

Ceramic bracket 사용시의 임상적 고려사항

부산대학교 치과대학 교정학교실

이병태 · 손우성 · 이상국

-차 례-

영문초록

I. 서 론

II. Ceramic bracket

1. Ceramic bracket의 종류

2. Physical properties

III. Ceramic bracket의 임상적 적용

1. Ceramic bracket의 접착

2. 접착재료

3. 탈접착

4. 기타 고려사항

1) Bracket 부착과 결찰

2) Tie wings

3) Torquing precautions

4) Ceramic bracket사용시 주의사항

5) Ceramic bracket의 장점과 단점

IV. Ceramic bracket의 재생

참고문헌

I. 서 론

근래에 ceramic bracket이 교정학에 도입되면서 많은 교정의들이 심미성 개선을 위하여 이 새로운 재료의 bracket사용을 시도하고 있으며 특히 최근의 성인환자가 증가하는 경향에 비추어 보면 그 사용이 더욱 늘어날 것으로 추측된다. 그러나 이 새로운 bracket의 물리적

성질과 그 임상적 이용에 대해서 충분한 검토가 행해지지 못한 채 사용되고 있는 것으로 생각된다. Ceramic bracket은 기존의 metal bracket에서 심미성만 개선된 대응물이 아니라 쉽게 파절(brittle)되고, 응력에 의한 변형이 적으며 stress가 집중되기에 이를 방지하기 위한 bracket design도 다르며 접착술식, bracket 제거술식 및 교정치료 술식도 종래의 방식과는 상이한 점이 많으므로 효과적인 임상적 이용에 도움이 되도록 최근의 문헌을 고찰 정리하였다.

II. Ceramic bracket

Ceramic은 precious stone, glass, 점토, ceramic복합체의 혼합물, 금속산화물을 포함하는 재료들의 광범위한 부류이다. 즉 ceramic은 금속도 아니며 중합체도 아니다. Ceramic은 강도가 높고 고온과 화학적 붕괴에 대한 저항성이 높은 재료이다. 이러한 장점을 가진 ceramic의 원자 구조는 쉽게 파절되는 결합 또한 가지고 있다.

대조적으로 교정영역에 사용되는 ceramic은 고도의 국소적, 방향성 원자구조(highly localized, directional atomic bond)를 가진다. 이러한 oxidized atomic lattice는 bond shifting이 되지 않으며, 따라서 응력의 재분산이 되지 않는다. 응력이 한계수준까지 도달하면 원자간 결합이 파괴되어 재료의 파절이 나

타난다. 이것을 “brittle failure”라고 부른다.

예리한 경계부위는 stainless steel alloy에서 내성을 가질 수 있지만 ceramic bracket에서는 취약하므로 stress build-up과 brittle failure를 방지하기 위하여 기하학적인 형태가 고려되어야 한다. 유한요소법(finite element analysis), 응력의 수준과 분포를 측정하기 위한 computer model의 공학적 적용은 ceramic bracket의 design에 사용되어 응력을 최소화하게 고안할 수 있다(Fig. 1.). 둥근 경계부위는 재료의 최대강도 이하의 하중수준에서 일어날 수 있는 brittle failure의 가능성을 최소한으로 줄인다¹⁾

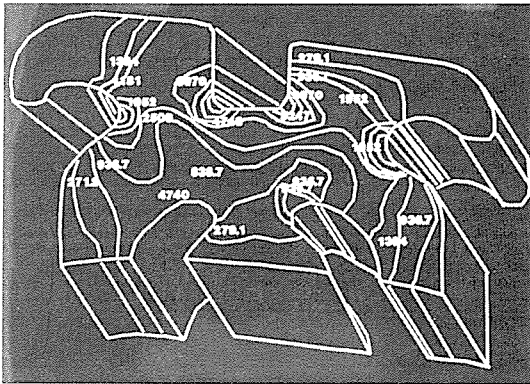


Fig. 1 응력을 최소화 하기 위한 유한요소법

1. Ceramic bracket의 종류

Ceramic bracket은 fused aluminum oxide particle로 만들어지는 polycrystalline bracket과 aluminum, oxide의 single crystal로 만들어지는 것들이 현재 사용되고 있다(Table 1).

