

Zirconia ceramic의 표면처리 방법이 레진시멘트의 결합강도에 미치는 영향

부산대학교 치과대학 보철학교실

김창훈 · 전영찬 · 정창모 · 임장섭

I. 서 론

전통적인 장식형 도재는 우수한 심미성, 생체 적합성, 내식성을 보이고 열팽창 계수가 치질과 유사하다는 장점이 있으나,¹⁻⁴⁾ 굴절 강도가 매우 낮고 응력 조절이 잘 안되는 경우 파절 가능성이 높은 단점이 있다.⁵⁾ 이러한 한계점을 극복하려는 연구들이 최근 까지 계속되었고⁶⁻¹²⁾ 다양한 치과용 도재 강화법이 개발되어 전부도재관의 제작에 사용되어 왔다.

대표적인 도재 강화법으로는 이온 교환법이나 열처리를 통해 도재 표면에 압축 응력층을 형성하는 방법⁶⁾, 결정화를 이용하여 유리도재를 형성하는 방법⁷⁾, 도재 내에 leucite나 alumina를 확산시키는 방법^{8,9)} 그리고 소결된 alumina에 유리를 침투시키는 방법¹³⁾ 등이 있다.

이러한 방법으로 강화된 도재 중에서 전부도재관의 코아로 사용할 수 있는 대표적인 도재는 slip-cast alumina 도재¹³⁾가 있으며, 강도는 다소 저하되었지만 심미성이 우수한 도재는 열-가압 도재¹⁴⁾가 있다. Slip-cast alumina 도재 보다 강도가 높으면서 전치부에 적용할 수 있는 도재 코아 재료로는 상변태를 이용한 강화도재인 zirconia 도재¹⁵⁾가 있다.

순수한 zirconia는 소성 과정 중 냉각될 때 결정상이 바뀌면서 큰 부피변화가 생기므로 실온에서 매우 불안정한 상태를 보이며, 이를 안정화시키기 위해서 적당량의 Y₂O₃을 첨가하면 실온에서 고강도, 고인성

을 보이는 YPSZ (Yttrium-oxide-Partially-Stabilized-Zirconia ceramic)가 형성된다.^{15,16)} YPSZ는 하중을 받을 경우 결정상의 변태와 체적팽창 때문에 압축응력이 발생하는데, 이것이 크랙을 막고 도재를 강화시키게 된다.¹⁶⁾ 이러한 YPSZ는 최대 굽힘강도가 900~1200MPa로 매우 높고 파괴인성이 높아 파절에 강하고^{15,17)} milling 작업이 가능하기 때문에 CAD-CAM을 이용하여 보철물 제작이 가능하다.

한편 전부 도재관과 시멘트 간의 결합강도는 도재관 내면의 표면처리 방법과 시멘트의 종류에 따라 달라질 수 있다.^{18,19)} 도재관 내면의 표면처리법은 sandblasting이나 산부식 등으로 기계적인 결합력을 증진시키는 방법¹⁹⁾과 silane처리, silica coating 또는 특정 화학물질을 이용하여 결합력을 증진시키는 방법^{20,21)}으로 나눌 수 있다. 전부 도재관을 위한 시멘트는 용해도가 적고 심미성, 접착 강도 등에서 우수한 레진시멘트가 주로 사용되고 있다. Silica-based ceramic인 유리 도재나 백류석 함유 도재는 불산으로 산부식하고 silane을 적용한 뒤에 레진시멘트와 높은 결합강도를 보였다.¹⁸⁻²³⁾ Silica-based ceramic이 아닌 slip-cast alumina 도재는 tribochemical silica coating system을 적용하고 Bis-GMA계열 레진시멘트를 결합하거나,^{24,25)} sandblasting후에 phosphate monomer를 함유한 레진시멘트를 적용하여 장기적이고 안정적인 결합을 이루어낼 수 있었다.²⁵⁾

하지만 Janda 등²¹⁾과 Kern과 Wegner²⁶⁾에 의하면

zirconia 도재는 silica-based ceramic이 아니기 때문에 불산이나 silane으로 표면 처리가 불가능하다고 하였으며, Kern과 Wegner²⁶⁾는 zirconia 도재의 밀도가 높고, 결정 입자가 작으며 강도가 높아 tribochemical silica coating system을 적용하기 어렵다고 하였다. 또한 zirconia 도재에 대한 결합력을 관찰한 Kern과 Wegner²⁶⁾의 실험에서는 Panavia EX의 결합강도가 가장 높았지만 Derand와 Derand²⁷⁾의 연구에서는 Superbond C&B의 결합강도가 가장 높았고 Panavia 21의 결합강도는 아주 낮았다. 그리고 Derand와 Derand²⁷⁾는 도재 표면처리가 결합강도에 큰 영향을 주지 않는다고 하여 zirconia 도재와 레진 시멘트 사이에 안정적인 결합을 형성할 수 있는 방법이 명확하지 않으며 현재까지 zirconia 도재의 표면처리 방법이나 합착용 레진시멘트에 대한 연구는 많지 않다.

