부에서 나머지는 레진과 브라켓의 계면에서 분리가 일어났고 ion-plating 하고 180일간 침적시 대부분 mesh 밑 부분의 레진 내부에서 응집파괴가 나타났다. Ion-plating 하지 않고 365일간 침적시 부분적으로 치아쪽으로의 레진 내부에서 파괴가 나타났다. Ion-plating의 경우 180일 침적의 경우와 같이 mesh 밑 부분의 레진 내부에서 응집파괴가 나타났다.

Undercut형에서는 ion-plating 유무나 침적기간과 관계없이 거의가 undercut 부위에서는 레진 내부의 응집 파괴가, 톱니모양의 사각돌기부에서는 브라켓과

레진의 계면에서 분리되는 양상으로 나타났다.

IV. 고 찰

치과 교정용 재료로서 스테인레스 스틸은 우수한 내식성 및 기계적 성질을 가져 브라켓, 밴드, 교정용 선재로 가장 많이 사용되어 왔다. 스테인레스 스틸 브라켓의 경우 특유의 금속색의 비심미성으로 인해 일부 환자들이 기피하게 되었고, 그 결과 심미성이 뛰어난 플라스틱 브라켓, 세라믹 브라켓 등과 같이 치아와 유사한 색상을 가지는 브라켓의 개발 등 교정장치물의 심미성을 개선하기 위한 노력이 이루어져 왔다. 그러나 심미성을 개선시킨 브라켓들은 가격 면에서 비싸고, 선재와의 마찰저항을 증가시키거나^{33,36)}, 변형, 파절¹²⁾, 법랑질의 손상³⁹⁾ 등의 여러 가지 문제점을 야기시켜 이러한 면들을 종합적으로 평가해 볼 때 스테인레스 스틸 브라켓이 오히려 유리한 조건을 가진 면도 있다.

오래 전부터 금속성 재료의 심미성을 증가시키고 동시에 내식성이나 내마모성을 증가시키기 위한 표면처리기술이 도입되었고, 1960년대에는 진공증착기술과 저온플라즈마기술을 응용한 PVD(Physical Vapor Deposition)의 하나인 ion-plating 법²³⁾이 개발되었다.

최근에는 상업용으로 방전용 가스가 필요하지 않으며 분위기에도 영향을 받지 않고 고순도의 피막을 형성시킬 수 있는 ARC 방전형 고진공 ion-plating 장치가 개발되어 내식성, 내마모성, 내마찰성 등의 물리적 특성이 우수한 피막을 형성할 수 있게 되었다. 특히 TiN 피막은 고휘점, 고경도, 내식성, 내마모성 등의 성질이 우수하며, 초경공구의 피복¹⁵⁾, 반도체 분야의 박막저항체, 금빛 광택을 이용한 표면장식용 제품에 많은 응용이 시도되고 있다.

치과용 재료에 대한 ion-plating 법의 응용에 대한 연구는 吉成⁴¹⁻⁴³⁾는 치과용 수복재료에 대한 TiN ion-plating 처리에 의해 기계적 성질 및 내변색성의 개선과 심미성을 보고하였고, 권과 김²⁾은 스테인레스 스틸계 교정용 선재의 TiN ion-plating에 대해서 연구하여 심미성과 기계적 성질의 개선이 있었음을 보고하였고, 김 등⁴⁾은 TiN ion-plating 교정용 장치물의 변색 및 내식성을, 장 등⁶⁾은 TiN 피막처리된 교정장치물의 마찰저항에 대해서, 김 등³⁾은 TiN ion-plating 한 교정용 스테인레스 스틸의 금속유리에 대한 연구를 수행함으로써 교정용 장치물에 대한 TiN

피막처리의 이용이 심미성을 향상시키는 점 이외에도 많은 장점이 있음이 입증되었다. 그러나 스테인레스 스틸 브라켓에 TiN 피막처리를 행할 경우 심미성의 향상은 이루어지나 TiN 피막은 브라켓 전면뿐 아니라 치질과 접착해야 하는 기저면까지도 TiN 피막이 형성되어, 치질과 브라켓과의 접착강도에 어떠한 영향이 미칠 지에 대해서는 흥미로운 점이 많다.

