



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2012년 2월
석사학위논문

다양한 도재 수리시스템에 따른
지르코니아 상부도재와 복합레진의
전단결합강도 비교

조선대학교 대학원

치 의 학 과

전 진 용

2012년 2월
석사학위논문
다양한 도재 수리시스템에 따른 지르코니아 상부도재와 복합레진의 전단결합강도 비교
전 진 용

다양한 도재 수리시스템에 따른
지르코니아 상부도재와 복합레진의
전단결합강도 비교

A Comparison of Shear Bond Strength of Composite Resin
to Zirconia Veneering Porcelain according to Various
Porcelain Repair Systems

2012년 2월 24일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

전 진 용

다양한 도재 수리시스템에 따른
지르코니아 상부도재와 복합레진의
전단결합강도 비교

지도교수 손 미 경

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2011년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

전 진 용

전진용의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 정 재 현 (인)

위 원 조선대학교 교 수 최 한 철 (인)

위 원 조선대학교 교 수 손 미 경 (인)

2011년 11월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	iv
I. 서 론	1
II. 실험재료 및 방법	3
III. 실험 결과	7
IV. 고찰 및 토의	12
V. 결 론	17
참고문헌	18

표 목 차

Table 1. Materials used in this study	5
Table 2. Mean contact angle value after different surface treatments	10
Table 3. Mean and standard deviation(SD) of shear bond strength(MPa) values	11

도 목 차

Fig. 1. Porcelain disc embedded in mounting media	3
Fig. 2. Schematic drawing of tested specimen in testing apparatus (a) and sample placed at the universal testing machine (b)	6
Fig. 3. Optical Microscope($\times 200$) and FE-SEM($\times 1000$) images of the zirconia surface after different surface treatments. (a) Polished surface, (b) Diamond bur treated, (c) Group I, Silica coating with CoJet Sand, (d) Group II, 37% phosphoric acid, (e) Group III, 9% HF , (f) Group IV, Ceramic bond	9
Fig. 4. Wettability test after different surface treatments. (a) Polished surface, (b) Diamond bur treated, (c) Group I, Silica coating with CoJet Sand, (d) Group II, 37% phosphoric acid, (e) Group III, 9% HF , (f) Group IV, Ceramic bond	10

ABSTRACT

A Comparison of Shear Bond Strength of Composite Resin to Zirconia Veneering Porcelain according to Various Porcelain Repair Systems

Jeon, Jin-Yong

Advisor : Prof. Son, Mee-Kyoung, D.D.S, Ph.D.

Department of Dentistry

Graduate School of Chosun University

Zirconia all ceramic restoration has recently been introduced as a promising metal-free core structure for fixed prostheses. With the demand of esthetic treatment and development of the CAD/CAM technology in dentistry, the usage of full zirconia crown is gradually increased. But still, full zirconia crown for the anterior restorations are limited by color sensitivity. To overcome this shade mismatching problem, porcelain layering technique on the zirconia core is widely used. While this layering technique is esthetic than full zirconia, in some cases, it is failing by ceramic veneer-chipping without exposing the zirconia core. In this situation, ideally, remake of the restoration is desirable, but it is not always feasible. Therefore depending on the size of the fracture in the veneering porcelain, intraoral repair methods using surface treatment and composite resins may be indicated.

The aim of this study is to compare the shear bond strength of various porcelain repair systems to zirconia veneering porcelain. 40

porcelain disk specimens were fabricated and trimmed with fine diamond bur to remove glazed and contaminated surface. All of specimens were divided into 4 groups (n=10) according to the following porcelain repair systems : Group 1-CoJetTM Intraoral Adhesive Repair System (3M ESPE, Seefeld, Germany) ; Group 2-Ceramic repair system(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) ; Group 3-Porcelain Repair Kit (Ultradent, South Jordan, USA); Group 4- Signum Ceramic Bond(Heraeus, Germany). As a composite resin, Z350 (3M-ESPE ,USA) were condensed and polymerized to the surface treated specimen. Bonded specimens were stored in 37° C distilled water for 24 hours. The shear bond strength were tested using a universal testing machine at a crosshead speed of 5mm/min. All results were statistically analyzed by one-way ANOVA and Tamhane post hoc test. After surface treatments, surface morphologies and wettability were examined with optical microscope, field-emission scanning electron microscope(FE-SEM), AFM and water contact angle goniometer to examine the surface treatment effects.

As a results, surface irregularities were increased after silica coating in Group I , 37% phosphoric acid in Group II and 9%HF in Group III. The surface of the zirconia specimens treated with Ceramic bond was more smoother than diamond bur treated surface. The highest wettability values were obtained with silica coating in Group I, and other surface treatment methods also were shown better surface wettability than polished or diamond bur treated surface. There were not significant differences in the shear bond strengths between 4 groups($P<.05$). The bond strength between zirconia veneering porcelain and a resin composite was affected by mechanical and chemical surface treatment.

Therefore, The commercial porcelain repair system can be used for the repair of the zirconia veneering porcelain fracture.

I. 서 론

임상에서 도재를 이용한 수복물의 제작은 높은 심미성이 요구되는 전치부 뿐만 아니라 구치부에서도 많이 이용하고 있다. 일반적으로 도재를 이용한 보철물은 도재의 큰 취성 때문에 다수치 결손의 경우나 높은 저작압이 요구되는 부위에서의 사용이 어려워 하부에 주조금관으로 강도를 보강하는 도재 전장 주조관이 널리 사용되어 왔다. 하지만 금속 도재관의 경우 자연스러운 색상을 표현함에 있어 한계가 있음으로써 심미적 문제가 대두되었으며 이러한 이유로 강도와 심미성을 보완한 다양한 완전 도재 시스템이 소개되어 사용되고 있다.¹ 이러한 완전 도재 시스템 중 최근 임상적으로 다양하게 적용되고 있는 것 중의 하나가 지르코니아 시스템이다. 일반적으로 완전 도재관은 심미성이 우수한 반면 강도가 약하여 임상적 적용의 범위가 한정되었던 반면, 지르코니아는 우수한 강도와 심미성, 생체 적합성등의 장점을 가지면서 단일 치아 수복부터 다수 치아 보철물, 가철성 보철물 그리고 임플란트 보철에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 특히 최근 치과용 캐드캠 시스템의 개발과 발전은 너무 강한 강도로 인해 제작이 어려웠던 지르코니아의 단점을 해결하고 더욱 빠르고 정확하게 보철물의 제작을 가능하게 함으로써 지르코니아 수복물의 사용 범위가 점차적으로 확대되고 있다.²

