

파절된 도재면에 대한 수종의 도재 수리 시스템의 인장결합강도

전북대학교 치과대학 치과보철학교실

전영아 · 양병덕 · 이호진 · 박주미 · 송광엽

I. 서 론

1950년대 중반 이후로 심미성이 요구되는 보철 수복시 도재 전장관이 고려되었으나 도재의 큰 취성에서 기인한 낮은 인장강도와 충격강도로 인해 가공치에 의한 연결이나 높은 저작압이 작용하는 부위에서의 사용이 어려워 하부에 고인성의 주조금관을 강화한 도재 전장 구조관이 널리 사용되고 있다. 그렇지만 여전히 높은 인장응력이 집중하는 부위에서 도재의 파절이 빈번하게 발생할 뿐만 아니라 파절시 수리가 어려운 등의 단점이 문제점으로 지적되고 있다.

도재 전장 구조관에서 발생하는 도재의 파절은 대략 2.3~8% 정도로 보고되고 있는데^{1,2)}, 그 원인은 잘못된 설계, 기공상의 문제 및 부적절한 교합력의 집중에 의한 결과로 알려져 있다.³⁾ 도재에서 파절이 일어난 경우 새로운 보철물을 제작하는 방법 외에, 그 동안 금속 구조물 위에 도재 전장 구조관을 새로 제작하는 방법(overcasting)^{4,5)}과 핀을 이용하여 도재 전장 구조관을 접착하는 방법(pin-retained casting)⁴⁾ 등이 적용되어 왔지만, 최근 도재와 콤포짓트 레진 사이의 결합력이 개선되면서 콤포짓트 레진을 사용하여 구강내에서 직접 수리하는 방법도 이용되고 있다. 비록 파절된 도재의 수리가 영구적 치료방법으로 간주되지는 않지만, 단위수가 큰 계속가공의 치인 경우나 중요한 지대치인 경우에는 비용이나 시간적인 제약이 따르기 때문에 보철물의 제거보다는 콤포짓트 레진을 이용한 수리가 검토되고 있다.

도재 수리 시스템의 많은 발전이 이루어져 왔으나

구강 내의 열악한 환경조건으로 인해 만족스러운 결과를 얻지 못하고 있는 것이 현실이다. Pamerjer 등⁶⁾은 도재 수리 시스템들의 결합력 차이는 열순환(thermocycling) 처리에 크게 영향을 받으며, 이는 도재와 레진 사이의 열팽창 계수 차이에 기인한다고 보고하였는데^{3,7,8)}, 열순환 처리의 조건이 연구마다 다양하여 비교 평가가 용이하지 않다. Haselton 등²⁾은 고분자에 의한 대부분의 수분 흡수는 처음 24시간 내에 일어나며 이후 열순환처리로 인한 결합력 사이에 유의한 차는 없었다고 보고하였고, Bailey⁹⁾는 수중 침적한 군과 대기 중에 보관한 군 사이에서 결합력의 차이를 보였다고 보고하였다.

결합계면에서의 강도 측정법으로는 비틀림(torsion)¹⁰⁾, 인장(tensile)¹¹⁾, 전단(shear)³⁾, 굽힘(3-point loading; flexural)^{8,9)} 시험법 등이 있다. 전단결합강도 측정은 도재에 레진을 접착한 다음 비교적 용이하게 결합력을 측정할 수 있으므로 빈번하게 적용되어 왔지만, 시험과정에서 도재 자체의 응력집중에 의한 파절이 자주 발생하여 정확한 결합강도의 측정이 용이하지 않다. 인장결합강도 측정법은 시편의 제작과 고정이가 어려운 단점은 있지만, 외력이 작용하는 동안에 결합계면에서 응력집중에 의한 파절이 일어나지 않으므로 비교적 정확하게 결합력을 측정할 수 있는 방법이다.^{11,12)}

도재 전장 구조관에서 금속이 노출되지 않고 도재만이 파절된 경우 구강 내에서 직접 수리가 가능한 콤포짓트 레진을 이용한 수리가 검토되어 왔으며, 이에 본 연구에서는 4종의 도재 수리 시스템과 도재

사이의 인장결합강도를 측정 비교 평가함으로써 도재 수리 시스템의 유용성을 조사하고자 한다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

도재는 도재 전장 구조관용 도재인 Vintage halo body porcelain(Shofu, Inc. Japan)을 사용하였고, 인장결합강도 실험을 위해 최근 치과 임상에서 널리 쓰이는 4종의 도재 수리 시스템을 사용하였다(Table I).