본 실험에서는 스테인레스 스틸 브라켓 중에서 현재 가장 많이 사용되는 기저면 형태 가운데 Micro-Loc형, Foil Mesh형, Undercut형의 3 종류를 선택하여 TiN ion-plating시킨 다음, 치질과의 접착강도를 평가하여 TiN ion-plating 하지 않은 브라켓의 접착강도값과 비교함으로써 접착강도에 미치는 TiN ion-plating의 효과에 대해서 검토하였다.

브라켓 기저면의 형태는 처음 perforated base와 curled lip base가 소개되었고 Lee 등²⁰⁾은 접착력이 perforated base의 경우 5-16 pounds의 범위이고, curled lip base는 8-23 pounds의 범위라고 보고하였다.

그 이후 더 높은 접착력을 얻기 위해 브라켓의 base에 mesh를 사용하게 되었고 Dijkman과 Retief¹¹⁾은 British standard 100 mesh gauze 혹은 60 mesh gauze가 충분한 기계적 유지력을 가진다고 하였다. 그 후 Reynolds와 von Fraunhofer³⁾도 mesh-based metal bracket이 perforated mesh-base bracket과 비교할 때 뛰어난 접착강도를 나타낸다고 하였다. 한편, 이들은 금속 브라켓과 레진과의 결합력을 높이기 위한 방법으로 금속 브라켓 내면에 polymer를 coating 하였으나, perforated base system과 비교해서는 약간 큰 접착강도를 나타냈지만 mesh type에 비해서는 40% 정도에 지나지 않았다고 보고하였다.

그러나, 이러한 perforated type이나 mesh type은 레진이 밖으로 노출되어 사용 중 치태조질 등의 문제가 생기게 되었고, 점차 레진이 밖으로 나오지 않은 Micro-Loc형, Foil Mesh형 등으로 브라켓 베이스의 형태가 바뀌어졌다.

접착강도를 높이려는 노력은 브라켓 베이스의 형태를 바꿀 뿐 아니라 레진과의 접착력을 향상시키기 위해 브라켓 기저면에 대하여 silation, etching, activation 등의 표면처리방법이 단독으로 또는 혼합하여 이용되고 있으나 실제 임상에서는 조작의 번거로움 때문에 많이 사용되고 있지 않다.

Newman²⁶⁾은 교정용부착물이 생리적인 그리고 기계적인 힘에 견디어 내기 위해서는 29 Kg/cm² 정도

의 결합강도가 필요하다고 하였고, Lopez²¹⁾와 Reynolds³²⁾는 60-80 Kg/cm²가 임상적으로 더 신뢰할 수 있는 결합강도라고 하였다. 또 Reynolds³²⁾는 임상적으로 성공적인 결합력을 얻기 위해서는 in vitro에서 50 Kg/cm² 정도의 결합강도가 필요하다고 하였다.

Siomka와 Power³⁴⁾는 본 실험과 거의 비슷하게 브라켓 기저면의 형태를 mesh형, photoetched형, grooved형으로 구분하고, 레진을 filled type의 diacrylate no-mix를 사용하였을 때 기저면의 형태에 관계없이 약 7-10 MPa의 접착강도를 나타내었다고 보고하였다.

또 Buzzitta 등⁹⁾은 플라스틱 브라켓, 세라믹 브라켓, 금속 브라켓을 대상으로 3가지의 서로 다른 레진을 사용하여 접착강도를 평가하여 금속 브라켓의 mesh형의 경우 레진의 종류(filler의 양)에 따라 5-7 MPa의 접착강도값을 나타내었고 금속 브라켓의 경우 diacrylate계 레진이 가장 접착력이 높다고 하였다.