하지만 전치부나 소구치부와 같이 강도보다는 심미성이 요구되는 부위에서 전체를 지르코니아만으로 제작 시 여전히 자연스러운 색상을 표현하는데는 한계가 있다. 따라서 교합압이 크게 작용하지 않고 심미성이 중요시 되는 부분에서는 완전 지르코니아 크라운보다는 내부는 강도를 위해 지르코니아 코어를 사용하고 외부에 전용 도재로 비니어링하여 더욱 정교하게 치아의 색상을 표현하는 방법이 주로 사용된다. 이와 같이 상부에 전용 도재를 사용하여 레이어링(layering)하는 경우, 임상적으로 종종 상부 도재의 파절이 관찰된다. 지르코니아 상부 도재의 파절은 지르코니아와 도재 간의 열팽창계수의 차이로 인한 접합의 결손, 도재 축성 중 기공 상의 오류로 인한 내부 기포의 형성, 전치부에 지속적으로 가해지는 전단응력의 축적으로 인한 스트레스 등이 원인이라고 보고되고 있다.²⁻⁵ 보철물의 최종합착 후 이와 같은 파절이 발생된 경우, 원칙적으로는 재제작이 필요하지만 파절의 범위가 극히 작거나 기능 및 심미적인 부

위와 관련이 없는 경우, 환자의 경제적 제한이나 전신적 건강상태가 즉시 재제작을 어렵게 하는 경우 등에서는 복합레진을 이용한 수리가 더욱 현실적이고 효과적인 치료가 될 수 있다.^{4,6,7}

이러한 이유로 도재와 복합레진 사이의 결합력을 개선하여 도재 수복물의 파절부위를 구강 내에서 간단히 수복할 수 있는 도재 수리시스템들이 각 회사에서 개발, 판매되고 있으며 다양한 표면처리 방법이나 전용 프라이머 및 본딩제의 사용을 통해 도재와 복합레진 간의 기계적, 화학적 결합을 더욱 증가시키기 위한 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 하지만 기존의 도재 수리시스템을 이용한 도재파절의 수복에 관한 대부분의 연구들은 주로 도재 전장 주조관에 널리 쓰이는 장식계 도재의 파절에 관한 연구들이었으며 지르코니아 상부에 사용되는 지르코니아 전용 비니어링 도재에 대한 연구는 미비한 상태이다. 지르코니아 전용 도재의 경우는 일반 도재 전장 주조관에 사용되는 도재와 열팽창계수뿐 아니라 성분에 있어서도 차이가 있다. 즉, 사용하는 도재에 따라 도재 수리시스템에 의한 표면처리 결과가 다를 수 있고 결과적으로 도재와 복합레진간의 결합강도에도 차이가 있을 수 있다.

이에 본 연구에서는 지르코니아 전용 도재와 다양한 도재 수리시스템을 사용한 표면처리 후 복합레진과의 전단결합강도를 측정 비교함으로써 지르코니아 보철물의 상부 도재 파절에 있어 도재 수리시스템의 임상적 유용성을 평가하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 도재 시편의 제작

지르코니아 코아위에 축성되는 ICE veneering porcelain(Zirkonzahn, Italy)으로 총 40개의 도재원판(직경 10mm, 두께 2mm)을 제조사의 지시에 따라 축성과 소성하여 제작하였다. 제작된 도재시편은 액상 불포화 폴리에스테르 수지(EPOVIA[□] RF-9000, Cray valley Inc, Korea)에 포매하였다(Fig. 1). 완성된 시편은 주수 하에 100, 600, 1200 grit SiC 페어퍼의 순서로 연마한 후 표면위의 불순물을 제거하기 위해 3분 간 증류수로 초음파세척을 시행하였다.

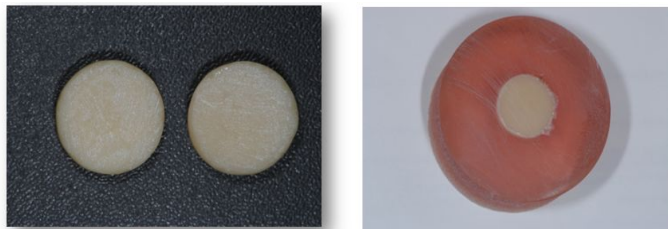


Fig. 1. Porcelain disc embedded in mounting media.

2) 시편의 표면처리 및 레진부착

제작된 시편은 각각 10개씩 4개의 실험군(Group I, II, III, IV)으로 분류되었다. 일반적으로 구강 내에서 도재의 파절 시 노출된 표면의 오염과 불규칙성을 제거하며 동시에 약간의 기계적 결합을 도모하고자 부드러운 다이아몬드 바로 표면을 다듬는다. 이와 같은 임상적 적용과 유사한 조건을 부여하기 위하여 모든 시편을 다이아몬드 바(30 μ m, Komet^R, Germany)로 10초 간 주수 하에 다듬었다. 각각의 도재 수리시스템의 적용은 제조회사의 지시에 따랐으며 사용 조건은 다음과 같다.