2. 연구방법

도재 분말을 증류수로 혼합한 다음 스테인레스 강체의 주형(Fig. 1)을 이용하여 축성하고 도재 소성로(Austronat 3001, Dekema USA, Inc.)에서 각각의 제조회사의 지시에 따라 예열 5~7분, 소결 온도 680℃~930℃의 조건에서 소성하였으며, 동일한 소성 주기로 2회의 반복소성을 행하였다. 시편은 소결 후 인장강도 측정용의 대조군 10개와 4종류의 수리용 레진 각각의 인장결합강도 측정용 10개씩을 합하여 전체 50개를 제작하였다.

시편의 제작 후 결합강도 측정용 시편을 4개의 군으로 분류하고 중앙부에서 시편의 장축과 직각을 이

루도록 저속다이아몬드 절단기(Isomet[®], Buehler Ltd, USA)로 절단하였으며, 4 종류의 시편 각각에 도재 수리 시스템을 적용하고 제조회사의 지시에 따라 수리하였다. 시편의 접착이 완료된 후 모든 시편의 표면을 #240~1000의 SiC 연마지로 순차적으로 연마하였으며, 표면의 미세결함을 제거하기 위해 1 μm의 알루미나 페이스트로 마무리 연마하였다.

구강환경과 유사한 액상의 조건에서의 열순환이 인장결합강도에 미치는 영향을 조사하기 위해 준비한 시편을 37℃의 수중에 7일간 침적한 후 5℃에서 유지되는 냉동순환수조(Jeio Tech Co, Ltd, RCB-20)와 55℃에서 유지되는 외부순환수조(Jeio Tech Co, Ltd, WBC-3030)로 구성된 순환장치를 이용하여 수중침적시간 15초의 조건에서 1,000회의 열순환 처리를 실시하였다.

인장결합강도를 측정하기 위해 재료시험기(Model 4201, Instron Co, USA)에 용량 50kg의 인장용 load cell과 인장시험용의 시편고정장치를 고정된 다음 crosshead speed 1.0mm/min의 조건에서 파절하중을 측정하였다(Fig. 3). 또한 결합 계면에서의 파절양상을 조사하기 위해 파절면을 주사전자현미경(JSM-6400, Jeol, Japan)으로 관찰하였다.

측정된 결과는 분산분석에 의해 통계적 유의성을 검증한 다음, 각 군 사이의 차이를 Tukey 다중범위 검증법에 의해 비교하였다.

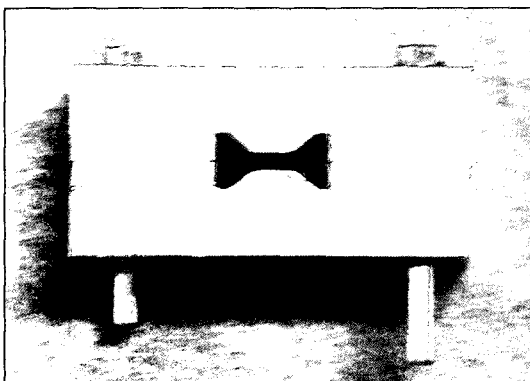


Fig. 1. Mold for fabrication of specimens.