이와 같이 접착강도값은 연구자에 따라 다르게 나타났고 연구결과들을 종합해서 검토해 볼 때 브라켓의 접착강도는 사용한 레진의 종류⁷⁾, 충전입자의 양²⁷⁾, curing type⁹⁾, 레진의 두께¹⁷⁾, 치아⁷⁾와 브라켓³⁴⁾의 전처리방법에 따라 달라지므로 브라켓의 접착강도값을 일률적으로 평가하기는 어렵다.

본 실험에서 사용한 Micro-Loc형, Foil Mesh형, Undercut형의 Tin ion-plating 하지 않은 경우의 24시간 후의 접착강도는 각각 5.89 MPa, 4.29 MPa과 2.64 MPa의 값을 나타내어, Micro-Loc형이 가장 높았고, 다음으로 Foil Mesh, Undercut의 순으로 나타났다. 또 TiN ion-plating을 행한 경우 24시간 후의 접착강도값은 Micro-Loc형이 6.26 MPa, Foil Mesh형이 7.45 MPa, Undercut형이 2.93 MPa로 TiN ion-plating 하지 않은 경우와 비교하여 증가한 값을 보이고 있다. 이러한 값들은 Reynolds³²⁾가 임상적으로 필요하다고 주장한 접착강도값인 2 - 7 MPa 범위에 들어가므로 안정된 접착강도값을 나타내었다고 할 수 있다.

한편 King¹⁸⁾은 화학중합형 복합레진과 광중합형 복합레진에 의한 브라켓의 접착강도를 조사한 결과, 광중합형 복합레진이 화학중합형 복합레진보다 전반적으로 낮은 결합강도를 나타내었으나 구강내에서 사용하기에는 충분하다고 하였다. Sonis¹⁵⁾는 광중합의 경우 브라켓의 위치선정이나 잔여접착제의 제거가 용이하다고 하였고, Greenlaw¹⁵⁾도 광중합형이 화

학중합형보다 전단접착강도가 적으나 임상적으로는 문제가 되지 않으며 평균 범랑질 손실양도 화학중합형에 비해 적으므로 광중합형이 장점이 많다고 하였다.

또 Ostertag²⁷⁾은 레진내에 포함되어 있는 충전입자의 양을 30%, 55%, 80%로 변화하여 실험하였을 때 충전입자의 양이 증가할수록 접착강도가 증가한다고 하였다. Jost-Brinkmann¹⁷⁾은 접착제의 두께가 접착강도에 영향을 미친다고 하였고, no mix의 경우 가능한 얇은 접착두께를 가져야 하고, 0.2 mm의 경우가 가장 이상적이며, 이것보다 두꺼우면 primer가 침투하여 중합이 일어나기 어렵기 때문에 중합이 충분히 일어날 수 없다고 하였다.

브라켓의 접착강도의 평가는 대부분 전단접착실험에 의해서 측정하나 King¹⁸⁾은 전단접착실험이나 인장접착실험이나 접착강도에는 별 영향이 없었던 것으로 보고하였고, Eversoll¹³⁾도 전단접착실험과 인장접착실험을 비교해 볼 때 다같이 접착강도를 평가할 수 있는 방법이라고 주장하였다.

본 실험에서 사용한 Ortho-one은 primer와 paste로 구성되어 있고 primer의 성분은 BIS-GMA, TE-GMA (Triethyleneglycol Dimethacrylate), Polyalkyl methacrylate MMA(Methyl methacrylate), Aromatic tertiary amine인 Dihydroxyethyl-p-toluidine으로 구성되어 있고, paste는 BIS-GMA, TEGMA, quartz filler submicron filler, Benzoyl peroxide로 구성되어 있어, 화학중합형의 diacrylate계 접착레진을 사용한 것이 되고, Fig. 5에서 알 수 있듯이 레진의 두께는 0.2 mm 이상 0.5 mm 정도로 보이나 primer를 치아와 브라켓의 양면에 다 도포하였으므로 중합이 충분히 일어나 레진 두께에 의한 접착강도의 영향은 주지 않은 것으로 생각된다. 또 접착강도값을 인장실험에 의해서 평가하였으므로 얻어진 접착강도값은 일반적인 고정용 브라켓의 접착강도값을 대표할 수 있을 것으로 생각되며, 브라켓 기저면형태에 따른 접착강도값의 차이는 바로 브라켓 기저면의 형태가 접착강도값에 미친 영향이라고 판단하여도 좋을 것으로 생각된다.

