Bilayered all Ceramics에서 Core와 Veneer 계면의 전단결합강도에 관한 연구

원광대학교 치과대학 보철학교실

정용수·이진한·이재인·동진근

본 연구의 목적은 전부 도재관 시스템에서 코어-비니어 결합계면에서의 결합 강도를 평가하는데 있다.

본 연구에서 사용되어진 전부 도재관 시스템은 IPS Empress2 with IPS Eris, IPS e.max Press with IPS e.max Ceram 과 IPS e.max ZirCAD with IPS e.max Ceram이다. 제조사의 지시에 따라 코어(N=36, N=12/system, 직경: 10mm, 두께: 3mm)를 제작하였고 초음파 세척을 시행하였다. 특별히 제작된 스테인리스 스틸 몰드를 이용하여 코어 상부에 비니어(직경: 3mm, 두께: 2mm)를 축성한 후 소성하였다. 소성 후, 초음파 세척을 시행하고 아크릴릭 레진에 매몰하였다. 제작된 시편은 37℃의 증류수에 1주일간 보관하였다. 만능시험기(Z020, Zwick, Germany)로 시편의 전단결합강도를 측정하였고, 하중이 코어-비니어 계면에 가능한 가깝게 가해지도록 시편을 위치시키고, 파절이 일어날 때까지 1.00mm/min의 crosshead speed로 하중을 가하였다. 측정된 각 군의 평균전단결합강도(MPa±SD)에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위해 일원 분산분석을 시행하였으며, 사후검정은 Tukey test를 이용하였다(p=0.05). 또한 파절된 시편을 주사전자현미경(JSM-6360,JEOL, Japan)으로 파절양상을 관찰하였다. 파절양상은 코어 내에서의 응집성 파절, 비니어 내에서의 응집성 파절, 혼합형 파절 혹은 접착성 파절로 분류하였다.

코어와 비니어 계면에서의 평균전단결합강도(MPa±SD)는 IPS-e.max Press가 32.85±6.75 MPa, IPS Empress 2가 29.30±6.51 MPa, IPS e.max ZirCAD가 28.10±4.28 MPa로 나타났다. 통계적 분석 결과 각 시스템 간에서 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 어떠한 시스템에서도 접착성 파절은 관찰되지 않았다. IPS Empress 2와 IPS e.max Press에서는 코어와 비니어 내에서의 응집성 파절이 관찰되었으며, IPS e.max ZirCAD에서는 혼합형 파절과 비니어 내에서의 응집성 파절이 관찰되었다.

주요단어: 이중구조 완전 도재관, 전단결합강도, 코어-비니어 계면

(대한치과턱관절기능교합학회지 2008:24(3):231-242)

서 론

전부 도재관은 우수한 심미성으로 인해 오랜 기간에 걸쳐 전치부 심미 수복 방법으로 선호되어 왔다.[1,2] 전부 도재관은 구조적으로 금속 하부 구조물을 사용하지 않음으로써 빛의 전도를 증가시켜 자연치와 유사한 색조 및 투명도를 보이기 때문이다.

교신저자: 동진근
570-749 전북 익산시 신용동 344-2 원광대학교 치과대학 치과보철학교실
Fax: +063-857-4824, e-mail: dong@wku.ac.kr
원고접수일: 2008년 7월 11일, 원고수정일: 2008년 9월 3일, 원고채택일: 2008년 9월 25일

전부 도재관은 1903년 Land[3]에 의해 최초로 개발되었으나 소성시의 수축으로 인하여 정확성이 부족하고 인장강도가 약하여 파절이 잘 일어나는 단점으로 인해 임상에 널리 사용되지 못하였다. 1965년 Mclean과 Hughes[4]에 의해 알루미나 코어를 적용하여 강도를 높인 도재관이 소개되어 전치부 심미 수복재료로써 많이 이용되었으나 제작 과정이 복잡하고 강도가 충분히 높지 않아 적용 범위가 제한적이었다. 1980년대에 들어서 주조성 도재인 Dicor[5]가 소개되면서, 강도가 개선되고 심미성도 우수한 치과 도재가 다수 소개되었다. Hi-ceram[6]과 Optec HSP[7]는 내화성 모형 상에서 도재를 축조, 소성하는 방법을 이용하였고 In-Ceram[8]은 slip-casting 방법을 이용하여 알루미나 코어를 제작하는 방법인데 강도가 탁월하여 도재만으로도 전치부 고정성 국소의치의 제작이 가능하게 되었다.