Group I(n=10) : CoJetTM Intraoral Adhesive Repair System (3M ESPE, Seefeld, Germany) : Chairside silica coating 재료인 CoJet sand를 시편으로부터 10mm 거리에서 3bar로 15초 간 처리한 후 30초 간 air spray로 세척, 건조하였다. 포셀린 프라이머로서 Rely XTM Ceramic Primer를 전용 붓을 이용해 처리하고 30초 간 건조시킨 후 레진과의 접착력 강화를 위해 AdperTM Single Bond II Adhesive를 바르고 air spray를 이용해 얇고 고르게 도포되도록 한 후 10초 간 광중합 하였다.

Group II(n=10) : Ceramic Repair System (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) : Total Etch^R (37% phosphoric acid)로 15초 간 처리한 후 물로 세척하고 건조한 다음 Monobond-S를 도포하고 60초 간 기다린 후 air로 건조시켰다. 레진과의 접착력 강화를 위해 Heliobond를 얇게 도포한 후 20초 간 광중합 하였다.

Group III(n=10) : Porcelain Repair Kit (Ultradent, South Jordan, USA): Porcelain Etch (9% Hydrofluoric acid)로 90초 간 처리한 후 물로 세척하고 건조하였다. 불산에 의해 형성된 부산물을 제거하기 위해 Ultra-Etch[□] (35% phosphoric acid)를 5초 간 도포한 후 다시 씻고 건조하였다. 전용 브러쉬 팁을 이용해 Silane을 바르고 1분간 적용 시킨 후 air로 건조시켰다. 레진과의 접착력 강화를 위해 PQ1 bonding을 바르고 air를 불어 얇게 도포한 후 20초 간 광중합 하였다.

Group IV(n=10) : Signum Ceramic Bond(Heraeus Kulser, Milan, Italy): Ceramic Bond I 을 얇게 도포하고 10초 간 건조한 후 Ceramic Bond II를 얇게 바르고 20-30초 간 문지른다.

위와 같이 각 그룹의 모든 시편을 처리한 후 시편 중앙에 직경이 6mm인 plastic cylinder를 이용해 높이 4mm로 복합레진(Z350, 3M Co. St Paul, MN, USA)을 부착하였다. 레진은 1mm마다 적층충전을 시행하고 매회 40초씩 광중합을 시행하였으며 레진 부착 후 결합부위를 40초 더 광중합 함으로써 결합부위의 완전한 중합이 일어나도록 하였다. 레진이 부착된 각각의 완성된

시편은 전단결합강도 실험 전에 37° C 증류수에서 24시간동안 저장되었다. 시편의 준비를 위해 사용한 재료는 Table 1과 같다(Table 1).

Table 1. Materials used in this study

Material and Repair System	Components Used	Composition	Manufacturer
Porcelain	ICE Veneer porcelain	SiO ² , K ² O, Na ² O, Al ² O ³ , ect..	Zirkonzhan , Italy
CoJet™ System	CoJet Sand Rely X™ Single Bond 2	30um silica particles Prehydrolyzed silane-based primer Bis GMA, HEMA, dimethacrylates, ethanol, water, silica nanofiller	3M ESPE, Germany
Ceramic Repair System	Total Etch Monobond-S Heliobond	37% phosphoric acid 3-Methacryloxypropyl-trimethoxy silane, ethanol, water Bis-GMA, TEGDMA, catalysts, stabilizers	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
Porcelain Repair Kit	Porcelain Etch Ultra-Etch [□] Silane PQ1	9% Hydrofluoric acid 35% phosphoric acid Methacryloxy propyl trimethoxy silane ethyl alcohol, methacrylic acid, 2-hydroxyethyl methacrylate	Ultradent, USA
Signum Ceramic Bond	Ceramic bond I Ceramic bond II	Isopropanol, Acetone, Silane, Acids, Monomers, Initiators, Stabilizers Silane, Initiators, Stabilizers, Monomers, Silicic acid	Heraus Kulzer, Italy
Composite Resin	Z350 (A3, BODY)	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA, Bis-EMA	3M ESPE, USA

2. 실험 방법

1) 표면처리 후 표면의 분석

연마된 도재 표면과 다이아몬드 바로 처리된 표면, 그리고 각 그룹의 표면처리 과정 후 표면의 양상은 광학현미경과 FE-SEM(Hitachi 4800, Japan)을 이용해 관찰하였다. 표면의 불균질성은 Atomic forced Microscope(AFM)를 이용해 관찰하였다.

2) 표면 습윤성 측정

표면 습윤성이란 어떠한 표면에 다른 물질이 접촉하였을 때 서로 달라붙는 성질을 말하며 이는 물질의 표면장력에 의해 달라진다. 표면 거칠기는 이러한 표면장력에 영향을 줌으로써 접촉 강도를 다르게 한다. 따라서 표면 습윤성의 측정은 표면의 거칠기나 표면 결합강도의 지침으로서 사용될 수 있다. 본 연구에서는 각 시편의 표면처리 후 접촉각을 water contact angle goniometer (Kruss DAS100, Germany)를 이용해 측정하였다.

3) 전단결합강도 측정

전단결합강도는 Universal testing machine(DSC-500, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)에서 5mm/min crosshead speed로 측정하였다. shearing test jig로부터 가해지는 힘이 도재-레진 접합부위에 직각으로 가해지도록 시편을 위치시켰다(Fig. 2). 측정된 전단결합강도는 결합면적에 가해진 최대값으로 나누어 계산되었다. 각각의 시편에서 측정된 결합강도의 평균값과 표준편차를 측정하였다.