이에 본 연구에서는 zirconia 도재에 대한 결합강도를 증진시킬 수 있는 도재 표면처리 방법과 레진시멘트 종류를 알아보기 위하여 국내에서 가공하는 zirconia 코어를 대상으로 레진시멘트의 결합강도를 측정하고 결과 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하고자 하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 도재 시편과 acrylic jig 제작

본 실험에 사용한 도재와 레진시멘트는 Table I 과 같다. 각각의 도재 시편은 제조사의 지시에 따라 소성하여 직경 8mm 두께 3mm의 원판형으로 제작하였다. Table II 와 같이 도재 시편의 표면처리 방법과 레진시멘트 종류에 따라 여섯 군으로 분류하고 군별 8개씩 총 48개의 도재 시편을 제작하였다. 1군에서 4군까지 Zi-Ceram 실험군에는 sandblasting과 diamond bur로 도재 표면처리하고 superbond C&B와 Panavia F를 각각 결합하였다. 대조군인 5군과 6군은 제조사의 지시에 따라 각각 도재 표면처리 및 레진시멘트를 적용하였다.

Fig. 1과 같이 3mm 두께의 acrylic plate로 jig를 제작하여 시편에 일정한 면적으로 레진시멘트가 적용되고, 도재와 레진시멘트의 계면에 평행하게 전단하중이 가해지도록 하였다.

2. 도재 시편 표면처리 및 레진시멘트 적용

자가중합형 레진인 Pattern resin (GC Corporation, Japan)을 사용하여 도재 시편을 acrylic jig에 고정된 뒤, jig와 도재 시편이 완전히 편평한 면을 이룰 때 까지 400, 600번 SiC 연마지를 이용하여 연마하였다. 도재 시편을 각 군별로 다음과 같이 표면처리 하였다.

- 1) 1군 (ZSB): Zi-Ceram 시편 표면을 50 μ m Al₂O₃ 입자를 사용하여 4bar의 압력으로 10mm거리에서 10초간 sandblasting (Basic class: Renfert, Germany)하였다.
- 2) 2군 (ZSP): 1군과 동일하게 표면처리 하였다.
- 3) 3군 (ZDB): Zi-Ceram 시편의 표면에 diamond bur (SO-21 MANI DIA · BURS: MANI Inc., Japan)를 밀착시켜 한 방향으로 5회 왕복하여 일정한 선형의 표면 요철을 형성하였다.
- 4) 4군 (ZDP): 3군과 동일하게 표면처리 하였다.
- 5) 5군 (EMV): 제조사의 지시에 따라 도재 표면을 50 μ m Al₂O₃ 입자를 사용하여 4bar의 압력으로 10mm 거리에서 5초간 sandblasting하였다.
- 6) 6군 (IMP): 제조사의 지시에 따라 도재 표면을 50 μ m Al₂O₃ 입자를 사용하여 2.5bar의 압력으로 10mm 거리에서 14초간 sandblasting하였다.

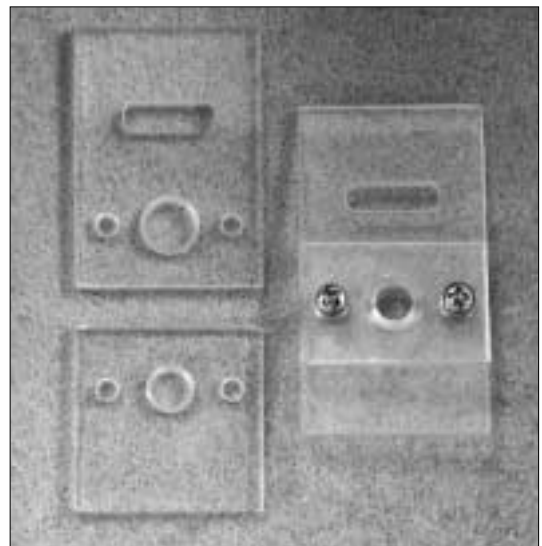


Fig. 1. Acrylic jig for shear bond strength test.

위와 같이 표면처리 후 증기 세척하고 증류수에서 10분간 초음파 세척한 뒤 건조하였다. 5군에는 제조사의 지시에 따른 부가적인 표면처리를 위해 5% 불산인 IPS ceramic etching gel (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)로 20초간 산부식 처리하고, Monobond-S (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)를 60초간 적용하여 silanization한 뒤, adhesive resin인 Heliobond (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)를 얇게 도포하였다.

도재 시편 표면처리 방법의 유효성을 평가하기 위해 Zi-Ceram 시편의 소성 직후, sandblasting 후, diamond bur 삭제 후의 표면 상태, IPS Empress 2 시편의 소성 직후, sandblasting 및 산부식 후의 표면 상태, In-Ceram ALUMINA 시편의 소성 직후 및 sandblasting 후의 표면 상태를 전자현미경 (S-

4200; Hitachi, Japan)을 사용하여 관찰하였다.