1990년 Ivoclar사에 의해 소개된 IPS Empress system은 백류석 강화형 도재의 한 종류로, 백류석 결정이 유리 기질을 강화시키고 미세균열이 전파되는 것을 막는 역할을 한다.[9,10] IPS Empress system은 결정화된 잉곳을 열가압하여 수복물을 제작하므로 제작이 용이하고 색조가 우수하며 안정된 파절강도를 보인다는 장점이 있지만, 굽힘강도가 120MPa 정도로 그 적응증이 인레이, 온레이, 비니어 및 단일관으로 제한되었다[11].

이러한 IPS Empress의 한정된 사용범위를 고정성 국소의치까지 확대할 목적으로 IPS Empress 2가 소개되었다. IPS Empress가 30 ~ 40%의 결정 용적비를 가진 leucite-reinforced ceramic인데 반해, IPS Empress 2는 lithium disilicate glass-ceramic으로 결정 용적비율이 60% 이상으로 강도와 파괴인성이 증가되고, 굽힘강도가 약 350MPa에 달한다[12,13]. 높은 결정 용적비율에도 불구하고, lithium disilicate 결정의 빛굴절률이 유리 기질과 유사하여 우수한 빛 투과성을 가져 매우 심미적이다. 또한 layering 재료가 비늘모양의 fluorapatite 결정을 포함하고 있으며, 이 결정의 모양과 조성이 자연치의 법랑질에서 나타나는 불화석 결정과 유사하여 물리적, 광학적 특성이 자연치와 유사하다 [14-16].

최근에 기존의 IPS Empress 2 system을 개선한 향상된 물성을 지닌 IPS e.max system이 새롭게 소개되었다. IPS e.max system은 Press technique과 CAD/CAM technique으로 구성되어 있으며, 모든 framework 위에 IPS e.max Ceram이라는 한가지의 layering porcelain을 사용하여 매우 심미적인 결과를 얻을 수 있도록 해준다. Press technique을 위해 사용되는 IPS e.max Press는 고강도의 silicate glass ceramic ingot으로 기존의 IPS Empress 2처럼 극도의 심미성이 필요한 경우에 사용된다. IPS e.max Press는 IPS Empress 2에 비해 잉곳의 강도가 증가하였으며(400MPa), High Opacity ingot이 개발되어 근관치료를 한 치아나 심하게 변색된 치아뿐만 아니라 부분적으로 금속 코어 처리된 부분의 적용이 가능해졌다. 이는 높은 불투명도로 인하여 안의 지대치 색상이 차단되어, 어두운 색상의 지대치에서도 어려움 없이 자연스러운 색상의 보철물을 제작할 수 있음을 의미한다. CAD/CAM technique을 위해 사용되는 IPS e.max ZirCAD는 pre-sintered yttrium stabilized zirconium oxide block으로 컴퓨터로 디자인하고 밀링한 후 최종적으로 소결하여 framework을 제작하게 된다. 최종적으로 소결된 IPS e.max ZirCAD는 뛰어난 강도(900MPa)로 인해 전치부는 물론 구치부에서도 고정성 국소의치 수복을 가능하게 한다. IPS e.max Ceram은 CAD/CAM technique과 press technique 모두에서 축성이 가능한 layering porcelain으로 low-fusing nano-fuorapatite로 구성되어 자연치와 유사한 결정 구조를 보여 반투명의 glass-ceramic framework과 투명성이 더 낮은 zirconium framework에 있어서 최적의 형태를 안정적으로 갖게 하는 심미적인 수복물의 제작이 가능하게 해준다.