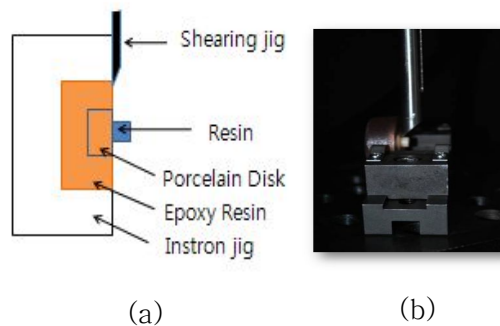


Fig 2. Schematic drawing of tested specimen in testing apparatus (a) and sample placed at the universal testing machine (b)

3. 통계분석

각 시편의 전단결합강도의 비교분석을 위해 SPSS Ver. 17.0(SPSS Inc., IL, USA) 프로그램을 이용해 실험결과를 통계 처리하였다. 모든 표면처리 그룹 간의 유의성을 비교하기 위하여 one way ANOVA를 시행하였고 사후 다중 비교를 위해 Tamhane post hoc test가 사용되었다.($P < .05$)

Ⅲ. 실험 결과

1. 표면처리 후 표면의 분석 결과

모든 시편의 광학 현미경 사진을 비교해 보면 연마한 도재 시편에 비해 모든 처리군에서 표면 불규칙성(irregularities)이 증가된 것이 관찰된다. 주사전자현미경을 이용한 표면 분석 결과, 도재 연마 후 표면은 glaze 처리를 하지 않았으므로 일반적으로 평활한 면과 함께 내부 기공들이 관찰된 반면, 시편을 다이아몬드 바로 처리한 후에는 바의 방향에 따라 삭제된 표면이 관찰되며 표면 불규칙성이 증가된 것이 관찰되었다. Group I의 CoJet sand의 사용 후에는 시편의 전체 표면에 작은 소 결절들이 형성됨으로써 미세 거칠기의 증가가 현저히 나타나는 것이 관찰되었다. 따라서 AFM으로 3D 입체 표면 형상 관찰 시, 다이아몬드 바로 처리한 표면은 삭제된 부분과 삭제되지 않은 부분 간의 차이로 인해 더 큰 표면 불규칙성을 보이는 반면, CoJet sand의 사용 후에는 표면의 미세 거칠기 증가로 인하여 오히려 표면 불규칙성은 더 줄어드는 것이 관찰되었다. Group II의 37% 인산으로 처리한 후에는 다이아몬드 바로 인한 거칠기에 더하여 표면에 작은 기공들이 관찰되었으며 Group III의 9% 불산(HF)으로 처리한 후의 표면은 인산 처리 후의 둥근 기공과 달리 긴 형태의 기공들의 형성이 관찰되었다. 인산과 불산처리 후의 3D 입체 표면 형상을 비교해 보면, 불산처리 후가 더 길고 깊은 기공의 형성으로 인하여 표면 불규칙성이 더 증가된 것이 관찰되었다. Group IV의 Signum Ceramic Bond 적용 후 표면양상은 다이아몬드 바로 처리한 후의 시편과 주사전자 현미경 사진에서 큰 차이를 보이지는 않았으며 AFM에서는 표면 불규칙성이 약간 감소한 것이 관찰되었는데 이는 Ceramic Bond가 산이나 기계적 결합을 유도하는 시스템이 아니므로 바(bur)로 처리한 표면과 큰 차이를 보이지는 않으나 실란에 의한 코팅의 효과로 약간의 표면 불규칙성이 감소된 것으로 판단된다(Fig. 3).

2. 표면의 습윤성 측정 결과

Group I의 CoJet sand 처리 후, Group II의 37% 인산처리 후, Group III의 9% 불산 처리 후, Group IV의 Ceramic Bond 처리 후 시편의 접촉각을 도재 연마 후와 다이아몬드 바로 처리한 후의 접촉각과 비교하여 표면의 습윤성을 측정하였다. 접촉각은 Group IV의 Ceramic Bond 처리 후 (34.35°) > Group II의 37% 인산처리 후 (16.60°) > Group III의 9.5% 불산 처리 후 (13.67°) > Group I의 CoJet sand 처리 후 (9.70°)의 순서로 나타났다. 각각의 그룹에서 표면처리 후 접촉각은 도재면 연마 후(52.66°)나 다이아몬드 바로만 처리한 경우(42.29°)에 비해 감소되었으며 모두 우수한 표면 친수성을 보였으며 특히 Group I의 CoJet sand를 처리하여 실리카 코팅 한 후의 접촉각은 다른 군에 비해 현저히 낮게 측정됨으로써 가장 우수한 표면 습윤성을 보였다(Fig. 4., Table 2).