polycrystalline bracket은 binder를 사용하여 aluminum oxide particle을 혼합하여 그 혼합물을 하나의 형태로 틀에 넣어 만든다. Molded mixture는 binder를 burnout시키고 입자들을 함께 융합시키기 위해 1800도 이상의 온도에서 가열시킨다. 이렇게 융합된 부분은 silt dimension과 다른 critical tolerance를 제공하기 위해 diamond cutting tool로 가공된다. 가공된 bracket은 절단공정에 의해 초래된 표면의 결함을 제거하기 위해 열처리를 한다. Ceramic bracket이 크면 클수록, 투명도가 우수하다. 그러나 grain이 약 30micron의 size에 이를 때는 투명도가 더 나빠지는 경향이 있다. Polycrystalline bracket은 aluminum oxide particle이 0.3microns에서 시작하여 융합되면 20-30 microns의 ceramic grain이 된다. 가공후의 열처리는 물리적 성질을 떨어뜨릴 수 있는 grain fusion을 방지하기 위해 주의깊게 행해져야 한다.

Table 1. Physical properties of aluminum oxide

Property	Single Crystal* Al ₂ O ₃	99.9% Al ₂ O ₃ Sintered
Modulus of Elasticity (Ksi)	63	57
Flexural Strength (Ksi)	92	41
Compressive Strength (Ksi)	300-600	350
Tensile Strength (Ksi)	260-375**	30-45
Color	Clear	Translucent, white to opaque, white/ivory
Structure	Single Crystal with axial planes	Polycrystalline grains, anisotropic

* Axis dependent.

** Sapphire filament

Polycrystalline bracket의 장점은 bracket을 molding하는 능력이다. 즉 대량생산을 할 수 있어서 상대적으로 값이 싸다. 단점은 grain boundary에서의 구조적 결함과 불순물이 존재하는 것이다. 0.001%의 불순물이나 미세한 결함은 응력에 의해 crack propagation의 focus로 작용할 수 있다. Molding process와 열처리하는 빛을 굴절시키는 grain boundary를 가진 융합된 aluminum oxide를 만들며 결과적으로 opacity의 정도를 결정하게 된다. Polycrystalline과 single crystal bracket사이의 가장 명백한 차이는 optical clarity이다.

Single crystal ceramic bracket은 전적으로 다른 과정으로 제작된다. 인조 sapphire의 single crystal은 2100도의 온도에서 aluminum oxide의 용해된 mass로 만들어진다. 결과적으로 crystal은 natural counterpart보다 더 순수해진다.

교정재료를 만드는 제작자들은 이러한 큰

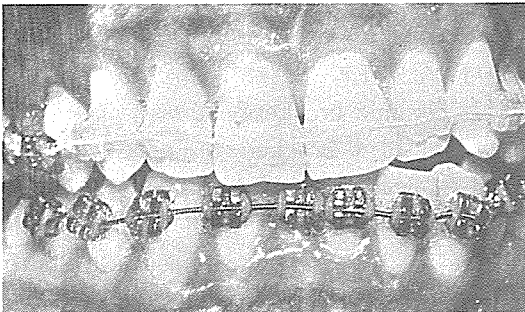


Fig. 2. GAC's Allure polycrystalline brackets.

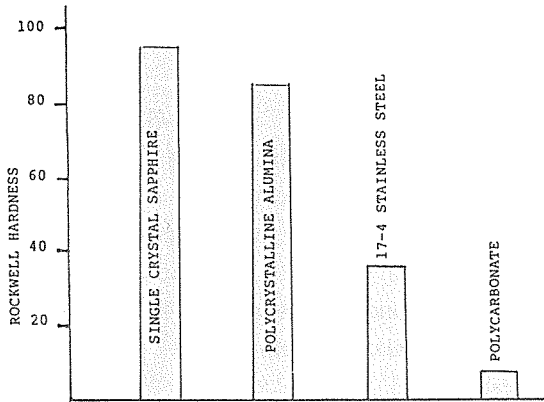


Fig. 3. Relative hardness of various bracket materials.

single crystal을 구입하여 ultrasonic cutting technique, diamond cutting, 또는 2가지를 혼합하여 다양한 bracket의 모양과 크기로 milling한다. Milling후 sapphire crystal은 surface imperfection를 제거하고 milling operation에 의해 야기된 응력을 경감시키기 위해 열처리 되어진다.