본 실험에서 얻어진 접착강도값은 ion-plating하지 않은 경우 Micro-Loc형이 가장 높았고 다음으로 Foil Mesh, Undercut형의 순으로 나타났다. Fig. 2에서 보는 바와 같은 Micro-Loc형은 기저면에 둥근 홈이 있고, 또 기저면이 photoetching에 의해 매우 미세한 요철부가 형성되어 전체적으로 레진과의 접촉면적을

높임으로써 접착강도가 가장 높았던 것으로 생각된다. Undercut형의 경우는 세 가지의 브라켓 기저면의 형태 중에 가장 단순하여 다만 레진과 브라켓 내면 사이의 undercut 부분에 의해서 기계적 유지력을 얻기 때문에 낮은 접착강도값이 얻어졌다고 생각된다. 한편 일반적으로 mesh형은 레진과의 접촉면적의 증가 및 mesh 내부로 레진 침투에 의한 간압효과에 의해 높은 접착강도가 기대된다. 그러나 본 실험에서는 Undercut형보다는 높은 접착강도를 나타내었으나 Micro-Loc형보다는 낮은 접착강도를 나타내었다. 많은 연구자들은 mesh형의 경우 레진과의 접착강도에 영향을 미치는 요소로 bracket의 면적, mesh 크기, 점용접 등^{11,14,23,30,31,40)}이 있다고 보고하였다.

Maijer와 Smith²²⁾는 브라켓 기저면에서의 점용접은 유지 면적을 감소시키며, Foil Mesh형에서 오히려 더 낮은 결합강도를 야기시킬 수 있으며 또 mesh가 작을수록, 또 mesh형의 경우는 light filled resin이 mesh 사이로 잘 빠져들어가 좋은 결과를 나타낼 수 있다고 하였다.

본 실험에서 사용한 Foil Mesh형은 Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 Micro-Loc형과 비교해서 점용접된 면적이 커서 유지력에 유용한 면적을 감소시켰으며, 또 resin과 계면에서의 파괴를 야기시키게 하는 응력집중부위로 작용하였기 때문으로 생각된다.

TiN ion-plating을 행한 경우의 접착강도는 Micro-Loc형, Foil Mesh형, Undercut형 모두에서 증가하였으나, 특히 Foil Mesh형에서 매우 높은 접착강도의 증가를 보였다.

3가지 bracket 형태 모두에서 TiN ion-plating에 의한 접착강도의 증가된 이유로는 먼저 매우 매끈한 TiN 피막의 형성에 의해 레진의 젖음이 증가하여 미세한 부분으로의 레진의 침투를 용이하게 시킨 점 들 수 있으며 두 번째는 금속 내면의 거친 면 혹은 응력집중부위를 피복시킴으로써 응력집중의 완화현상이 일어난 점 들 수 있을 것이다. 특히 Foil Mesh형에서 높은 접착강도가 얻어진 것은 TiN ion-plating에 의해 레진의 젖음이 좋아서 mesh 내부로 레진이 충분히 침투해 들어갈 수 있었고, 또 가장 중요한 점은 점용접된 부분이 TiN ion-plating 됨으로써 유지 면적이 증가되고, 점용접 부분의 불규칙한 표면에서 나타날 수 있는 응력집중효과를 없앴으로써 가능하였다고 생각된다.

한편 장기침적의 효과를 살펴보면 각 브라켓형에서 TiN ion-plating의 유무와 관계없이 전반적으로

초기접착강도보다 높은 접착강도값을 나타내어 장기 침적시 접착의 안정성을 확인할 수 있었다. Greenlaw¹⁵⁾는 Heliosit의 접착강도가 1시간 후보다는 30 시간 후가 더 높았다고 하였고 그 이유로서 초기에서의 중합의 불완전성을 들었다. Johnson 등¹⁶⁾도 retentive lip base를 가지는 스테인레스 스틸 브라켓에 대하여 실험하였을 때 1일에서 0.42-30.7 lb의 평균전단강도 값이, 1달에서 2.98-30.64 lb, 3달에서 2.86-31.87 lb의 값으로 증가하였다고 하였다.