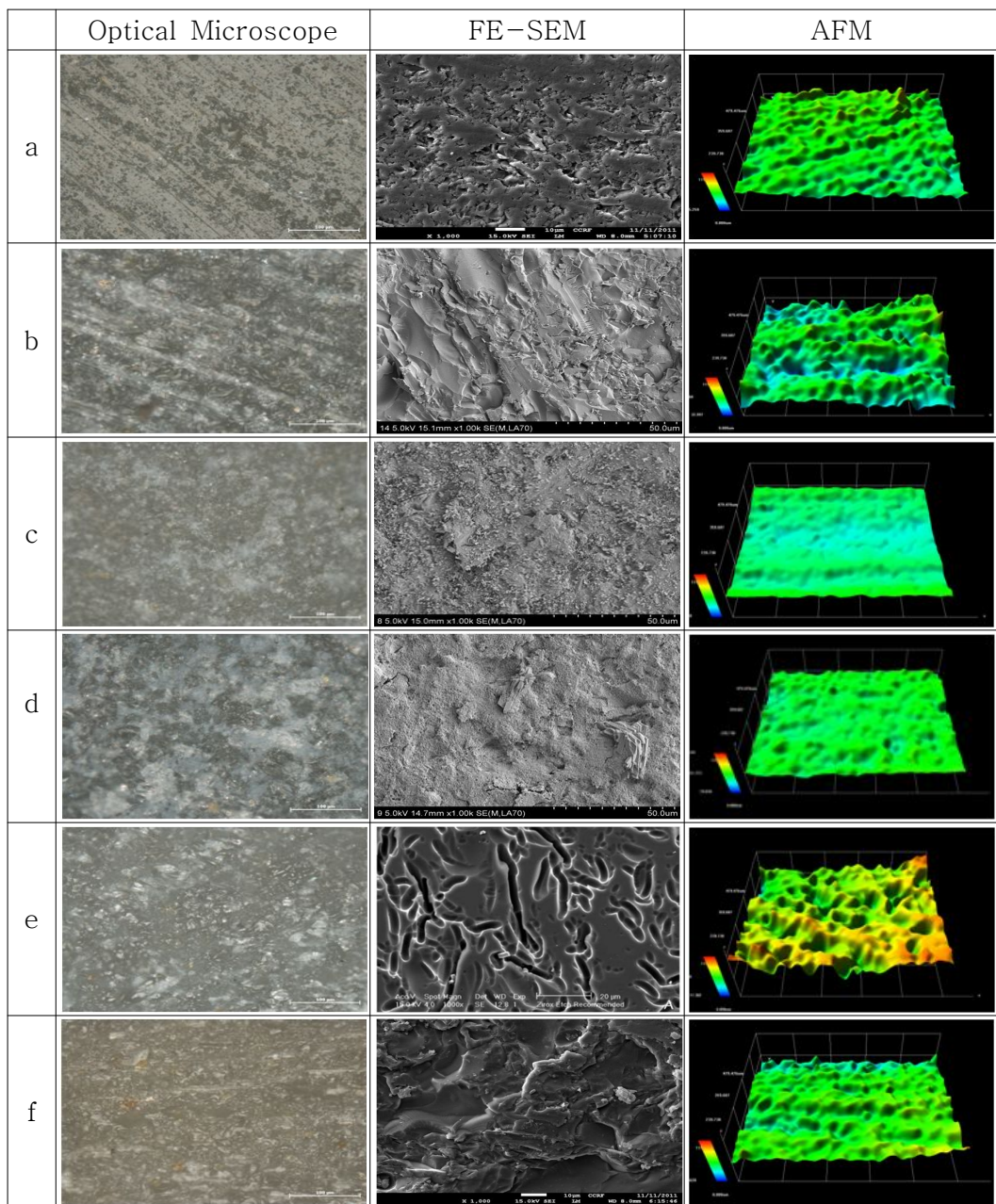


Fig. 3. Optical Microscope($\times 200$) and FE-SEM($\times 1000$) images of the zirconia surface after different surface treatments. (a) Polished surface, (b) Diamond bur treated, (c) Group I, Silica coating with CoJet sand, (d) Group II, 37% Phosphoric acid, (e) Group III, 9% HF, (f) Group IV, Ceramic Bond

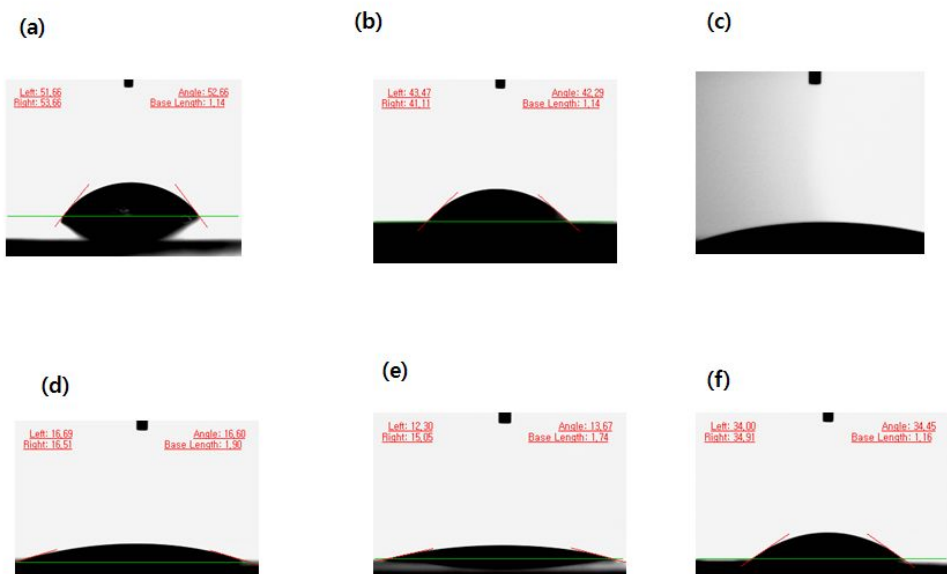


Fig. 4. Wettability test after different surface treatments.

(a) Polished surface, (b) Diamond bur treated, (c) Group I, Silica coating with CoJet sand, (d) Group II, 37% Phosphoric acid, (e) Group III, 9% HF, (f) Group IV, Ceramic Bond

Table 2. Mean contact angle value after different surface treatments

Group	Contact Angle Value(°)
Polished	52.66
Diamond bur	42.29
I	9.70
II	16.60
III	13.67
IV	34.45

3. 전단결합강도 결과

각 그룹 시편의 평균 전단결합강도는 Group I의 CoJet™ 시스템 사용군은 8.81 ± 2.06 MPa, Group II의 Ceramic Repair 시스템 사용군은 8.80 ± 1.16 MPa, Group III의 Ultradent Porcelain Repair 시스템 사용군은 9.16 ± 1.32 MPa, Group IV Ceramic Bond 사용군은 9.12 ± 1.39 MPa를 보였다. 각 그룹의 시편 중 전단응력의 최대값은 Group I이 12.40 MPa를, Group IV는 11.79 MPa를 보임으로서 다른 군의 최대값(Group II : 10.40 MPa, Group III : 10.80 MPa)에 비해 높게 나타났다. 통계분석의 결과 모든 그룹 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

Table 3. Mean and standard deviation(SD) of shear bond strength(MPa) values

Group	Repair System	Shear Bond Strength(MPa)	
		Mean	SD
I	CoJet™ System	8.81*	2.04
II	Ceramic Repair System	8.80*	1.16
III	Porcelain Repair Kit	9.16*	1.32
IV	Ceramic Bond	9.12*	1.39

* indicate statistically non significant difference ($P>.05$)