Single crystal manufacturing의 중요한 장점은 stress-inducing impurity 또는 imperfection가능성의 제거이다. 단점은 milling의 어려움과 값이 비싸다는 것이다. Single crystal bracket은 polycrystalline bracket보다 현저히 우수한 optical clarity를 가진다 (Fig. 2.)¹⁾

2. Physical properties

완성된 재료의 물리적 성질에 대해서는 많이 알려져 있으나 제조회사의 manual을 참조하면 생산된 재료의 비교가 가능하다 (Table 2).

이러한 자료는 몇가지 한계점이 있는데,

- 1) 다양한 bracket, cross-section, design의 기하학적인 형태를 설명할 수 없다.
- 2) 제조 공정에서 variation을 포함하지 않는다.
- 3) brittle failure 상에 stress rate의 영향을 고려하지 않는다.
- 4) 교정적으로 사용시의 임상적 유의성이 제시되어있지 않다.

Ceramic bracket은 stainless steel bracket보다 더 단단하다 (Fig. 3). Stainless steel

Table 2. Currently available ceramic bracket

Polycrystalline	Single Crystal
GAC Allure III	"A"-Company Starfire
Lancer Intrigue*	Ormco Gem
Ortho Organizers Illusion**	
Rocky Mountain Quasar*	
Unitek Transcend	

* Same bracket, marketed by the companies indicated.

bracket은 aluminum cutting wheels(carbo-rundum)로 쉽게 가공되나 aluminum oxide를 가공하기 위해서는 diamond, pure carbon carbide(a synthetic)를 사용하여야 한다.

Ceramic과 stainless steel은 tensile strength에 있어 명백한 차이가 있다(Fig. 4).

Single crystal과 polycrystalline bracket 모두 구강내에서 화학물질에 의한 변색과 착색에 저항하는 성질이 있다. 그러나 elastic ligature에 의해서는 쉽게 변색된다. 그리고 aluminum oxide는 화학적으로 활성이 없기 때문에 교정용 접착을 위해 사용되는 acrylic material에 의해 직접 부착될 수 없다¹⁾.

III. Ceramic bracket의 임상적 적용

1. Ceramic bracket의 접착

Ceramic bracket을 접착하는 데는 2가지 다른 기전이 있다. 즉, bracket base의 indentation, undercut에 대한 mechanical retention과 중간접착재(adhesive intermediate)를 사용한 chemical bonding이다.

Mechanical retention의 실험결과는 adhesive-to-bracket bond strength가 foil/mesh metal bracket보다 약하다는 것을 지적하였다. Bracket base는 mesh base design보다 상당히 작은 수의 undercut를 가지고 있어

더 큰 bond failure rate를 가진다. 따라서 이런 약한 bond strength는 하악치아에서 높은 탈락율을 보이거나 심미적으로 가장 문제가 되는 상악절치에서는 쉽게 탈락되지 않는다.

최근에 개발된 chemical bonding은 "A"-Company's Transcend ceramic bracket을 위해 사용된다. Glass는 aluminum oxide base에 첨가되며 silane coupling agent로 처리된다. Silane은 glass와 결합하며 free end를 가지고 있다. 같은 화학적 접착기전은 porcelain crown과 restoration에도 사용된다. 그것은 exceptional bond strength를 나타내나, ceramic bracket의 얇은 부위에서의 brittle fracture resistance를 증가할 수 있다. Debonding stress 또한 bracket-adhesive interface에서 adhesive-enamel interface로 이동될 수 있다.