Table I. Materials used in this study

Product	Manufacturer	Number of samples
Cimara [®]	Voco GmbH	10
Vivadent	Ivoclar Vivadent, Leichtenstein.	10
Bisco	Bisco, U.S.A	10
Ultradent	Ultradent Products, U.S.A	10

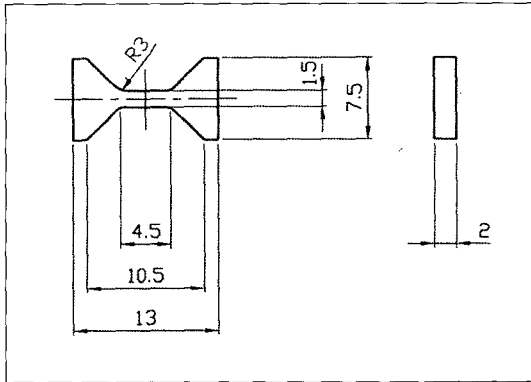


Fig. 2. Dimensions of specimen. (mm)

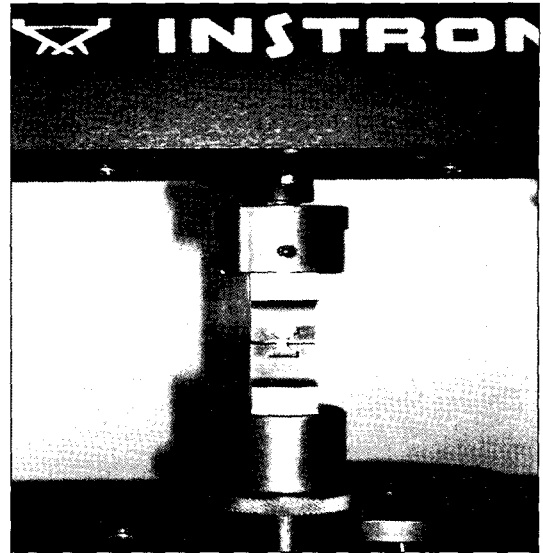


Fig. 3. Tensile bond test.

Table II. Composition of porcelain repair system

		Product name	Component
Vivadent	Etchant	Total Etch	37% phosphoric acid
	Bonding agent	Heliobond	Bis-GMA (60%, triethylene glycol dimethacrylate (40%, initiators & stabilizers ethanol 50-52%, water, 3-methacryloxy propyl trimethoxy silane 1%, acetic acid
	Primer	Monobond-S	
Bisco	Etchant	Porcelain Etchant	4% hydrofluoric acid
	Bonding agent	One-Step	biphenyl dimethacrylate(BPDM) 15-40%, hydroxyethyl methacrylate(HEMA) 15-40%, acetone 40-70%
	Primer	Porcelain Primer	ethanol 30-70%, acetone 30-70%, silane 1-10%
Ultradent	Etchant	Porcelain Etch	9.5% hydrofluoric acid
	Bonding agent	PQ1	2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)15%, comphor quinone >1%
	Primer	Silane	isopropanol 92%, methacryloxy propyl trimethoxy silane
Voco	Etchant		No etching system
	Bonding agent		No bonding system
	Primer		silane

III. 결 과

대조군인 도재 시편의 인장강도와 4개의 시험군 각각의 인장결합강도를 도시하고(Fig. 4) 그의 결과치를 Table III에 표시하였다. 대조군인 도재시편의 인장강도는 41.5MPa를 보였고, 시험군의 인장결합강도는 Voco가 19.8MPa로서 가장 높고 Vivadent가 7.4MPa로서 가장 낮은 값을 보였으며, Tukey 분석 결과 대조군과 시험군 전부 및 Voco군, Ultradent군과 Bisco군, Vivadent군 사이에서 통계학적으로 유의

한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

인장시험 후의 파면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 대조군의 파면에서는 전형적인 세라믹 재료의 취성 파괴 양상을 보였다. 시험군에서는 높은 결합강도를 보인 Voco군의 경우에는 파절면이 대체로 날카로운 형태인 취성파괴의 양상을 보인 반면, 낮은 인장결합강도를 보인 Vivadent군에서는 둥근 형태의 함몰부를 보였지만, 어느 경우에도 절단면이 깨끗하지 않고 도재 표면에 레진이 부분적으로 부착된 상태로 남아있는 양상을 보였다(Fig. 5~9).