표면처리 완료된 시편에 반대측 acrylic jig를 연결하고 1군, 3군에는 Superbond C&B, 2군, 4군, 6군에는 Panavia F, 5군에는 Variolink II를 제조사의 지시에 따라 각각 적용하였다. 레진시멘트의 중합이 완료된 시편은 증류수에 보관하였고 24시간 후 전단 결합강도를 측정하였다.

3. 전단결합강도 측정 (Fig. 2)

도재 시편과 레진시멘트의 계면에 평행하게 전단 하중을 가할 수 있도록 시편을 만능시험기 (Instron: Model 4301, England)에 위치시키고 0.5mm/min의 속도로 하중을 가하여 최대하중치를 기록하였다.

Table I. Ceramics and resin cements used in this study

Brand name	Manufacturer	Character
Zi-Ceram	Dental Graphic Corp., Korea	Yttrium-oxide partially stabilized zirconia ceramic
IPS Empress 2	Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein	Lithium-disilicate glass ceramic
In-Ceram ALUMINA	Vita Zahnfabrik, Germany	Glass-infiltrated aluminum-oxide ceramic
Superbond C&B	Sun Medical Co., Japan	Self-curing resin cement, 4-META, TBB
Panavia F	Kuraray Co., Japan	Dual-curing resin cement, MDP, HEMA, 5-NMSA
Variolink II	Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein	Dual-curing resin cement, Bis-GMA

Table II. Surface treatments and resin cements used in each group

Group	Code*	Ceramics	Surface treatment	Resin cement
1	ZSB	Zi-Ceram	Sandblasting	Superbond C&B
2	ZSP	Zi-Ceram	Sandblasting	Panavia F
3	ZDB	Zi-Ceram	Diamond bur	Superbond C&B
4	ZDP	Zi-Ceram	Diamond bur	Panavia F
5	EMV	IPS Empress 2	Sandblasting, acid etching, silanization	Variolink II
6	IMP	In-Ceram ALUMINA	Sandblasting	Panavia F

* Z: Zi-Ceram, E: IPS Empress 2, I: In-Ceram ALUMINA, B: Superbond C&B, P: Panavia F, V: Variolink II, S: Sandblasting, D: Diamond bur, M: Manufacturer's recommendation for surface treatment and resin cement.

Ⅲ. 결 과

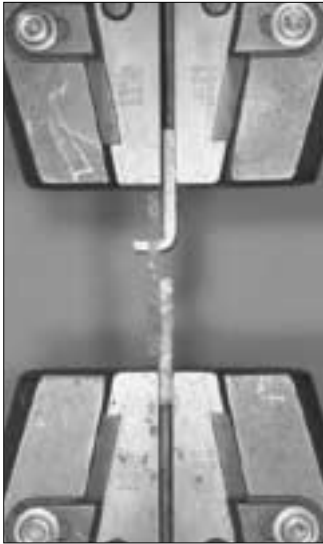


Fig. 2. Shear bond strength test in universal testing machine.

각 실험군에 대한 전단결합강도의 평균값과 표준편차 및 Duncan 다중범위검정법을 시행하여 사후검정한 결과는 Table III과 같으며 Fig. 3에 평균값을 그래프로 정리하였다.

각 실험군 간의 전단 결합강도 차이를 검정하기 위해 일원분산분석을 시행한 결과 (Table IV), 각 실험군 별로 전단결합강도에 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.001$).

Zi-Ceram을 이용한 실험군에서는 도재 표면처리 방법과는 상관없이 Superbond C&B를 사용한 ZSB, ZDB군이 Panavia F를 사용한 ZSP, ZDP군 보다 결합강도가 높았다 ($p < 0.05$). Zirconia ceramic에 Superbond C&B 시멘트를 적용한 경우 sandblasting 처리한 ZSB군이 diamond bur 처리한 ZDB군 보다 결합강도가 높았고 ($p < 0.05$), Panavia F 시멘트를 적용한 경우에는 도재 표면처리 방법에 따른 결합강도의 차이가 없었다 ($p > 0.05$). Zi-Ceram을 이용한 실험군에서 sandblasting후에 Superbond C&B

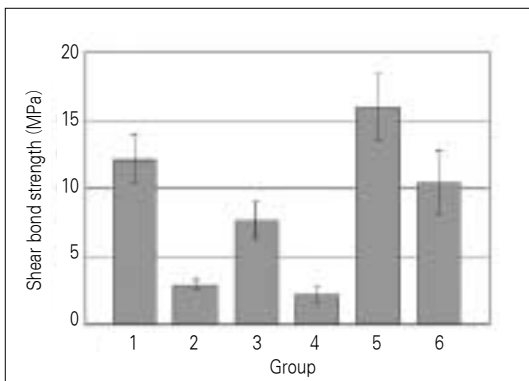


Fig. 3. Shear bond strength of resin cements to ceramics.