현재 사용되고 있는 대부분의 전부 도재관은 강화된 하부 코어와 상대적으로 약한 장석계열의 비니어 도재로 구성되어 있다. Bilayered all

ceramics의 실패에 관해 조사한 연구에 따르면 가장 흔한 실패양상은 비니어의 탈락(chipping or delamination)이라 하였고[17,18], 이는 Bilayered all ceramics에서 취약한 부분인 코어-비니어 계면 혹은 비니어 자체에서 발생한다고 하였다[19]. 또한 Aboushelib 등[20]은 코어-비니어 계면의 결합강도가 낮은 경우 코어에 미세균열이 발생되거나 비니어의 탈락이 발생한다고 하였다.

금속 도재관에서 코어-비니어 계면의 결합에 관한 연구는 이전부터 많이 이루어져 왔다[21]. 하지만 전부 도재관에서 코어-비니어 계면의 결합에 관한 연구는 미비한 상태이다.

본 연구는 최근 심미보철 재료로 많이 사용되고 있는 IPS Empress 2 system, IPS e.max Press system와 IPS e.max ZirCAD system 등 세 종류의 bilayered all ceramics의 코어-비니어 계면의 전단결합강도와 파절 양상을 알아보고, 이를 비교, 분석하였다.

연구 재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 IPS Empress 2 system, IPS e.max Press system, 그리고 IPS e.max ZirCAD system 세 종류의 전부 도재관 시스템을 이용하여 코어-비니어 시편을 제작하였다(Table Ⅰ).

2. 연구 방법

1) 코어 시편의 제작

IPS Empress 2와 IPS e.max Press의 경우 왁스 패턴을 만든 후 제조사의 지시에 따라 매몰, 소환, 열가압하여 직경 10mm, 높이 3mm 크기의 코어 시편을 제작하였다(Table Ⅱ, Fig. 1). IPS e.max ZirCAD의 경우는 지르코니아 블록을 low speed diamond disc을 이용하여 절단한 후 소결하

Table Ⅰ. All-ceramic systems used in this study

Ceramic system		Composition	Manufacturer
IPS Empress 2	Core (IPS Empress 2)	Lithium disilicate	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
	Veneer (IPS Eris)	Fluorapatite	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
IPS e.max Press	Core (IPS e.max Press)	Lithium disilicate	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
	Veneer (IPS e.max Ceram)	Nano-fluorapatite	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
IPS e.max ZirCAD	Core (IPS e.max ZirCAD)	Yttrium stabilized zirconium oxide	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
	Veneer (IPS e.max Ceram)	Nano-fluorapatite	Ivoclar, Schaan, Liechtenstein

여 직경 10mm, 높이 3mm의 코어 시편을 제작하였다.

각 시스템 당 12개의 코어 시편을 제작하여, 총 36개의 코어 시편을 완성하였고, 모든 코어 시편을 15분간 초음파 세척하고 건조하였다.

2) 코어-비니어 시편의 제작

IPS Empress 2와 IPS e.max Press의 경우 비니어를 축성하기 전 코어 시편을 50㎛의 glass bead(Shofu Co, Japan)로 샌드블라스팅 한 후 세척하고 건조하였다. IPS e.max ZirCAD의 경우 코어에 IPS e.max ZirLiner를 균일하게 도포하여 소성하였고 그 후에 세척, 건조하였다.

Stainless steel mold에 미리 제작된 코어를 위치시킨 후 각 제조사에서 추천하는 비니어 도재를 brush on technique으로 코어 상부에 축성한 후 소성하여 직경 3mm, 높이 2mm의 코어-비니어 시편을 제작하였다(Fig. 2A, 2B, 2C). 세라믹의 수축으로 인한 비니어 직경의 부정확함을 최소화하기위해 2회에 걸쳐 각 시스템의 소성 스케쥴에 따라 비니어를 소성하였다(Table Ⅲ).

제작된 코어-비니어 시편을 아크릴릭 레진으로 매몰하였고(Fig. 2D), 매몰이 완료된 직후, 시편은 37℃ 항온수조에서 1주일간 보관하였다.