Table III. Mean tensile bond strength (MPa)

Group	Tensile bond strength (MPa)	Grouping
	Mean \pm SD	
Vivadent	7.4 \pm 3.4	A
Bisco	9.2 \pm 2.3	A
Ultradent	14.2 \pm 3.2	B
Voco	19.8 \pm 6.5	B
Control	41.5 \pm 10.4	C

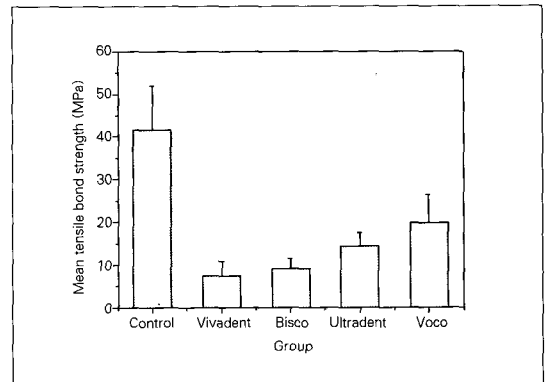


Fig. 4. Mean tensile bond strength (MPa)

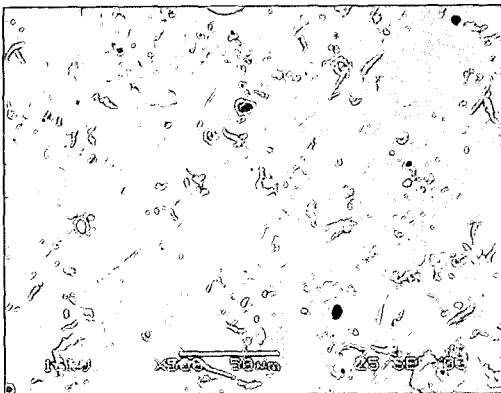


Fig. 5. SEM photographs showing fracture surface of control group ($\times 500$).

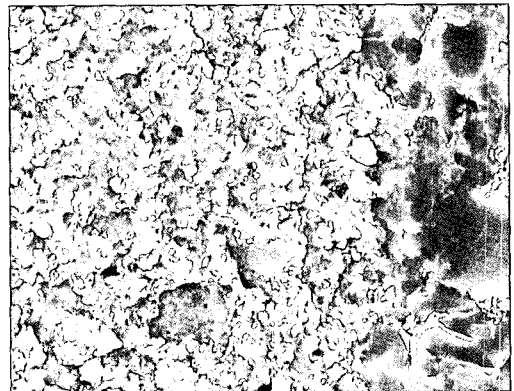


Fig. 6. SEM photographs showing fracture surface of Vivadent group ($\times 2,000$).

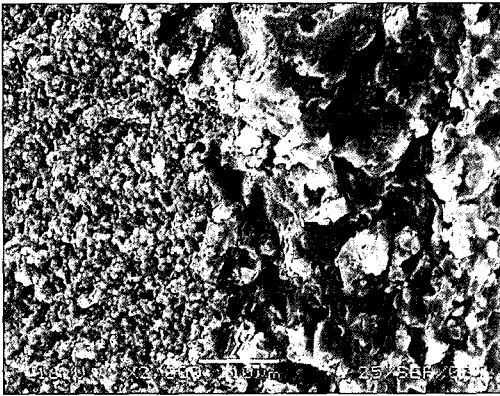


Fig. 7. SEM photographs showing fracture surface of Bischo group(×2,000).

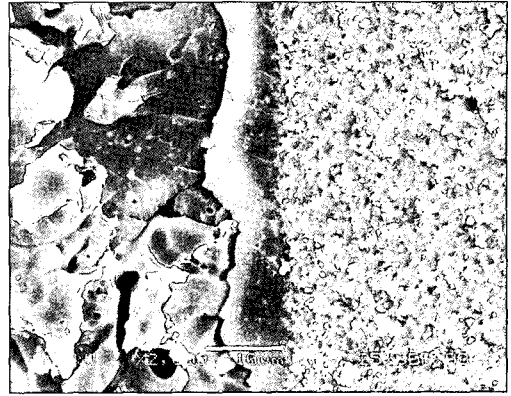


Fig. 8. SEM photographs showing fracture surface of Ultradent group(×2,000).