Stainless steel bracket은 mechanical retention으로 접착될때 상대적으로 flexible하므로 metal bracket은 load를 흡수하며, 탈접착시 bracket base에서 접착레진의 파절을 야기한다. 단단하고 부서지기 쉬운 법랑질에 부착하는 ceramic bracket은 stress를 흡수할 능력이 거의 없어 bracket-to-adhesive bond가 너무 강하면 파절은 ceramic내에, 접착제내에, 또는 법랑질내에서 일어날 수 있다. 갑작스런 충격에 의해 polymeric bonding material보다 brittle한 ceramic과 법랑질에서 파절이 일어날 가능성이 있다¹⁾.

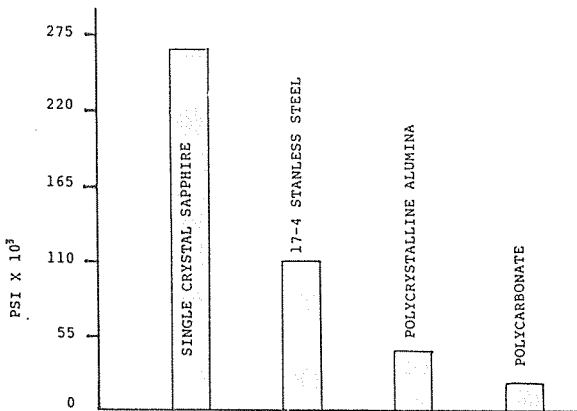


Fig. 4. Relative tensile strengths of various bracket materials.

2. 접착재료

Ceramic bracket의 접착을 위해 no-mix 또는 one-step bonding을 사용하는 것을 금기사항이다. No-mix 재료는 신속한 경화를 위한 높은 농도의 amine polymerization accelerator를 함유한다. 그러므로, 그 재료는 two-component mixture보다 더 변색되기 쉽다. No-mix system은 얇은 glue line과 mesh base를 위해 고안되었으며 중합수축이 커서 기계적으로 유지되는 ceramic bracket에서는 부적절하다. 또한 no-mix system의 중

합수축은 상대적으로 큰 undercut와 indentation에는 너무 크다.

최근에 소개되는 광중합 수복재료가 ceramic bracket의 접착에 적절한 것으로 판명이 되었다. 이 재료는 색의 안정성이 우수하고 중합전에 bracket을 위치시키기 충분한 시간을 제공한다. 치아가 준비될 동안 광중합 paste를 미리 bracket에 바르며 산부식후 치아는 필요시 광중합 sealant로 coating한다. 각 bracket은 치아에 위치시키고 적당한 위치에 단단히 힘을 가한다. 과도한 접착제는 제거하고 bracket을 적합시킨후 30초간 빛을 조사하여 경화시킨다.

작고, radiolucent bracket을 직접 접착시에는 특별한 주의가 필요하다. Ceramic bracket은 placement instrument로 잡기 힘들어 떨어뜨리기 쉬워서 잘못하면 삼킬 수가 있다.

3. 탈접착

Ceramic bracket을 탈접착하기 위한 가장 안전하고 효과적인 방법에 대해서는 서로 다른 의견이 있어 왔다. Swartz는 slow, peeling force를, Unitek 회사는 torsional force를 주장하였다. Swartz는 전체 bracket의 기저부에 힘이 풀고루 전달될 수 있도록 bracket을 회전시키는 것을 권장하였는데 이것은 adhesive-enamel interface에 load를 증가시켜 법랑질 손상의 위험을 증가시키므로 Unitek 회사의 방법이 우수한 것으로 여겨진다.

탈접착기구로는 Unitek회사에서 개발한 first-generation Unitek debonding instrument와 second-generation Unitek debonding instrument(Fig. 5)가 있다.

탈접착시에는 법랑질 표면에 기구를 확실하게 위치시키는 것이 중요하다. 접착후에 제거되지 않은 과량의 접착제는 적절한 기구의 장착을 위해 탈접착전에 제거되어야 한다. 탈접착방법은 환자의 불편감과 직접적으로 관련이 있으며, 경사면에서 quick, circular motion으로 bracket을 탈락시키면 bracket과 기구사이에 공간이 생겨서 결과적으로 two-

point contact을 하게된다(Fig. 6, Fig. 7)

탈접착시의 파절양상은 3가지로 구분된다 (Table 3)