IV. 고찰 및 토의

심미적 보철수복에 대한 관심이 점차 높아지면서 최근 다양한 완전도재 시스템들이 개발, 소개되고 있다. 완전도재 시스템에 사용되는 재료 중, 가장 최근에 개발된 지르코니아는 심미성과 함께 화학적으로 안정된 수복물을 제공하는 응축 소결 세라믹이다. 특히 치과에서 사용되는 지르코니아는 이트륨을 추가하여 부분적으로 안정화된 Y-TZP로서 다른 세라믹에 비해 높은 굽힘 강도 (900~1200MPa), 낮은 탄성계수, 그리고 높은 파절 저항성을 갖는 좋은 물리적 특성을 갖고 있다. 또한 지르코니아는 방사선 불투과성을 가짐으로써 보철물의 변연 적합도 및 이차 우식의 확인을 위해서도 유리하여 임상적 장점을 갖는다. 이러한 임상적 장점으로 인해 금속 코어나 다른 완전도재관보다 지르코니아 코어에 대한 사용이 증가되고 있다. 이러한 지르코니아의 장점에 반해, 완전 소결된 지르코니아는 너무 강한 강도로 인해 절삭이 어려워 제작에 많은 시간이 소요되고, 반소결된 지르코니아는 절삭은 비교적 용이하나 완전소결 후 수축이 일어나므로 정밀도가 떨어진다는 단점이 한계점으로 인식되었다. 이러한 문제점들이 최근 캐드캠 기술의 도입으로 해결되면서 더욱 정확하고 다양한 적용이 가능하게 되었다.^{1,8}

이와 같은 시스템의 발전과 더불어 다양한 강도와 색상을 갖는 지르코니아 블록이 제공되고 있지만 여전히 대합치의 마모를 고려하거나 전치부와 같은 심미적인 부위에서 보철물의 투명도나 치아색의 완벽한 재현을 위해서는 지르코니아 코아 위에 도재 축조가 필요하다.² 이와 같이 지르코니아 코아 상부에 도재를 축성하는 경우, 도재의 파절이 종종 발생된다. 이러한 도재의 파절은 35.1 ± 13.8 개월의 시간의 평균 기간 동안 15.2%의 실패율을 보임으로써 지르코니아 보철물 실패의 가장 흔한 원인으로 보고되고 있다.⁷ 또 다른 실패의 원인으로서는 지르코니아 코아와 도재간의 결합상실이다.¹⁰⁻¹² 이는 교합 시 조기 접촉으로 인한 과도한 하중이 가해지거나 또는 두 재료 간 열팽창 계수의 불일치로 인한 과도한 인장응력의 축적 때문이라 할 수 있다.¹³ 이러한 상부 도재 내의 인장응력은 도재소성 후 냉각과정에서 발생되는데, 두 재료 간의 열팽창 계수가 차이가 많이 날 때 생긴다. 이러한 이유로 발생하는 과도한 응력은 만

약 하부 재료가 귀금속일 경우 금속의 열에 의한 크립변형(thermal creep)에 의해 보상되기도 한다.^{14,15} 하지만 지르코니아 코아의 경우 매우 강하며 이러한 소성변형이 없으므로 상부 비니어링 도재 내에 파괴적인 응력이 발생할 위험이 더 높고 따라서 열팽창계수가 지르코니아와 유사하고 더 높은 기계적 강도가 요구되는 지르코니아 전용 도재의 개발이 요구되었다. 이트륨으로 부분 안정화된 지르코니아의 열팽창계수는 $9\sim 11\times 10^{-6}/K$ 로 보고된 반면, 일반 금속도재 보철물에 사용되는 장석계 도재의 열팽창계수는 제조회사 마다 약간씩 다르지만 대략 $12\sim 15\times 10^{-6}/K$ 로서 지르코니아와 많은 차이를 보인다. 따라서 지르코니아 코아 위에 일반 도재를 사용한 경우 파괴적인 응력이 도재 내부에 발생할 수 있다. 본 연구에 사용된 ICE veneering porcelain의 경우 열팽창계수가 $9.8\times 10^{-6}/K$ 로 지르코니아와의 열팽창계수 차이를 줄임으로써 지르코니아와의 접합을 증진시키는 전용도재로 사용되고 있다. 일반적으로 지르코니아 전용도재의 경우 낮은 열팽창계수를 유지하기 위해 일반 도재와 비교하여 물성이 낮은 저온용 glass ceramic으로 출시되었다. 이는 열팽창의 문제를 줄였지만 역시 일반 도재에 비해 파절 저항성이 낮은 것이 문제점으로 지적되었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 최근에는 지르코니아용 도재를 고온용으로 만들어 물성자체를 증가시키는 대신 liner를 이용하여 본딩력을 증가시키는 방법을 추천하기도 한다. 본 실험에 사용된 ICE veneering porcelain은 이태리 지르콘잔 회사에서 자사의 지르코니아 블록에 레이어링 하는 도재로 전용 개발되었으며 제조회사에 따르면 굴곡 강도가 79 MPa로써 일반 장석계 도재의 굴곡강도와 유사(62~90MPa)한 강도를 가지고 있다.