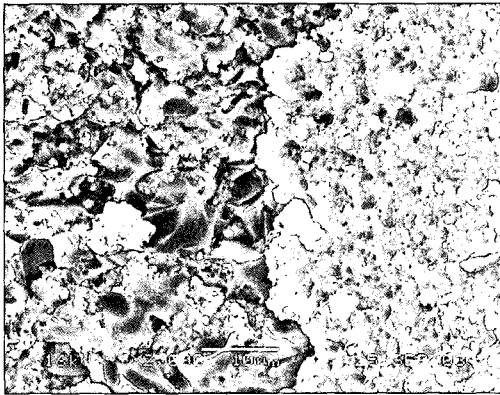


Fig. 9. SEM photographs showing fracture surface of Voco group(×2,000).

Ⅳ. 고 찰

심미적 수복에 대한 요구가 증가하면서 높은 심미성과 구강 연조직에 대한 친화성을 갖는 도재의 사용이 크게 증가하고 있으나, 취성이 있어서 인장과 충격에 약할 뿐만 아니라 구강 내에서는 응력부식으로 인한 정적 피로를 수반하므로 도재 전장 구조관에서 종종 도재의 파절이 발생하여 임상적으로 문제가 되고 있다. 도재 전장 구조관에서 도재의 파절이 일어난 경우에 재 제작이 가장 이상적이지만, 금속의 노출 없이 도재 자체만 파절된 경우나 금속의 노출 범위가 작은 경우에는 구강 내에서 직접 시행할 수 있는 수복 방법으로서 콤포지트 레진을 이용한

수리가 널리 적용되고 있다.

도재의 수리는 도재와 콤포지트 레진 사이의 결합력에 기반을 두고 있다. 도재와 콤포지트 레진 사이의 결합력은 파절면에 거친 표면을 형성하여 피착면적을 증가시켜 유지력을 얻는 기계적인 결합과 결합제나 화학적인 처리에 의해 유지력을 얻는 화학적 결합으로 대별할 수 있다. 기계적인 결합력을 증진시키기 위해 표면의 삭제나¹³⁾, 회전 절삭 기구를 사용하여 표면의 거칠기를 증가시키는 방법(abrasion with coarse diamond rotary instruments)¹⁴⁾, 알루미나 분사법(sandblasting; air abrasion with alumina)¹⁵⁾, 산성불화인산 또는 불화수소산 및 인산에 의한 부식(etching with acidulated phosphate fluoride¹⁶⁾, hydrofluoric acid¹⁷⁾ or phosphoric acid³⁾) 등에 의해 표면의 불규칙성을 증가시키고, 결합강도를 높이기 위한 화학적인 방법으로 실란 커플링제(x-(CH₂)₃Si-(OR)₃) 처리가 이용되고 있다. 최상의 결합력을 얻기 위해서는 수리 시에 이들 두 가지 방법을 병용하는 것으로 알려져 있다.^{18,19)} 초기에는 시안화 아크릴레이트(cyanoacrylates), 아크릴 레진(acrylic resins) 또는 콤포지트 레진으로 수리하여 주로 기계적인 결합에 의한 유지를 피하였으나 수복재료 자체의 취약한 물리적인 특성으로 인해 임상적 성공이 극히 제한적이었다.²⁰⁾ 이후 Bowen²¹⁾에 의해 실란이 도입되면서 도재 수리 방법의 많은 발전이 있었다. 실란 커플링제는 무기질인 도재와 유기질인 콤포지트 레진 사이의 화학적 결합을 도모하고 있으

며²⁰⁾, 이는 대부분 도재 수리 시스템의 공통된 주성분 중의 하나이다. Culler 등²³⁾은 실란 커플링제의 가수분해(hydrolysis)와 중합의 적절한 조절로, 즉 활성화 정도와 안정성 상태에 따라 활성화 상태가 증가할 때 더욱 강하고 일정한 결합을 이룰 수 있다고 하였다. 그러나 장기간의 성패율이란 관점에서 볼 때 실란 용액은 시간에 따라 점차 응축, 고분자량의 올리고머(oligomer)가 되어 더 이상 커플링제로서 기능을 하지 못하게 되기 때문에³⁾ 실란의 구강 내 조건에서의 안정성을 고려할 필요가 있다. Kato²⁴⁾는 오랜 기간 유지력을 보이는 도재 표면 처리제(porcelain primer)는 실란이 이미 용매 속에 가수분해된 유형이 아니라 2가지 혹은 3가지 성분(실란 + 산성 활성화제(4-META))으로 이루어진 유형이며 이 유형은 수용성 용매를 사용하지 않아 반감기가 길다고 하였다.