A. bracket이 파절없이 완전히 탈락된것.

B. bracket이 파절되어 그일부가 치아면에 남아 있는것.

C. bracket이 파절되었으나 단지 접착제만 치아에 남아 있는것.

First-generation instrument로 탈접착된 184개의 bracket중 약 35%가 파절되었으며, 이중 1/3이 치아면에 fragment를 남겼다. new instrument를 사용하였을 때는 단지 8%만이 파절되었고 치면에는 어떠한 ceramic fragment도 없었다. 법랑질 소실은 두가지 방법에서 모두 없었다. 하악 절치의 bracket은 탈접착시에 파절이 없었으며 파절빈도는 소구치(7.3%)에서 보다 견치 및 상악절치(9.7%)에서 다소 높았다²⁾.

Ceramic bracket을 탈접착시에는 다음과 같은 사항들이 추천되고 있다. 탈접착하기전에 기구를 적절하게 위치시키기 위해서는 과량의 접착제를 제거하라. 환자로 하여금 cotton roll로 확실하게 교합시켜 치아를 지지하라. 오른손잡이면 환자의 뒤에 서서 왼쪽으로 탈접착하고 환자의 앞에서는 우측으로 시행하라. Bracket에 기구를 위치시키고 quick, circular motion으로 시행하라. 하방으로 회전시키는 것이 가속화시키기 더 용이하므로 더 좋다. 힘



Fig. 5 위. Original torsional debonding instrument(Unitek No.800-803). 아래. Second-generation instrument(Unitek No.800-804).

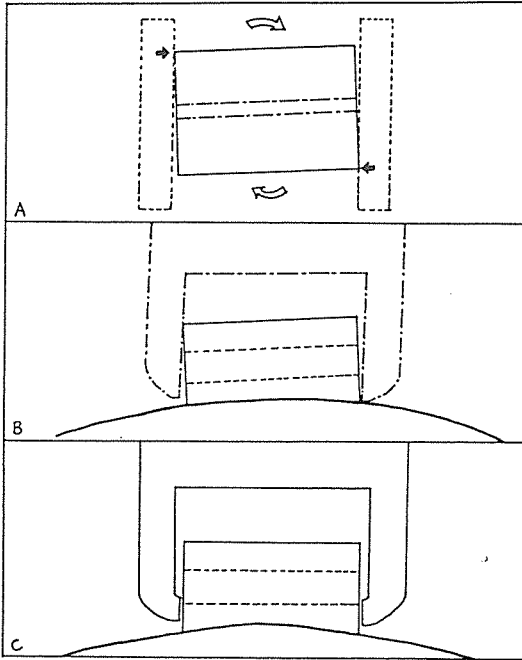


Fig. 6. A. Two-point contact between original instrument and bracket. B. Contact in bracket wing area with angulated instrument. C. Indented walls of new instrument contact bracket only at base.

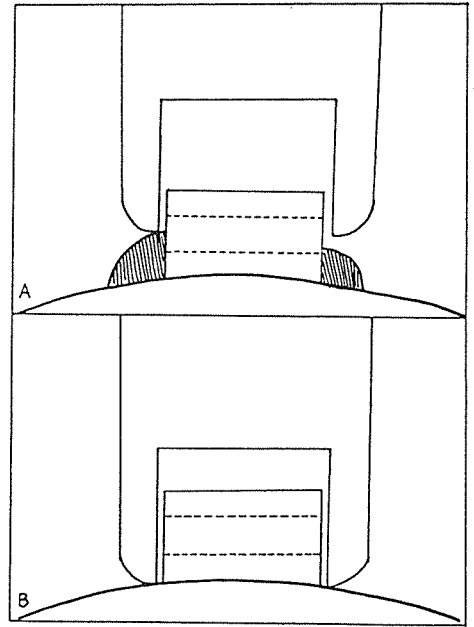


Fig. 7. A. Excess adhesive prevents proper seating. B. Instrument seated properly.

Table 3. Comparison between old and new instruments

	Group A	Group B	Group C	Total
Old instrument	119 (64.7%)	43 (23.3%)	22 (12.0%)	184
New instrument	286 (91.7%)	26 (8.3%)	0	312

Group A: Bracket came from completely without fracture.