Table III. Shear bond strength (MPa) of resin cements to ceramics at 24 hours after bonding and Duncan's multiple comparison of each group

Group	Code	Mean	SD	Duncan groups
1	ZSB	12.1	1.7	B
2	ZSP	2.9	0.4	D
3	ZDB	7.7	1.4	C
4	ZDP	2.2	0.7	D
5	EMV	15.9	2.4	A
6	IMP	10.4	2.3	B

Table IV. The result of one-way ANOVA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Material	5	1140.288494	228.057699	82	<.0001
Error	42	116.813238	2.781268		
Corrected Total	47	1257.101731			

DF : Degree of freedom, Pr : Probability, Pr > F : Significant

를 결합한 ZSB군의 결합강도 (12.1MPa)가 가장 높았고, ZDB군 (7.7MPa), ZSP군 (2.9MPa), ZDP군 (2.2MPa) 순으로 낮아졌다. 그리고 ZSB군의 결합강도는 대조군인 In-Ceram ALUMINA군과는 유의한 차이가 없었고 ($p>0.05$), IPS Empress 2군의 결

합강도 보다는 작았다 ($p<0.05$).

각 도재 별로 가공 직후와 표면 처리 후의 도재 표면을 전자 현미경으로 관찰한 사진이 Fig. 4, 5, 6에 나타나 있다.

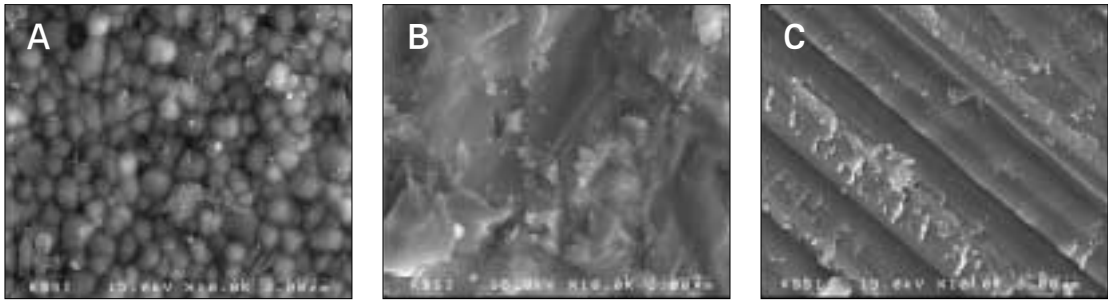


Fig. 4. SEM pictures of Zi-Ceram (Original magnification $\times 10000$). A, Processed surface with microgap between zirconia particles. B, Shallow irregularities were observed after sandblasting. C, Linear irregularities were observed after diamond bur preparation.

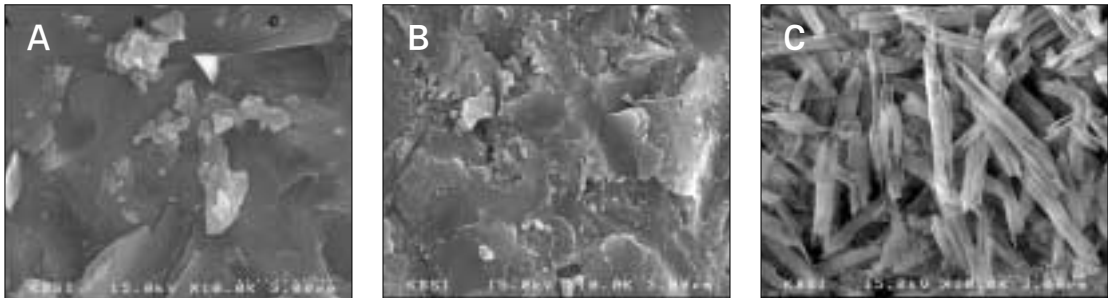


Fig. 5. SEM pictures of IPS Empress 2 (Original magnification $\times 10000$). A, Processed surface. B, Shallow irregularities are observed after sandblasting. C, Elongated crystals with shallow irregularities were produced after sandblasting and acid etching.

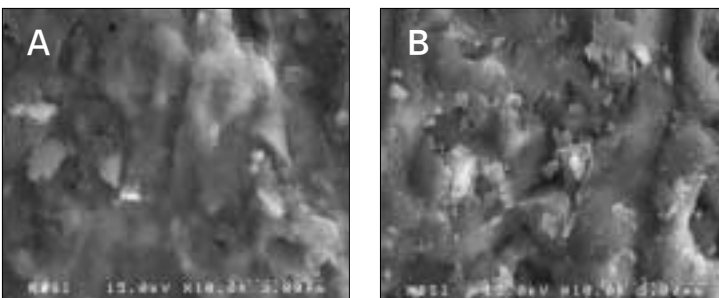


Fig. 6. SEM pictures of In-Ceram ALUMINA (Original magnification $\times 10000$). A, Processed surface. B, Shallow irregularities were observed after sandblasting.

IV. 고 찰

장석형 도재는 심미성이 우수하지만 파절 강도가 낮아 전부도재판으로 사용할 경우 쉽게 파절되므로 이를 보완하기 위해서는 강도가 증가된 강화 도재와 더불어 치질에 결합할 수 있는 접착제의 사용이 필요하다. 레진시멘트는 구강 내에서 용해도가 낮고 심미성이 우수하며 기능하중 하에서 높은 접착 강도를 보이기 때문에 오늘날 임상에서 전부 도재판의 접착에 널리 사용되고 있다.