이와 같이 지르코니아 상부 도재의 파절을 막기 위한 물성 및 열팽창계수의 고려에도 불구하고 조기접촉이나 과도한 교합력, 외상 등에 의한 도재의 파절은 보철물의 흔한 실패 이유 중의 하나이다. 파절이 일어난 경우 환자의 여러 가지 사항을 고려하여 재제작 보다는 복합레진을 사용한 구강 내 직접 수복이 더 현실적인 경우들이 있다. 이러한 이유로 다양한 도재 수리시스템들이 소개되었으며 이는 도재와 복합 레진 사이의 결합력에 기반을 둔다. 도재와 복합 레진 사이의 결합력은 파절면에 거친 표면을 형성하여 표면적을 증가시켜 유지력을 높이는 기계적인 결합과 화학적인 처리로 유지력을 높이는 화학적 결합으로 나눌 수 있다. 기계적인 결합력을 증가시키는 방법으로 표면의 삭제나 회전 절삭 기구를 사용하여 표면을 거칠게 해서 표면적을 증가시키는 방법, 인산이

나 불산 또는 산성 불화인산을 이용한 부식 방법이 있고, 화학적인 결합력을 증가시키기 위한 방법으로는 커플링제(silane coating agent)나 본딩제를 이용한 방법들이 있다.³ 이러한 기계적, 화학적 결합에 대한 대부분의 연구들은 도재소부 전장관에서 일반 도재의 파절 시 표면처리에 따른 복합레진과의 결합력을 연구한 논문들이 대부분이다. 하지만 도재의 구성성분의 차이는 도재 수리시스템에 의한 표면처리 결과를 다르게 할 수 있으며 따라서 결합강도에도 영향을 줄 수 있다. 지르코니아 전용 도재에 대한 연구들 중 Yada등⁸은 지르코니아 전용도재와 일반도재간의 불산에 대한 효과와 굴곡강도를 비교한 바 있다. 불산에 대한 표면의 SEM 관찰에서 일반도재는 많은 미세 다공을 갖는 스폰지 같은 미세구조를 보인 반면, 지르코니아 전용도재는 더 크고 깊은 길쭉한 모양의 다공을 가짐으로써 다른 표면양상을 보였다. 본 연구에서도 불산 처리 시 깊고 긴 구(groove) 형태의 기공들이 보임으로써 다른 연구에서 일반 도재 표면의 불산 처리 결과와 다른 표면양상을 보여주었다. Kim 등⁴은 다양한 도재 수리시스템에 따른 도재와 복합레진의 결합강도 실험에서 금속도재 수복물에 사용되는 장식계 도재와 완전도재판에 사용되는 가압형 도재를 사용하여 결합강도를 측정하였는데 인산 처리의 경우는 두 도재 간에 차이가 없었으나 불산 처리한 경우는 가압형 도재에서 더 높은 전단결합강도가 나타남을 보고하면서 각각의 도재 특성에 따라 도재 수리시스템의 선택적 적용이 필요하다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 각 도재 수리시스템을 사용한 표면처리 후 지르코니아 전용도재와 레진과의 결합강도가 다른 연구들에서의 장식계 도재를 이용한 연구들과 비슷한 결합강도를 보여주었다.

일반도재에 대한 다양한 표면처리의 효과들은 많이 연구된바 있다. 불산으로 처리한 표면이 인산으로 처리한 표면보다는 거친 표면을 나타내지만 결합 강도에 있어서는 인산액 처리군이 더 높게 나타나거나 통계적으로 유의한 차이가 없다고 보고한 논문들이 있다.^{4,16} 이러한 논문들에서는 거친 표면이 반드시 더 높은 결합강도를 보이지는 않는다고 결론짓고 있다. 구강 내 실리카 코팅에 관한 논문으로 Debra¹⁷등은 실리카 코팅 분말을 이용한 구강 내 sandblast system인 CojetTM 시스템과 Ceramic Repair System을 비교했을 때 전단결합강도에 유의할 만한 차이는 없다고 하였다. 이와 같은 산이나 분말을 이용한 미세거칠기를 증가시키는 기계적 방법보다는 실란의 중요성을 강조하는 논문들도 있다. Masahiro등¹⁸은 HF가 포셀린 표면에 가장 큰 표면 거칠기를 제공하

지만 silane의 효과로 볼 때 포셀린의 표면 상태는 결합강도에 별다른 영향이 없다고 하였다. Tolga등¹⁹은 sandblast, 37% phosphoric acid, HF를 단독으로 또는 silane 과 함께 사용한 비교실험을 통해 단독 사용보다는 silane을 함께 사용함으로써 결합강도가 증가됨을 보고한 바 있다. 본 연구에서도 모든 그룹의 도재 수리시스템에서 표면처리 후 silane이 추가적으로 사용됨으로써 표면 거칠기가 거칠고 접촉각이 작은 경우 반드시 더 높은 결합강도를 보이지는 않았으며 전단결합강도는 4개 군에서 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 특히, Group IV의 Ceramic Bond의 경우, 실리카 코팅이나 산 처리에 비해 표면 불규칙성이 덜하고 접촉각도 컸지만 전단결합강도에서는 다른 그룹과 유의적인 차이를 보이지 않음으로써 콤포짓트 레진-도재 결합에 있어 기계적인 거칠기 보다는 실란의 처리가 매우 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 임상적으로 중요한 의미를 준다. 도재의 표면처리를 위해 강한 불산을 사용할 때 종종 잇몸에 자극을 야기하는 경우나, CoJetTM시스템과 같은 구강 내 샌드블라스팅을 사용하기 위해 부가적인 장비나 이로 인한 추가적인 비용이 부가된다는 점을 고려하면 파절된 도재면을 다이아몬드 바로 다듬고 전용 실란인 Ceramic Bond를 사용함으로써 산이나 샌드블라스팅을 처리한 후와 유사한 결합강도를 얻을 수 있기 때문이다.