Group B: Bracket fractured during debonding; only adhesive left on tooth.

Group C: Bracket fractured; part of bracket remained on tooth.

이 충분히 예리하지 않으면 탈접착은 실패하고 환자는 동통을 호소한다. 치면에 남아있는 ceramic의 미세한 조각은 scaler로 제거될 수 있으나 큰 조각은 diamond bar로 갈아서 제거한다²⁾.

4. 기타 고려사항

1) Bracket 부착과 철착

plastic placement cap은 ceramic bracket을 정확히 위치시키는데 도움을 준다(Fig. 8). Steel 또는 elastic hook ligature는 주의

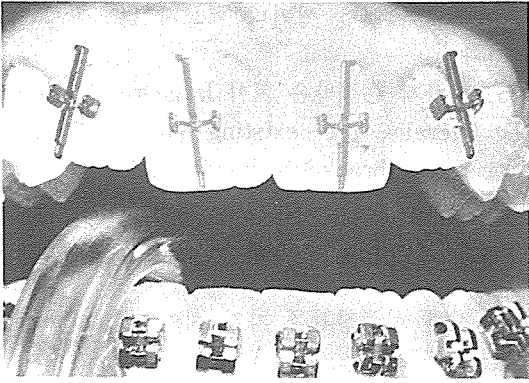


Fig. 8 Ormco's Gem bracket에 사용된 place-ment caps.

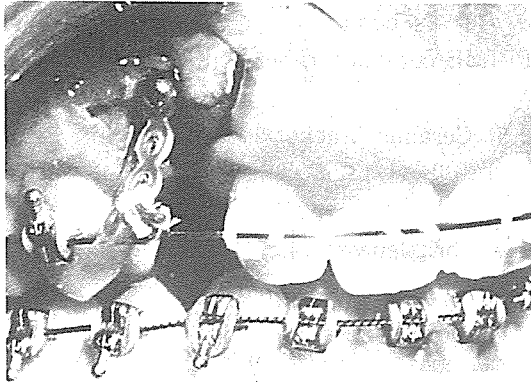


Fig. 9 과도한 torquing force로 인해 상악 우측 측절치상의 파결된 tie wings

하여 사용하여야 한다. Steel ligature에 의해 유도된 stress는 brittle failure를 야기할 수 있다. Clear elastic (polyurethane) ligature가 ceramic bracket의 심미성을 최대로 하는데 적합하다. 따라서 환자에게 이러한 변색에 대해 미리 알려주고 elastic은 자주 바꿔 주어야 한다¹⁾.

2) Tie Wing

Brittleness는 tie wing에 있어 가장 문제시 된다. Bracket wing failure는 약 25%에 이르지만 숙련되면 10% 이하로 줄일 수 있다. 만약 Kobayashi hook을 상악 견치에 사용해야 한다면 0.014" wire는 너무 강하므로 0.010" ligature wire를 사용해야 한다. 가장 중요한 것은 heavy force를 피하는 것이다.

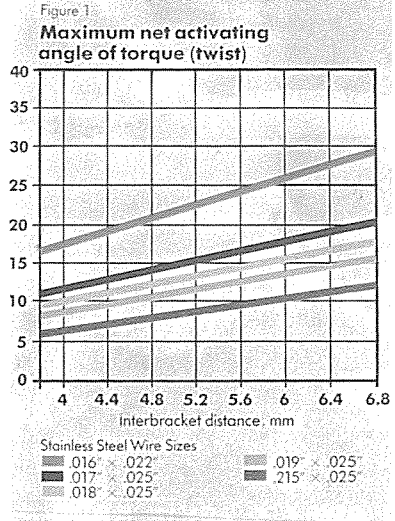


Fig. 10. Maximum net activating angle of torque

Ceramic bracket에 절대로 edgewise wire의 heavy force를 가하지 말라 (Fig. 9). Titanium wire가 suppleness와 rounded edge로 이상적이다. Ligature는 Teflon-coated된 것을 사용해야 하며 0.010" 이상의 것을 사용하지 말아야 한다. Hook는 bracket에 tying하지 말고 bending하거나 soldering, clamping되어져야 한다³⁾.