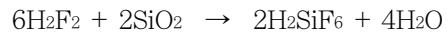
현재까지 개발된 대표적인 강화 도재는 slip-cast alumina 도재인 In-Ceram ALUMINA와 열 가압 도재인 IPS Empress 2가 있다. In-Ceram ALUMINA는 alumina가 포함된 다공성 다이에 유리가 침투되는 slip-cast 술식으로 제작하며 강도는 우수하지만 심미성이 낮아 전치부에는 사용하기 어렵다. IPS Empress 2는 주 결정상이 lithium disilicate인 코아 도재 위에 apatite 결정을 함유하는 glass를 적층하여 제작하며, In-Ceram ALUMINA 보다 강도는 다소 낮지만 심미성이 우수하여 전치부 도재 전장판이나 3본 고정성 국소의치에 주로 사용한다. In-Ceram 보다 강도가 높으면서 임상적으로 전치부에 적용할 수 있는 강화 도재로는 상변태를 통해 강화된 zirconia 도재가 있다. 이외에도 오늘날 전부도재판 수복에 사용되고 있는 도재와 레진시멘트는 매우 다양하며, 각 재료별 물성과 재료들 간의 상호 작용을 잘 이해하고 이를 적절히 사용해야 할 필요가 있다.

도재와 레진시멘트 사이의 결합강도 증진에 sandblasting을 적용하는 것은 잘 알려진 사실이며 이는 여러 연구를 통해 증명되었다.^{28,29} Borges 등²⁸에 따르면 직경 50 μ m Al₂O₃를 이용한 sandblasting시에 IPS Empress, IPS Empress 2는 표면 형태의 변화가 일어나 얇은 미세요철이 형성되지만, In-Ceram ALUMINA나 In-Ceram ZIRCONIA의 경우에는 표면 형태의 변화가 없었다고 하였다. 반면 Kern과 Thompson³⁰의 연구에서는 In-Ceram ALUMINA 표면을 직경 110 μ m의 Al₂O₃로 sandblasting하여 표면에 미세요철이 형성되었다고 하였고, 제조사인 Vita 사에서도 직경 50 μ m 이하의 Al₂O₃를 사용하여 sandblasting할 것을 권고하였다. 이에 본 연구에서는 대조군인 IPS Empress 2 및 In-Ceram ALUMINA 두

군 모두에 sandblasting이 유효할 것이라 판단하고 직경 50 μ m Al₂O₃를 사용하여 sandblasting 처리를 시행하였고, 이를 전자현미경으로 관찰한 결과 미세요철이 형성된 표면들을 관찰할 수 있었다 (Fig. 5-B와 6-B). 하지만 sandblasting에 사용된 Al₂O₃의 입자 크기 뿐만 아니라, sandblasting시의 압력, 거리, 시간 그리고 Al₂O₃ 입자 분사 tip의 크기 등 여러 가지 변수들이 sandblasting의 유효성에 영향을 미칠 수 있기 때문에 조건에 따른 표면 변화가 다양하리라 생각된다.

Kern과 Wegner²⁶에 의하면 강도가 높은 YPSZ는 sandblasting 적용 시 표면은 일부 변화되지만 금속에 비하여 제한된 수준의 요철이 형성되고 이는 레진시멘트와 안정적인 결합을 형성하는데 도움을 주지 못한다고 하였다. 이에 본 연구의 Zi-Ceram 표면 처리에서 1군, 2군은 직경 50 μ m Al₂O₃를 이용하여 sandblasting하고, 3군, 4군은 표면을 더 거칠게 처리하도록 diamond bur로 표면을 삭제하여 표면 거칠기에 따른 결합력의 차이를 관찰해 보았다. 그 결과 Zi-Ceram 군에서 Superbond C&B 레진시멘트 군의 sandblasting 처리 군 (12.1MPa)이 diamond bur 처리 군 (7.7MPa) 보다 결합강도가 높았고 (p<0.05), Panavia F 레진시멘트 군은 표면처리에 따른 결합강도의 유의한 차이가 없었다 (p>0.05). Zi-Ceram과 레진시멘트 간의 결합력에 대해 표면 거칠기가 미치는 영향은 레진시멘트의 종류에 따라 달라진다고 하겠다. 이것은 본 연구보다 더 다양한 표면 처리와 레진시멘트를 사용한 실험에서 표면 거칠기가 결합력에 영향을 미치지 않는 것 같다고 보고한 Derand와 Derand²⁷의 연구와는 상이한 결과를 보인다.