일부에서는 콤포지트 레진과 도재와의 결합이 결합제와 콤포지트 레진의 유형에 따라서도 영향을 받는다고 하였다.²⁵⁾ 예를 들어, macrofill 또는 hybrid 형 콤포지트 레진을 사용하였을 때, microfill 형 콤포지트 레진보다 hybrid 형 콤포지트 레진에서 더 높은 강도를 보였으며²⁵⁾, Suliman¹⁸⁾은 결합제에 친수성의 레진 단량체가 한 가지 또는 그 이상 포함되어 있어서 결합력에 유의할 만한 결과를 보인다고 하였다. 또한 Lai 등²⁶⁾은 광중합 콤포지트 레진에서 2% 정도의 중합 수축을 보였는데 이때의 중합수축으로 인해 발생한 간극의 크기가 결합력에 영향을 미친다고 보고하였다.²⁷⁾

Nelson 등²⁸⁾은 도재 표면을 1.23%의 산성불화인산 수용액으로 10분간 처리한 경우는 10% 불화수소산으로 1분간 처리한 것과 유사한 결과를 얻었다고 하였고 Senda 등²⁹⁾은 여러 농도의 산성불화인산과 불화수소산 처리하고 주사전자현미경으로 관찰한 다음 산성불화인산은 표면처리에 적절하지 않을 수 있다고 보고하였다. Pratt³⁾는 불화수소산은 인산보다 효과적이지 않다고 하였으며, Diaz-Arnold³⁰⁾는 도재를 인산으로 처리하고 주사전자현미경으로 관찰한 다음 알루미늄나 분사 처리한 도재 표면과 거의 유사하다고 하였고, Suliman¹⁸⁾은 도재를 회전절삭기구 처리, 알루미늄나 분사, 불화수소산으로 처리한 군에서 유의할 만한 차이는 없었다고 보고하였다. 이들은 모두 도재 표면의 불규칙성으로 인한 미세한 기계적

유지력의 증가와 더 넓은 표면적이 결합에 중요한 인자로 작용한다고 하였다.

최근 세대의 도재 수리 시스템은 도재와 콤포지트 레진 사이의 결합력을 향상시키기 위해 다양한 표면 처리 방법이 적용되고 있다. 본 연구에서 최근 국내 치과임상에서 자주 쓰이고 있는 4가지 도재 수리 시스템을 이용하여 도재의 인장결합강도를 측정해 본 결과, Voco가 19.8 MPa로서 가장 높은 인장결합강도를 나타내었으며 다음으로는 Ultradent, Bisco, Vivadent 순을 보였으며, 대조군과 시험군 전부 및 Voco군, Ultradent군과 Bisco군, Vivadent군 사이에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.05$), 주사전자현미경 사진에서 알 수 있듯이 가장 높은 값을 보이는 Voco의 파절 양상은 도재의 파괴 양상인 취성파괴의 양상을 보였고, 가장 낮은 값을 보이는 Vivadent의 파절 양상은 절단면이 깨끗하지 못하며 둥근형태의 함몰부가 나타나는 연성파괴 양상을 보였다. Voco 시스템의 높은 인장결합강도는 실리콘 카바이드 연삭기를 이용한 연삭 잔재물, 극소균열과 패인 홈들로 과 패인 홈들로 이루어진 파손층의 제거에 기인한다. 파손된 층의 제거로써 연속된 층(silane-to-composite)이 방해받지 않고 구축될 수 있으며 매끈한 섬세 조직화된 표면이 적절한 마이크로 역학적 결합을 위해 생성되기 때문이라고 하였다.³¹⁾

Nowlin⁸⁾은 굽힘강도 측정 결과 수리시의 최대 강도는 원래 결합력의 18% 정도를 얻을 수 있으며, 이러한 수치들로부터 도재 수리용 시스템은 임시적인 사용시에만 적절하다고 하였다. 본 연구에서 Voco는 수리하지 않은 대조군 시편의 $47.8 \pm 15.6\%$ 의 인장결합강도를 보였으며, Ultradent는 $34.2 \pm 7.8\%$, Bisco는 $23.9 \pm 5.5\%$, Vivadent는 $17.9 \pm 8.1\%$ 이었다.