여러 연구자들의 보고^{10,21,29,38)}에 따르면 교정용 브라켓의 파단은 대부분이 레진과 브라켓의 계면에서 일어나거나 일부 접착레진 사이에서 나타나므로 접착시스템에 있어서 레진과 브라켓 내면과의 계면이 가장 취약한 부분이고 임상적으로도 이런 계면에서 브라켓의 분리가 가장 흔하게 일어날 수 있다고 하였다.

본 실험에서 TiN ion-plating 하지 않은 Micro-Loc형의 경우 대부분 레진 내부에서 나타났고, Fig. 7에서와 같이 점용접한 부분에서 파절이 시작되어 레진 내부로 진행되었음을 알 수 있다. 침적시간에 따라 브라켓과 레진의 계면, 혹은 레진과 치질 계면에서의 파절 등 다양한 파절형태를 보이고 있다. TiN ion-plating 한 경우 점용접 부분의 응력집중현상이 어느 정도 완화되어 전체적으로 레진과 브라켓의 계면에서의 파괴가 나타나고, 침적시간에 따라 파절의 양상도 약간은 다르게 나타나고 있다.

Bryant 등⁷⁾은 Foil Mesh형의 경우 파괴가 mesh base와 resin 계면 혹은 레진 내부에서 나타난다고 보고하고, 그 이유는 레진과 브라켓 기저면의 계면이 bonding system에서 대단히 취약한 지역이기 때문이라고 하고, 임상적으로도 이러한 계면에서 일어날 확률이 훨씬 높다고 하였다. 그러나 본 실험에서 Foil Mesh의 경우 얻어진 결과는 ion-plating 하지 않은 24 시간의 경우 앞의 두 가지 경우가 혼합되어 나타났으나 레진 내부에서 파괴가 나타난 경우가 많았다. 이것은 본 실험에서 사용한 Foil Mesh의 경우 점용접 부분이 비교적 넓고 이 부분에는 레진과의 접착이 충분하지 못하고, 형태의 불규칙성 때문에 응력집중의 기점이 되어 여기에서 파괴가 시작되어 레진 내부로 진행된 것으로 생각되고 Fig. 10에서도 파괴가 점용접 된 부분에서 시작됨을 알 수 있다. Bryant 등⁷⁾의 주장과 같이 mesh 내면과 계면에서 파괴가 일어나지 않은 것은 본 실험에서 사용한 접착레진이 점용접된 부분을 제외하고는 Foil Mesh 부분으로 잘 흘러들어

가 충분한 접착력을 얻어졌기 때문인 것으로 생각된다.

파단면의 관찰에서 높은 접착강도를 나타낸 TiN ion-plating의 경우 mesh base와 레진 계면에서의 파괴는 일반적인 파단면 관찰로부터 해석하면 낮은 접착강도를 나타내야 하지만, 앞에서 언급한 이유들에 의하여 mesh base와 레진 계면에서 응력이 집중됨이 없기 때문에 접착레진에 전체적으로 분산된 응력이 작용되었고, 결국에는 mesh 내부의 레진과 외부의 레진 사이에서 파괴가 나타나 결과적으로 mesh base면과 레진 사이에 파절이 나타난 것으로 생각된다. TiN ion-plating 하지 않은 1일째의 경우를 제외하고는 파단면상에서 거의 비슷한 레진과 브라켓 기저면의 계면에서 파단이 나타난 것처럼 보여 구별이 어려우나, 응력의 집중부분이 존재하여 그 부분에서 파괴가 시작되어 파단에 이른 경우와, 레진과 브라켓 계면에서 전체적으로 파절이 일어난 경우에 따라서 접착강도의 차이가 난 것으로 생각되어 진다.