치과용 도재의 산부식에 사용되는 불산과 도재 표면 사이의 반응을 화학적인 관점에서 살펴보면



같이 불산은 silica와 반응이 일어나는 것을 알 수 있다.²¹ 또한 3-methacryloyl oxypropyl trimethoxy silane도 silica를 매개로 결합이 일어나므로,^{26,31} 유리 도재나 백류석 함유 도재와 같은 silica-based ceramic에서는 불산으로 산부식 처리 후 silane을 적용하여 레진시멘트와 결합력을 증진시킬 수 있다.¹⁸⁻²³ 하지만 alumina나 zirconia는 불산과 반응이 일어나지

않으며,²¹⁾ Kern과 Thompson²⁵⁾은 In-Ceram ALUMINA나, Procera AllCeram (Nobel Biocare, Sweden) 같은 alumina 도재에서는 상대적으로 산부식 처리 후 결합력 증가가 나타나지 않는다고 하였고, Derand와 Derand²⁷⁾는 산부식이 zirconia 도재의 microretention을 향상시킨다고 생각되지는 않으며, 단지 도재 표면의 접착 가능성을 변화시키고, 잠재적인 free energy를 변화시키는 것 같다고 하였다. 또한, Derand와 Derand²⁷⁾의 보고에 의하면 silane coupling agent는 silica가 없는 도재에서는 매우 약하거나 불안정한 결합을 형성한다고 하였으며, Kern과 Wegner^{26,31)}은 silane이 YPSZ에 대한 Bis-GMA resin composite의 결합강도를 증진시키지 못했고, 이는 YPSZ에 silica가 없어서 silane이 silica를 매개로 한 결합을 유도하지 못했기 때문이며, silane이 YPSZ와 결합하지 않는다는 것을 의미한다고 보고하였다.²⁶⁾

본 연구에서 silica-based ceramic인 IPS Empress 2군에는 불산을 이용한 산부식과 silane 처리를 시행한 반면 In-Ceram ALUMINA군과 Zi-Ceram군에서는 시행하지 않았으며, 실험 결과 Zi-Ceram군에서는 도재 표면처리 방법과는 상관없이 Superbond C&B를 사용한 군이 Panavia F를 사용한 군 보다 더 높은 전단 결합강도를 나타내었다. Derand와 Derand²⁷⁾의 실험에서도 표면처리와는 무관하게 Panavia 21군, Twinlook (Kulzer, Germany)군 보다 Superbond C&B군이 더 높은 전단강도를 나타내어 유사한 결과를 보고하고 있다. 하지만, Kern³²⁾은 Derand와 Derand²⁷⁾의 실험에 사용된 silane이 zirconia 도재와 Panavia 21의 결합에 차단제로 작용하여 phosphate monomer와 zirconia 도재간의 직접적인 결합을 방해하는 것 같다고 하였으며, Panavia 21군에 silane 처리없이 sandblasting처리만 한다면 월등히 높은 결합력과 결합의 장기적 안정성이 보장될 것이라고 반박하였다. 본 연구에서는 Derand와 Derand²⁷⁾의 실험과는 달리 silane 처리를 하지 않았음에도 불구하고 여전히 Superbond C&B 군에서 가장 높은 결합강도가 관찰되었는데, 이는 Superbond C&B에 filler가 포함되어 있지 않아 흐름성이 좋고, 4-META 성분이 포함되어 monomer의 확산이 잘 되며, 확산된 monomer와 같이 중합되는 4-META의 강력한 결

합력 때문일 것이라 생각된다.

Silica가 없는 YPSZ와 레진시멘트 사이에 좀 더 강력하고 안정적인 결합을 얻기 위한 연구들에서, Kern과 Wegner²⁶⁾은 slip-cast alumina 도재에 성공적인 결합력과 장기간의 안정성을 보인 tribochemical silica coating system을 YPSZ에 적용하여 레진시멘트와의 결합력을 관찰하였다. 실험 결과 초기 결합력은 상당히 증가하나 증류수 내에서 장기간 보관 시 결합력의 현저한 저하를 나타내었고, 이것은 SEM 분석 결과 alumina 도재 보다 YPSZ가 밀도가 높고, 결정 입자가 작으며 강도가 높아 tribochemical silica coating system을 적용할 때 균일한 silica 층이 형성되지 못했기 때문이라고 보고하였다. 또한 Kern과 Wegner²⁶⁾은 같은 실험 내에서 sandblasting 후에 phosphate monomer를 함유한 레진시멘트인 Panavia와 Panavia 21을 적용한 결과, 재래식 Bis-GMA 레진시멘트 보다 더 높은 결합강도를 관찰하였으며 증류수에 장기간 보관한 후에도 통계적으로 유의하지 않은 범위 내에서 결합강도의 저하가 나타났다고 하였다.