3) 전단결합강도 측정

코어-비니어간의 전단결합강도를 측정하기 위해 만능시험기(Z020, Zwick, Germany)를 사용하였다. 하중이 코어-비니어 계면에 최대한 가깝게, 그리고 계면과 동일한 방향으로 전달되도록 전단결합강도측정용 지그에 시편을 고정하고, 1mm/min의 crosshead speed로 전단력이 코어-비니어의 계면에 집중되도록 하여 비니어가 분리되는 시점에서의 최대 하중값을 측정한 후, 최대 하중값과 계면단면적을 이용하여 MPa로 환산된 전단결합강도를 구하였다(Fig. 3).

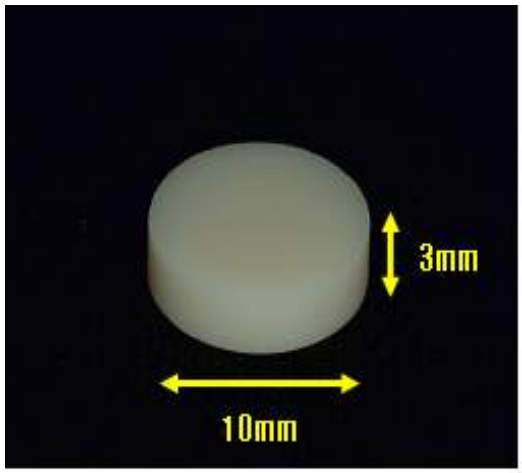

Fig. 1. Core specimen used in this study.

4) 파절면의 관찰

파절이 일어난 36개 시편의 파절 양상을 확대경(S300Ⅱ, Tokyo Kinzoku, Japan)하에서 구분하여 관찰하였다. 각 2개씩의 코어-비니어 시편을 선택하여, 건조기에서 완전히 건조시킨 후, 파절면을 gold coating하여 주사전자현미경(JSM-6360 JEOL, Japan)을 이용하여 파절면의 미세구조를 관찰하였다.

파절 양상은 다음과 같은 기준으로 분류하였다.

Table Ⅱ. Press schedule of core specimen

	B	t↗	T	H	V1	V2
IPS Empress 2	700℃	60℃	920℃	15'	500℃	920℃
IPS e.max Press	700℃	60℃	925℃	15'	500℃	925℃

* B: stand-by temperature, t↗: heating rate, T: firing temperature, H: holding time, V_1: vacuum 1, V_2: vacuum 2

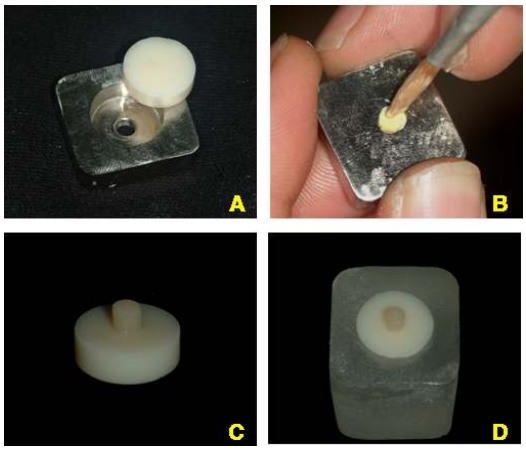

Fig. 2. Fabrication of core-veneer specimen. A. Stainless steel mold and core specimen, B. Veneer applied on core specimen using a stainless steel mold, C. Completed core-veneer specimen, D. Core-veneer specimen embedded in acrylic resin

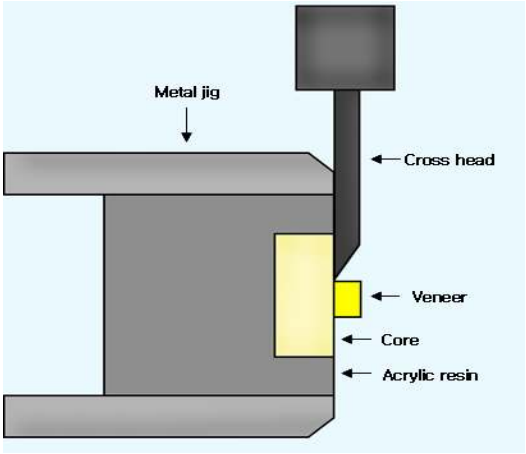

Fig. 3. Schematic design for shear bond strength test of core/veneer specimen with UTM.