Undercut형에서는 TiN ion-plating의 유무, 침적시간의 변화에 관계없이 비슷한 파단면을 나타내었으며, 브라켓 기저면에서 매우 깨끗한 톱니 모양의 사각돌기가 보이는 것은 레진이 쉽게 브라켓에서 떨어져 나갔음을 나타내고, undercut 부분에서는 레진 내부에서 응집파괴가 일어나 전체적으로 낮은 접착강도가 얻어진 것으로 생각된다.

본 연구에서 TiN ion-plating에 의해 심미적으로 향상된 스테인레스 스틸 브라켓을 치아에 접착시킴에 있어서 접착강도나 장기 침적시의 안정성에 어떠한 나쁜 영향도 미치지 않음을 알 수 있었고, 오히려 전체적으로 접착강도가 증가되고, Foil Mesh형의 경우 특히 그 효과가 컸으므로 향후 임상에서의 사용이 기대된다.

V. 결 론

TiN ion-plating이 교정용 브라켓의 접착강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 세 종류의 서로 다른 기저면형태를 가지는 스테인레스 스틸제의 브라켓을 선택하고, TiN ion-plating 된 브라켓과 ion-plating 되지 않은 브라켓을 치아에 접착시켰을 때 초기 및 장기접착강도, 접착계면의 주사전자현미경 관찰, 파단면의 주사전자현미경 관찰을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- TiN ion-plating을 하지 않은 경우 24 시간 후의 접착강도는 Micro-Loc형이 5.89 ± 1.77 MPa, Foil Mesh형이 4.27 ± 1.12 MPa, Undercut형이 2.64 ± 0.58 MPa로 Micro-Loc형이 가장 높았고, 그 다음이 Foil Mesh형 그리고 Undercut형의 순으로 나타났다($P < 0.05$).
 - TiN ion-plating시 24시간 후의 접착강도는 Micro-Loc형이 6.26 ± 1.51 MPa, Foil Mesh형이 7.45 ± 2.01 MPa, Undercut형이 2.93 ± 0.84 MPa로 ion-plating 하지 않은 경우와 달리 Foil Mesh형이 Micro-Loc형보다 오히려 높게 나타났고, Undercut형이 역시 가장 낮은 접착강도를 나타내었다($P < 0.05$).
- Ion-plating 유무에 따른 24시간 후의 접착강도는 3가지형 모두에서 ion-plating시 증가하였으나 Foil Mesh형에서만 유의한 증가가 있었다($P < 0.001$).
- 장기침적시 ion-plating의 유무에 관계없이 전반적으로 초기(1일)접착강도보다 증가하였으며 접착력의 안정성을 나타내었다.
 - 접착면의 주사전자현미경 관찰 결과 브라켓 기저면의 형태나 ion-plating 유무에 관계 없이 레진이 브라켓 기저면으로 잘 퍼져들어가 브라켓과 치아와의 사이에 견고한 접착면을 나타내었고, 장기침적의 경우도 같은 양상을 나타내었다.
 - 파단면의 주사전자현미경 관찰에서는 다양한 파괴양상이 나타났다.