본 실험에 사용된 Panavia F 역시 phosphate monomer를 포함한 레진시멘트임에도 불구하고 실험 결과에서는 표면처리와 무관하게 Superbond C&B의 결합강도가 높았다. 이것은 우선 전술한 바와 같이 Superbond 내에 포함된 4-META 성분의 monomer 확산 능력과 강력한 결합력이 큰 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 이와 더불어 자가중합형인 Superbond C&B와는 달리 dual-curing 방식인 Panavia F의 광중합 시, 레진시멘트의 중합수축으로 인한 응력이 시편의 특성상 Zi-Ceram과 Panavia F 사이의 결합을 저해하는 방향으로 작용하여 Panavia F군의 결합력 저하를 초래했을 가능성이 있다고 생각된다. 한편으로는 Zi-Ceram의 구조적 특성상 표면 입자와 입자 사이에 미세한 공극 (Fig. 4-A)이 존재하는데 Zi-Ceram이 완벽하게 건조되지 못한 상태에서 레진시멘트와 결합할 경우 이러한 공간에 미량의 수분이 개재되었을 가능성이 있다. 일반적으로 Panavia F의 경우 이러한 수분이 Zi-Ceram과의 결합에 있어 차단제로 작용했을 것이라 생각되지만, Superbond C&B의 Catalyst S에 포함된 TBB (Tri-n-Butyl Borane)는 재료의 특성상 산소와 수분

이 있어야만 radical 형성을 시작하므로³³⁾ Superbond C&B군에서는 미량의 수분이 개재되었다면 이것이 Superbond C&B의 중합을 촉진시켜주는 역할을 했을 것이라 유추해 볼 수 있다.

본 실험 결과 Zi-Ceram과 레진시멘트 사이의 결합 강도에 대하여 표면 거칠기가 미치는 영향은 레진시멘트의 종류에 따라 달라졌다. 사용된 레진시멘트의 종류에 따라서는 Superbond C&B가 Panavia F 보다 더 큰 결합강도를 나타내었다. 이와 같이 도재 표면처리 방법과 레진시멘트에 따라 Zi-Ceram과 레진시멘트 사이의 결합강도는 차이가 나지만, 실제 임상에서는 본 실험에서 고려하거나 통제하지 못한 다양한 요소들이 결합강도에 영향을 미칠 것이다. 앞으로 이와 관련한 다양한 도재의 표면 처리와 여러 종류의 레진시멘트를 사용한 실험 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 zirconia 도재와 레진시멘트간의 결합 강도에 대하여 알아보고자 하였다. Zi-Ceram, IPS Empress 2, In-Ceram ALUMINA로 도재 시편을 제작하고, Zi-Ceram은 sandblasting과 diamond bur를 이용하여 표면처리 후, Superbond C&B와 Panavia F를 결합하였으며, IPS Empress 2와 In-Ceram ALUMINA는 제조사의 지시에 따라서 각각 표면처리 및 레진시멘트를 적용하였다. 제작된 시편을 24시간 동안 증류수에 보관한 뒤, 시편의 전단결합강도를 만능시험기로 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Zi-Ceram 실험군에서는 도재 표면처리 방법에 상관없이 Superbond C&B 시멘트군이 Panavia F 시멘트군 보다 높은 결합강도를 나타내었다 ($p < 0.05$).
2. Zi-Ceram 실험군에서 Superbond C&B 시멘트를 적용한 경우 sandblasting 처리군 (12.1MPa)이 diamond bur처리군 (7.7MPa) 보다 결합강도가 높았고 ($p < 0.05$), Panavia F 시멘트를 적용한 경우에는 도재 표면처리 방법에 따른 결합강도의 차이가 없었다 ($p > 0.05$).
3. Zi-Ceram 실험군에서는 sandblasting 처리 후

Superbond C&B 시멘트를 적용한 군이 가장 높은 결합강도 (12.1MPa)를 보였는데, 대조군인 In-Ceram ALUMINA군 (10.4MPa)과는 유의한 차이가 없었고 ($p > 0.05$), IPS Empress 2군 (15.9MPa)의 결합강도 보다는 작았다 ($p < 0.05$).

참고문헌

1. Donovan TE, Adishian S, Prince J. The platinum-bonded crown: a simplified technique. *J Prosthet Dent* 1984;51:273-5.
2. Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res* 1980;59:70-5.
3. Yu HW, Song CY, Bae TS, Song KY, Park CW. Comparative study on the flexure strength of the ceramics for allceramic crowns. *J Korean Acad Prosthodont* 1994; 32:195-211.
4. Koo JY, Lim JH, Cho IH. Marginal fidelity according to the margin types of all ceramic crowns. *J Korean Acad Prosthodont* 1997; 35:445-57
5. Johnston WM, O'Brien WJ. The shear strength of dental porcelain. *J Dent Res* 1980;59:1409-11.
6. Shin HS, Lee SJ, Lee KW. An experimental study of the effect of alumina and zirconia on mechanical properties of dental core porcelain. *J Korean Acad Prosthodont* 1993;31:317-49
7. Grossman DG. Cast glass ceramics. *Dent Clin North Am* 1985;29:725-39.
8. Kim HS, Ju TH, Oh SC, Dong JK. A study on the fracture strength of the IPS-Empress ceramic crown according to margin type. *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35:296-307.
9. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: technology and