3) Torquing precaution

Ceramic bracket의 독특한 성질때문에 torquing에 대해서는 특별한 주의를 요한다. 대부분의 경우 과도한 arch wire torquing은 피해야 된다. Ceramic bracket의 torque limit는 다양한 요소(bracket design, material strength, arch wire size/stiffness, interbracket distance)에 의해 좌우된다. 현저하게 큰 torquing activation이 필요할 때는 주의를 해야되는데 왜냐하면 full size stainless steel wire로 large correction은 bracket failure를 야기하기 때문이다. Stainless steel wire와 interbracket distance를 위해 추천된 maximum Net Activating Angle of Torque (twist)는 (Fig. 10)와 같다. Transcend bracket의 경우 최대 torque는 3500g/mm(5 Oz/inch)가 추천되고 있다. 많은 torquing이



Fig. 11 Cermic bracket과 접촉한 치아의 마모
(Original magnification 51.)

필요한 경우 full sized rectangular Nitinol 또는 작은 size의 stainless steel wire를 사용하여 점진적으로 torque를 증가시켜야 한다⁴⁾.

4) Ceramic bracket사용시 주의사항

1. 과교는 접촉하기전에 개선되어야 하며 bracket과 치아사이의 interference를 최소로 줄이기 위해 bite plate나 ALASTIGARD elastomeric ligature 또는 다른 intrusion mechanism을 사용할 수 있다.

2. Ceramic bracket의 hardness때문에 bracket이 교합시 닿으면 법랑질:표면이 마모되므로 피해야 한다. Viazis 등(1989)⁵⁾의 실험(Fig. 11)과 증례보고에서 그 심각성이 지적되었다. ALASTIGARD ligature with guard가 반대편 치면과 교합장애를 방지하기 위해 사용되며 과교증례, retraction하는 동안 교두정의 보호, 마무리 치료시기에 치아와 bracket이 접촉될 수 있는 상황에서 유용하다.

3. 탈접착시에는 반드시 TRANSCEND debonding instrument (800-804)를 사용설명서에 따라 사용해야 하며, bracket 파절시에는 diamond bur로 제거해야 한다.

4. 환자에게 hard candy, ice, carrot등과

같은 딱딱한 것을 씹거나 깨물지 않도록 교육시킨다.

5. 심하게 손상받은 치아(large restoration, peg lateralis, pre-existing enamel defects)에 ceramic bracket의 bonding은 치아손상의 위험성을 증가시키므로 만약 이러한 치아에 bonding을 하였을 경우 bracket제거시 diamond bur를 사용한다.

6. 심한 치주질환을 가진 치아에 bonding하지 말 것

7. porcelain crown이나 facing에 bonding은 치료기간 동안이나 debonding시에 crown이나 facing의 chipping 또는 파절을 야기하므로 만약 bonding하려면 3M's SCOTCH-PRIME ceramic primer를 사용한다⁴⁾.

5) Ceramic bracket의 장점과 단점

장점 : 심미적으로 우수한 장치이다.

단점 :

- 1 brittleness ; 치료시나 debonding시 bracket breaking
- 2 expensive
- 3 non-conventional machining technique
- 4 치아의 anatomy에 bracket base를 adaptation하는 것이 어렵다.
- 5 transparency로 인해 bracket을 정확히 위치시키기가 어려워 시간이 많이 걸린다.
- 6 debonding problem ; 특히 chemical bonding시 bracket이 weakest link
- 7 교합시 치아와 접촉되면 법랑질의 교모가 초래된다⁶⁾.

IV. Ceramic bracket의 재생

Transcend Debonding Instrument와 같은 기구로 ceramic bracket를 파절없이 제거하는 것이 가능하므로 debonded 또는 dislodged bracket을 재생하여 재료를 절약할 수 있다.