참 고 문 헌

1. 권식철, 백승운. Plasma 응용코팅 개발 (III), 과학기술처 보고서, 한국기술연구소, 1987.
2. 권오원, 김교한. 교정용 장치물에 대한 TiN ion-plating의 응용. 대치교정지 1990 : 20 : 409-417.
3. 김명숙, 성재현, 권오원. TiN 피막처리된 스테인레스강 교정용 장치물의 금속유리에 대한 연구. 대치교정지, 1995 : 25 : 43-53.
4. 김진희, 권오원, 최영윤. Ion-plating 법에 의하여 TiN 피막처리된 교정용 장치물의 변색성 및 내식성. 대치교정지 1993 : 23 : 327-340.
5. 김홍윤. 반응성 스퍼팅법에 의한 TiN 피막 특성에 관한 연구. 영남대학교 대학원 석사논문, 1990.
6. 장시호, 권오원, 김교한. TiN 피막처리된 교정장치물의 마찰저항력에 관한 비교연구. 대치교정지 1993 : 23 : 671-691.
7. Bryant S, Retief DH, Russell CM, and Denys FR. Tensile bond strengths of orthodontic bonding resins and attachment to etched enamel. Am J Orthod Dentofac Orthop 1987 : 92 : 225-231.
8. Buonocore MG. A simple method of increasing adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955 : 34 : 849-853.
9. Buzzitta VA, Hallgren SE and Powers JM. Bond strength of orthodontic direct-bonding cement-bracket systems as studied in vitro. Am J Orthod 1982 : 81 : 87-92.
10. Dickinson PT and Powers JM. Evaluation of fourteen direct-bonding orthodontic bases. Am J Orthod 1980 : 78 : 630-639.
11. Dijkman JFP and Retief DH. Clinical experience with an epoxy resin adhesive for direct bonding of orthodontic attachments. J Dent Ass S Afr 1972 : 27 : 37-44.
12. Dobrin RJ, Kamel IC, and Musich DR. Load deformation characteristics of polycarbonate orthodontic brackets. Am J Orthod 1975 : 67 : 24-33.
13. Eversoll DK. Bonding orthodontic acrylic resin to enamel. Am J Orthod Dentofac Orthop 1988 : 93 : 477-485.
14. Gorelick L. Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant-composite : A 12-month assessment. Am J Orthod 1977 : 71 : 542-553.
15. Greenlaw R. An in vitro evaluation of a visible light-cured resin as an alternative to conventional resin bonding systems. Am J Orthod Dentofac Orthop 1989 : 96 : 214-220.
16. Johnson WT, Hambree JH, and Weber FM. Shear strength of orthodontic direct-bonding adhesives. Am J Orthod 1976 : 70 : 55-56.
17. Jost-Brimkmann PG. The effect of adhesive-layer thickness on bond strength. J Clin Orthod 1992 : 26 : 718-720.
18. King L. Bond strengths of lingual orthodontic brackets bonded with light cured composite resins cured by transillumination. Am J Orthod Dentofac Orthop 1991 : 312-315.
19. Kusy RP and Whitley JQ. Coefficient of friction for arch wires in stainless steel and polycrystalline alumina bracket slots. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990 : 98 : 300-312.
20. Lee HL, Orlowski JA, Enebe E, and Rogers BJ. In vitro and in vivo evaluation of direct bonding orthodontic bracket systems. J Clin Orthod 1974 : 8 : 227-238.
21. Lopez JL. Retentive shear strengths of various bonding attachment bases. Am J Orthod 1980 : 77 : 699-678.
22. Maijer R and Smith DC. Variables influencing the bond strength of metal orthodontic bracket bases. Am J Orthod 1981 : 79 : 20-34.
23. Mattox DM and McDonald JE. Interface formation during thin film deposition. J App Phys 1963 : 34 : 2493 - 2494.
24. Miura F. Direct bonding of plastic brackets. J Clin Orthod 1972 : 6 : 446-454.
25. Moser JB, Marshall GM, and Green FP. Direct bonding of polycarbonate orthodontic brackets ; An in vitro study. Am J Orthod 1979 : 75 : 78-85.
26. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachment, Progress report, Am. J. Orthod., 1965 : 51 : 901-912.
27. Ostertag AJ. Shear, torsional and tensile bond strength of