- strength. *Int J Prosthodont* 1992;5:9-16.
10. Koh ES, Lee SH, Yang JH, Chung HY. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in all ceramic crowns with various finish line designs and incisal reductions under different loading conditions. *J Korean Acad Prosthodont* 1997; 35:742-66.
 11. Yu HW, Bae TS, Song KY, Park CW. An evaluation of dynamic fatigue characteristics of dental ceramics for all ceramic crown. *J Korean Acad Prosthodont* 1997; 35:781-92.
 12. McLean JW. Ceramics in clinical dentistry. *Br Dent J* 1988;164:187-94.
 13. Probst L, Diel J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int* 1992;23:25-31.
 14. Culp L. Empress 2: First year clinical results. *J Dent Technol* 1999;16:12-15.
 15. Yanagida H, Kawamoto K, Miyayama M. *Chemistry of Ceramics*. Chichester: Wiley, 2003:226-8, 247-9.
 16. Go YM, Kim KN, Kim KM. Dental ceramics. *Dental materials 3rd Edition*: Koonja publishing Inc., 2001:351-76.
 17. Christel P, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN. Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res* 1989;23:45-61.
 18. Matsumura H, Kato H, Atsuta M. Shear bond strength to feldspathic porcelain of two luting cements in combination with three surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997;78:511-7.
 19. Kim JS, Hwang HS, Jeong CM, Jeon YC. A study on the bond strength of resin cements to Empress 2 ceramic. *J Korean Acad Prosthodont* 2001;39:184-96.
 20. Kato H, Matsumura H, Tanaka T, Atsuta M. Bond strength and durability of porcelain bonding systems. *J Prosthet Dent* 1996;75:163-8.
 21. Janda R, Roulet JF, Wulf M, Tiller HJ. A new adhesive technology for all ceramics. *Dent Mater* 2003;19:567-73.
 22. Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. *J Prosthet Dent* 1995;73:464-70.
 23. Diaz-Arnold AM, Aquilino SA. An evaluation of the bond strengths of four organosilane materials in response to thermal stress. *J Prosthet Dent* 1989; 62:257-60.
 24. Kern M, Strub JR. Bonding to alumina ceramic in restorative dentistry: clinical results over up to 5 years. *J Dent* 1998; 26:245-9.
 25. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995;73:240-9.
 26. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesive methods and their durability. *Dent Mater* 1998;14:64-71.
 27. Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000;13:131-5.
 28. Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent* 2003;89:479-88.
 29. Kato H, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. *J Oral Rehabil* 2000;27:103-10.
 30. 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;71:453-61.
31. Wegner SM, Kern M. Longterm resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent* 2000;2:139-47.
32. Kern M. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000;13:350.
33. Okamoto Y, Takahata K, Seaki K. Studies of the behavior of partially oxidized tributylborane as a radical initiator for methyl methacrylate(MMA) polymerization. *Chemistry letters: The chemical society of Japan*, 1998:1247-8.

Reprint request to:

Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University
1-10 Ami-dong, Seo-gu, Pusan, 602-739, Korea
joenyc@hanmir.com

ABSTRACT

EFFECT OF SURFACE TREATMENTS OF ZIRCONIA CERAMIC ON THE BOND STRENGTH OF RESIN CEMENTS

Chang-Hun Kim, D.D.S., M.S.D., Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph. D.,
Chang-Mo Jeong, D.D.S., M.S.D., Ph. D., Jang-Seop Lim, D.D.S., M.S.D., Ph. D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

Statement of problem: It is not clear how to make a stable bonding between zirconia ceramic and resin cement. And the study about surface treatment of zirconia ceramic or bonding resin cement are not enough.

Purpose: To measure and compare the shear bond strength of some resin cements on zirconia ceramic after different surface treatments.

Material and method: 48 ceramic discs were made of 3 ceramic materials, zirconia ceramics (Zi-Ceram), heat-pressed ceramics (IPS Empress 2) and slip cast alumina ceramics (In-Ceram). According to the surface treatments of ceramic specimens and resin cements, specimens were classified into 6 groups and each group was composed of 8 specimens. For the surface treatment of Zi-Ceram group (test group), sandblasting and diamond bur preparation were applied and Superbond C&B and Panavia F were bonded respectively. For IPS Empress 2 group (control group), Variolink II was bonded after sandblasting, acid etching, silanization and for In-Ceram ALUMINA group (control group), Panavia F was bonded after sandblasting. After storing specimens in distilled water for 24 hours, the shear bond strength was measured by the universal testing machine.

Results and conclusion:

1. Zi-Ceram group with Superbond C&B cement showed higher bond strength than with Panavia F cement regardless to the surface treatments ($p < 0.05$).
2. In Zi-Ceram group with Superbond C&B cement, sandblasting treatment group (12.1MPa) showed higher bond strength than diamond bur treatment group (7.7MPa) ($p < 0.05$). In Zi-Ceram group with Panavia F cement, there were no significant differences in the bond strength according to the surface treatments ($p > 0.05$).
3. Zi-Ceram group with sandblasting and Superbond C&B cement (12.1MPa) showed the highest bond strength. The bond strength of this group was not significantly different from In-Ceram ALUMINA group (10.4MPa) ($p > 0.05$) and lower than IPS Empress 2 group (15.9MPa) ($p < 0.05$).

Key words : Zirconia ceramic, Resin cement, Bond strength, Surface treatment