Ceramic bracket의 재생방법은 먼저 bracket base상의 잔존 composite resin을 제

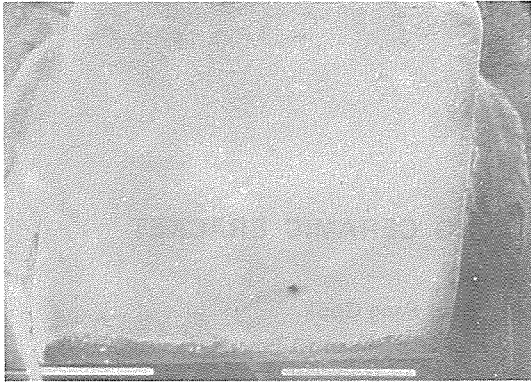


Fig. 12. Recycling procedure을 시행한 후의 bracket base (magnification=23.2, bar=1mm)

거한다. 한쌍의 tweezers로 bracket을 잡고 Mini-Toch로 cherry red가 될 때까지 가열한다. 냉각시 잔존 composite resin은 chalky white and flaky하게 된다. Table top에 bracket을 가볍게 치거나, wax knife로 base를 가볍게 긁어서 resin을 제거함으로써 깨끗한 면이 된다. Bracket을 실온(room temperature)이 될 때까지 5-10분 동안 식힌다. 마지막으로 잔존하는 잔류물을 압축공기로 건조시킨다. 100% isopropyl alcohol 또는 pure acetone으로 씻고난 다음 건조시킨다.

Ceramic bracket base는 machanical 또는 chemical interlock에 의해 산부식된 법랑질표면에 부착된다. Chemical retention을 위해 사용되는 silane은 이러한 재생과정중의 열처리에 의해 파괴된다. 화학적으로 처리된 base를 silane layer로 다시 입히기 위해서는 Ormco Porcelain primer 또는 3M Scotch Prime과 같은 porcelaine primer를 붓에 묻혀 얇게 입

힌다. 화학적으로 primer의 silane coupling agent는 bracket base의 silica component를 composite resin과 결합시킨다. 먼저 pumice, rinse, dry시키고 cotton pellet에 phosphoric acid etchant를 묻혀 60-90초간 둔다. Acid가 silica surface내에서 수소원자와 hydroxy group을 hydrolyze시키는데 사용되므로 세척하지 않는다. 10분후에 건조된 primed bracket은 화학적 또는 광중합 resin으로 부식된 법랑질 표면에 접착될 수 있다(Fig. 12)⁷⁾.

REFERENCES

1. Swartz, M.L.: Ceramic brackets. *J. Clin. Orthod.* 22:82-88, 1988.
2. Odegaard, J.: Debonding ceramic brackets. *J. Clin. Orthod.* 23:632-635, 1989.
3. Carter, R.N.: Clinical management of ceramic brackets. *J. Clin. Orthod.* 23:807-809, 1989.
4. Transcend Bracket Instruction Manual. Unitek Corporation/3M, Monrovia, CA, 1989.
5. Viazis, A.D., Douglas, W.H.: Enamel surface abrasion from ceramic orthodontic brackets: A special case report, *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 96:514-518, 1989.
6. Phillips, H.W.: The advent of ceramics, *J. Clin. Orthod.* 22:69-70, 1989.
7. Lew, K.K.K.: Recycling ceramic brackets, *J. Clin. Orthod.* 24:44-47, 1990.

— ABSTRACT —

CLINICAL CONSIDERATIONS ON USING CERAMIC BRACKET

Rhee Byung Tae, Son Woo Sung, Rhee Sang Gook

Department of Orthodontics, Pusan National University

Recently ceramic bracket is introduced to orthodontics. Many orthodontists are attempt to use it for improving esthetics during orthodontic treatment. Especially the adult patients want to be treated with less conspicuous braces. So it's usage will be increased. But the information about the physical properties, proper management, and important cautions are not well known to most of clinicians. Ceramic bracket is not the exact esthetic alternatives for metal bracket. So it is necessary to review some recent articles for proper clinical usage of ceramic bracket.

The authors attempt to introduce some clinical considerations for using ceramic bracket. The contents are as followed.

- I. Introduction
- II. Type and physical properties of ceramic bracket
- III. Clinical usage of ceramic bracket
 1. bonding
 2. bonding materials
 3. debonding
 4. others
- IV. Recycling ceramic bracket