- ceramic brackets using three adhesive filler concentrations, Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 1991 : 100 : 251-258.
28. Puido LG and Powers JM. Bond strength of orthodontic direct bonding cement-plastic bracket systems in vitro, Am. J. Orthod., 1983 : 83 : 124-130.
 29. Pus MD and Way DC. Enamel loss due to orthodontic bonding with filled and unfilled resins using various clean-up techniques. Am J Orthod 1980 : 77 : 269-283.
 30. Reynolds IR and von Fraunhofer JA. Direct bonding in orthodontics ; A comparison of attachment. Br J Orthod 1977 : 4 : 65-69.
 31. Reynolds IR and von Fraunhofer JA. Direct bonding of orthodontic attachments to the teeth ; The relation of adhesive bond strength to gauze mesh size. Br J Orthod 1976 : 3 : 91-95.
 32. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1975 : 2 : 171-178.
 33. Scott GE. Ceramic brackets. J Clin Orthod 1987 : 21 : 872.
 34. Siomka LV and Power JM. In vitro bond strength of treated direct-bonding metal bases. Am J Orthod 1985 : 88 : 133-136.
 35. Sonis AL. Comparison of light-cured adhesive with an auto-polymerizing bonding system. J Clin Orthod 1988 : 22 : 730-732.
 36. Swartz ML. Ceramic brackets. J Clin Orthod 1982 : 22 : 82-88.
 37. Tanne K, Matsubara S, Shibaguchi T, and Sakuda M. Wire friction from ceramic brackets during simulated canine retraction. Angle Orthod 1991 : 61 : 285-290.
 38. Thanos CE, Munholland T, and Caputo AA. Adhesion of mesh-base direct-bonding bracket. Am J Orthod 1979 : 75 : 421-430.
 39. Viazis AD, Delong R, Bevis RR, Rudney JD, and Pintado MR. Enamel abrasion from ceramic orthodontic brackets under an artificial oral environment. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990 : 98 : 103-109.
 40. Zachrisson BU and Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. Am J Orthod 1978 : 74 : 62-77.
 41. 吉成 正雄 : イオソプレーティングの歯科修復物への應用に関する研究(I). 齒科材料・器械. 1984 : 3 : 71-78.
 42. 吉成 正雄 : イオソプレーティングの歯科修復物への應用に関する研究(II). 齒科材料・器械. 1985 : 4 : 97-105.
 43. 吉成 正雄 : イオソプレーティングの歯科修復物への應用に関する研究(III). 齒科材料・器械. 1986 : 5 : 17-25.

-ABSTRACT-

The Effect of TiN Ion-plating on the Bond Strength of Orthodontic Bracket

Seok-Yong KIM, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Oh-Won KWON, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
*Kyo-Han KIM, Ph.D

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Kyungpook National University

**Department of Dental Materials, College of Dentistry, Kyungpook National University*

This study was conducted to see the effect of TiN ion-plating on the bond strength of orthodontic bracket. Three stainless-steel brackets with different base types were chosen; when TiN ion-plated brackets and non ion-plated brackets were bonded to the teeth, initial and long-term bond strength were measured. The observations of bonding surface and failure sites through the scanning electron microscope were analysed and compared.

The summary of this study was as follows:

- . When TiN ion-plating was not applied, the Micro-Loc type was the highest in bond strength after 24 hours as 5.89 ± 1.77 MPa, followed by 4.27 ± 1.12 MPa for Foil Mesh type and 2.64 ± 0.58 MPa for Undercut type ($P < 0.05$).
- . Under TiN ion-plating, the bond strength after 24 hours showed: Micro-Loc type - 6.26 ± 1.51 MPa, Foil Mesh type - 7.45 ± 2.01 MPa, Undercut type - 2.93 ± 0.84 MPa. Unlike in the case of non ion-plating, Foil Mesh type showed a higher strength than Micro-Loc type, with Undercut type still showing the lowest bond strength ($P < 0.05$).

- The bond strength, after 24 hours, increased in case of ion-plated in all 3 types, but a significant increase was shown only in Foil Mesh type($P < 0.001$).
- . Under a long-term immersion, regardless of ion or non ion-plating, bond strength in general increased over the initial bond strength(one day), with more stability.
 - . Through scanning electron microscopic observation of bonding surface, it was found that, regardless of the bracket base type or the application of ion-plating, the resin was thoroughly spreaded into bracket base to form a solid bonding surface between the bracket and the tooth. This was also true in case of a long-term immersion.
 - . The scanning electron microscopic observation of failure sites revealed diverse failure patterns.

KOREA. J. ORTHOD. 1997 ; 27 : 157-171

※ **Key words** : TiN ion-plating. Base types. Bond strength