구강환경은 100%의 상대습도를 유지하고 음식물의 섭취과정에서 온도 변화와 반복응력이 작용하며³²⁾, 또한 저작과정에서 응력부식에 의한 균열진전이 일어나 수복물의 강도가 시간이 경과하면서 저하될 수 있다. 따라서 도재 수복물의 내구성을 평가하기 위해서는 시효나 열순환 처리 및 저작과정을 모방한 다양한 조건에서의 시험이 요구되므로 도재 수리 시스템의 내구성을 평가하기 위해서는 보다 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 도재 전장 구조관에서 도재의 파절 시에 이용되는 도재 수리 시스템의 유용성을 조사하기 위해 최근 치과임상에서 빈번하게 사용되고 있는 4종의 도재 수리 시스템을 사용하여 접착하고 5℃와 55℃의 온도에서 유지시간 15초로 1,000회의 열순환 처리를 시행한 다음 인장강도를 조사하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 4종류의 도재 수리 시스템의 인장결합강도 비교 시 Voco가 가장 높은 강도를, 다음으로 Ultradent, Bisco, Vivadent 순이었고, Voco, Ultradent와 Bisco, Vivadent 사이에는 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$).
2. Voco와 Ultradent, Bisco와 Vivadent 사이에는 인장결합강도 비교시 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).
3. 수리하지 않은 대조군과 비교시에 Voco는 대조군 시편의 $47.8 \pm 15.6\%$ 의 인장결합강도를 보였으며, Ultradent는 $34.2 \pm 7.8\%$, Bisco는 $23.9 \pm 5.5\%$, Vivadent는 $17.9 \pm 8.1\%$ 이었다.
4. 주사 전자 현미경 관찰 시 Voco는 취성 파괴 양상을, Ultradent, Vivadent, Bisco는 연성 파괴 양상을 보였다.

참고문헌

1. Libby G, Arcuri MR, LaVelle WE, Hebl L. Longevity of fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1997;78:127-131.
2. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent* 2001;86:526-531.
3. Pratt RC, Burgess JO, Schwartz RS, Smith JH. Evaluation of bond strength of six porcelain repair systems. *J Prosthet Dent* 1989;62:11-13.
4. Dent RJ. Repair of porcelain-fused-to-metal restorations. *J Prosthet Dent* 1979;41:661.
5. Cohen B, Weiner S. Restoration of fixed partial dentures with fractured porcelain veneers using an overcasting. *J Prosthet Dent* 1989;62:390-2.
6. Pameijer CH, Louw NP. Repairing fractured porcelain: how surface preparation affects shear force resistance. *JADA* 1996;127:203-209.
7. Newberg R, Pameijer CH. Composite resin bonded to porcelain with a silane solution. *J Am Dent Assoc* 1978;96:288-91.
8. Nowlin TP, Barghi N, Norling BK. Evaluation of the bonding of three porcelain repair systems. *J Prosthet Dent* 1981;46:516-518.
9. Bailey JH. Porcelain-to-composite bond strengths using four organosilane materials. *J Prosthet Dent* 1989;61:174-177.
10. Tylka DF, Stewart GP. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent* 1994;72:121.
11. Della Bona A, Van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res* 1995;74:1591-1596.
12. Chadwick RG, Mason AG, Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems- what are we really testing? *J Oral Rehabil* 1998;25:610-5.
13. Semmelman JO, Kulp PR. Silane bonding porcelain teeth to acrylic. *J Am Dent Assoc* 1968;76:69-73.
14. Jochen DG, Caputo AA. Composite resin repair of porcelain denture teeth. *J Prosthet Dent* 1977;38:673-9.
15. Bertolotti RL, Lacy AM, Watanabe LG. Adhesive monomers for porcelain repair. *Int J Prosthodont* 1989;2:483-9.
16. Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellenges

- M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 1988;60:288-291.
17. Calamia JR, Etched porcelain veneers. The current state of the art. *Quint Int*. 1985;16:5-12.
 18. Suliman AH, Swift EJ, Perdigao J. Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent* 1993;70:118-120.
 19. 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.
 20. Philips RW. *Science of dental materials*. 8th ed. Philadelphia:WB Saunders, 1982:244-245.
 21. Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc* 1963;66:57-64.
 22. Plueddeman EP. *Silane coupling agents*. New York: Plenum Press, 1982:17.
 23. Culler SR et al. Investigations of silane priming solutions to repair fractured porcelain crowns. *J Dent Res* 1986;65:191.
 24. Kato H, Matsumura H, Tanaka T, Atsuta M. Bond strength & durability of porcelain bonding system. *J Prosthet Dent* 1996;75:163-168.
 25. Gregory WA, Moss SM. Effects of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Oper Dent* 1990;15:18-22.
 26. Lai JH, Johnson AE. Measuring polymerization shrinkage of photo-activated restorative materials by a water-filled dilatometer. *Dent Mater* 1993;9:139-143.
 27. Stangel I, Nathanson D, Hsu CS. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J Dent Res* 1987;66:1460-1465.
 28. Nelson E, Barghi H. Effect of APF etching time on resin bonded porcelain. *J Dent Res* 1989;68:271.
 29. Senda A, Suzuki M, Jordan RE. The effect of fluorides and hydrofluoric acids on porcelain surfaces. *J Dent Res* 1989;68:236.
 30. Diaz-Arnold AM et al. Bond strengths of porcelain repair adhesive systems. *Am J Dent* 1993;6:291-294.
 31. Sindel J, Gehrlicher S, Petschelt A. Study of adhesion of composite to porcelain-fused-to-metal ceramics. *DZZ* 1996;11:51.
 32. Jones DW, Wilson HJ. Some properties of dental ceramics. *J Oral Rehabil* 2:379-96.

Reprint request to:

Kwang-Yeob Song, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonbuk National University
664-14 Dukjin-Dong, Dukjin-Gu, Jeonju, Jeonbuk, 561-756, Korea
skydent@moak.chonbuk.ac.kr

ABSTRACT

TENSILE BOND STRENGTH OF FOUR PORCELAIN REPAIR SYSTEMS

Young-A Jeon, D.D.S., Byung-Duk Yang, D.D.S., M.S.D.,
Ho-Jin Lee, D.D.S., M.S.D., Ju-Mi Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Kwang-Yeob Song, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonbuk National University

Statement of problem. Dental ceramics exhibit excellent esthetic property, compressive strength, chemical durability, biocompatibility and translucency. However, it suffers from inherent brittle fractures. Various techniques and materials for intraoral porcelain repair has been suggested.

Purpose. This study is to compare the tensile bond strength of four commonly used porcelain repair systems (Vivadent, Bisco, Ultradent, Voco) and to insure the best system for the clinical application to the fractured porcelain.

Materials and methods. A total of fifty specimens were fabricated. Specimens were stored in 37°C distilled water for 7 days and thermocycling was performed(1000 cycles), and subjected to a tensile force parallel to the repair resin and porcelain interface by use of an Universal Testing Machine.

Result.

1. Voco showed the highest tensile bond strength. In decreasing order, the tensile bond strength of the other materials was as follows : Ultradent, Bisco, Vivadent.
2. There was a statistically significant difference between the porcelain repair systems(Voco, Ultradent > Bisco, Vivadent) ($p < 0.05$).
3. SEM examination of prepared porcelain surfaces revealed that the surface treated with Voco showed brittle fracture. However, Ultradent, Bisco and Vivadent showed ductile fracture.
4. All specimens treated with four porcelain repair systems showed adhesive failure between porcelain and composite resin.

Key words : Tensile bond strength, Porcelain repair system, Fracture