도재와 레진 간의 결합강도를 평가하기 위해서는 주로 전단시험이나 인장시험, 미세인장시험 등의 다양한 방법들이 사용될 수 있다. 이 중 전단결합강도 실험은 시편의 제작이 쉽고 실험의 프로토콜이 명확한 장점이 있다. 또한 전치부 보철물의 경우 주로 전단응력을 많이 받으므로 도재와 레진과의 결합력 실험에 있어 가장 많이 사용한다. 하지만 전단응력의 단점으로는 제작된 시편의 질에 영향을 많이 받는다는 것이다. 즉 도재-레진간의 결합시험의 경우 레진과의 결합부위보다는 도재 내부에서의 cohesive fracture가 발생된다는 것이다. 이는 표면 처리에 의해 약해진 도재에서 파절이 먼저 일어남으로써 더 거친 표면을 보여도 더 낮은 전단 결합 강도를 보일 수 있다.²⁰ 본 실험에서도 레진과의 결합부위와 도재 부위의 혼합파절이 관찰되는 시편도 있었지만 주로 접합면의 파절 전에 도재 내부 파절이 관찰되었다. 따라서 측정된 결합강도보다 오히려 레진의 결합강도는 조금 더 클 것으로 예측된다. 이와 같이 전단결합강도의 경우 정확한 결합강도의 측정이 용이하지 않은 반면, 인장결합강도 측정은 외력이 작용하는 동안 결합계면에서 응력집중에 의한 파절이 일어나지 않으므로

비교적 정확하게 결합력을 측정할 수 있는 장점이 있으나 시편의 제작과 고정
이 어려운 단점이 있으며 이로 인한 오차가 발생하는 단점이 있다.^{2,5} 따라서 본
실험에서는 결합력의 절대 값보다는 전단응력이 가해진 상황에서 다양한 표면
처리를 갖는 4종의 도재 수리시스템을 사용한 경우 복합레진과 도재와의 결합
력의 상대적인 비교를 위하여 전단결합강도 시험을 사용지만 각각의 절대적인
결합강도를 얻기 위해서는 부가적으로 인장결합강도 실험이 필요하리라 생각된
다. 또한 본 실험에서는 시편의 제작 후 전단결합강도 실험 전에 37° C 증류수
에 24시간 보관하여 매우 짧은 저장시간만을 부여한 반면, 구강환경은 100%
의 상대습도를 유지하고 저작과정에서 온도 변화와 반복응력이 지속적으로 작
용하게 된다.¹³ 따라서 장기간의 저장시간이나 열 순환 처리, 저작과정을 모방
한 다양한 조건에서의 피로강도를 측정하는 실험 및 연구가 필요할 것으로 사
료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 지르코니아 상부 도재의 파절 시 다양한 도재 수리시스템을 이용한 표면양상과 복합레진과의 전단결합강도를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면처리 결과 각 시편은 연마된 표면에 비해 모두 미세 유지와 관련된 표면의 불규칙성이 증가하는 것이 관찰되었다.
2. 표면 접촉각 측정 결과, 4개 군 모두에서 다이아몬드 바로 처리한 군에 비해 표면 접촉각이 현저히 낮아짐으로서 표면 습윤도가 증가됨이 관찰되었다.
3. 전단결합강도 측정 결과, 4개 군에서 유의성 있는 차이를 보이지 않았으며 파절양상이 도재 내부에서 일어나는 cohesive failure pattern을 보였다.

이상의 연구를 통해 기계적 거칠기의 증가가 꼭 결합력에 영향을 주는 것은 아니며 도재 전용 실란의 사용이 이러한 거칠기보다 결합력에 더 크게 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 현재 일반 금속도재관의 도재파절 시 사용되는 다양한 도재 수리시스템이 지르코니아 전용 도재에서도 유용하게 사용될 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Casucci A, Mazzitelli C, Monticelli F, Toledano M, Osorio R, Osorio E, Papacchini F, Ferrari M. Morphological analysis of three zirconium oxide ceramics: Effect of surface treatments. Dent Mater 2010;26:751-760
2. Choi MS, Kim YS, Suh KW, Ryu JJ. Effect of surface treatment on the shear bond strength of a zirconia core to veneering ceramic J Korean Acad Prosthodont 2009;47:199-205
3. Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. J Prosthet Dent 1996;76:119-124
4. Kim KK, Shin SW, Lee JY, Kim YS. Shear bond strengths of composite resin to porcelains among porcelain repair systems. J Korean Acad Prosthodont 2007;45:419-430
5. Jeon YA, Yang BD, Lee HJ, Park JM, Song KY. Tensile Bond Strength of Four Porcelain Repair Systems. J Korean Acad Prosthodont 2005;2:149-157
6. Chung KH, Hwang YC. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. J Prosthet Dent 1997;78:267-274

7. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. J Dent 1998;26:53-58.
8. Chaiyabutr Y, McGowan S, Phillips KM, Kois JC, Giordano RA. The effect of hydrofluoric acid surface treatment and bond strength of a zirconia veneering ceramic. J Prosthet Dent 2008;100:194-202.
9. Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CH. Five-year clinical result of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. Int J Prosthodont 2007;20:382-388.
10. al-Shehri SA, Mohammed H, Wilson CA. Influence of lamination on the flexure strength of dental castable ceramic. J Prosthet Dent 1996;76:23-28.
11. Isgrò G, Pallav P, van der Zel JM, Feilzer AJ. porcelain and different surface treatments on the biaxial flexure strength of a heat-pressed ceramic. J Prosthet Dent 2003;90:465-473.
12. De Jager N, Pallav P, Feilzer AJ. The influence of design parameters on the FEA-determined stress distribution in CAD-CAM produced all-ceramic crowns. Dent Mater 2005;21:242-251.
13. Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Dent Mater 2005;21:984-991.
14. Anusavice KJ, Carroll JE. Effect of incompatibility stress on the fit of metal-ceramic crowns. J Dent Res 1987;66:1341-1345.

15. Fischer J, Baltzer N, Fleetwood PW. Thermal creep analysis of precious metal alloys for the ceramic-fused-to-metal technique. J Biomed Mater Res 1999;48:258-264.
16. Leibrock A, Degenhart M, Behr M, Rosentritt M, Handel G. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. J Oral Rehabil 1999;26:130-137.
17. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. J Prosthet Dent 2001 86:526-531.
18. Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. J Prosthet Dent 1995;73:464-470.
19. Akova T, Yoldas O, Toroglu MS, Uysal H. Porcelain surface treatment by laser for bracket-porcelain bonding. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128:630-637.
20. Chadwick RG, Mason AG, Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems-what are we really testing? J Oral Rehabil 1998;25:610-615.