① 접착성 파절(adhesive failure pattern) : 코어 표면에서 비니어의 탈락
② 응집성 파절(cohesive failure pattern)
: 코어 혹은 비니어 내에서 파절이 발생
③ 혼합형 파절(mixed failure pattern)
: 코어 표면에서 접착성 파절과 응집성 파절이 혼합되어 발생

5) 통계분석

측정된 각 시스템의 전단결합강도에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위해 One-way ANOVA를 시행하였다. 사후검정은 Tukey test를 이용하였으며, 신뢰도는 p=0.05로 하였다. 프로그램은 SPSS WIN 12.0(SPSS Inc., USA)을 이용하였다.

Table Ⅲ. Firing schedule on core-veneer specimen

	B	t↗	T	S	H	V1	V2
IPS Eris on IPS Empress 2	403℃	60℃	800℃	6'	1'	450℃	799℃
IPS e.max Ceram on IPS e.max Press	403℃	50℃	750℃	4'	1'	450℃	749℃
IPS e.max Ceram on IPS e.max ZirCAD	403℃	50℃	800℃	4'	1'	450℃	799℃

* B: stand-by temperature, t↗: heating rate, T: firing temperature, S: closing time, H: holding time, V_1: vacuum 1, V_2: vacuum 2

연구 성적

1. 전단결합강도

코어와 비니어 사이의 평균 전단결합강도는 IPS e.max Press system이 32.85 MPa, IPS Empress 2 system이 29.30MPa, IPS e.max ZirCAD system이 28.10 MPa을 나타내었다(Table Ⅳ, Fig. 4). 각 시스템 사이에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(P>0.05).

2. 파절양상

IPS Empress 2 system과 IPS e.max Press system에서는 코어와 비니어 내에서의 응집성 파절이 주로 관찰되었으며, IPS e.max ZirCAD system에서는 비니어 내에서의 응집성 파절과 혼합형 파절 양상이 관찰되었다. 모든 시스템에서 접착성 파절 양상은 관찰되지 않았다(Table Ⅴ, Fig. 5).

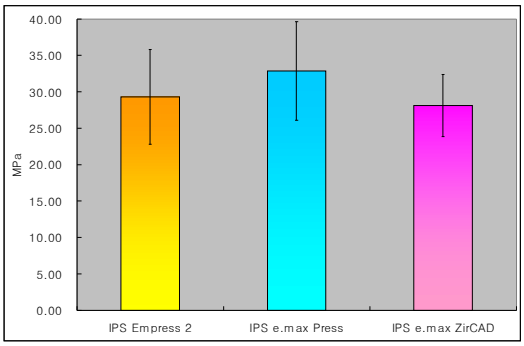

Fig. 4. Shear bond strength (MPa) between core and veneer of the all ceramic systems.

총괄 및 고찰

IPS Empress 2 system과 IPS e.max Press system은 하부 코어의 납형을 형성하고 열가압하여 coping을 제작한 후 수복물의 최종 형태와 shade

Table Ⅳ. Shear bond strength (MPa) between core and veneer of all ceramic systems

Ceramic system	N	Mean	SD	F	P-value
IPS Empress 2	12	29.30	6.51		
IPS e.max Press	12	32.85	6.75	2.062	.143
IPS e.max ZirCAD	12	28.10	4.28		

Table Ⅴ. Failure pattern in all ceramic systems

Ceramic system	Cohesive(core)	Cohesive(veneer)	Mixed	Adhesive
IPS Empress 2	5	5	2	0
IPS e.max Press	6	5	1	0
IPS e.max ZirCAD	1	5	6	0

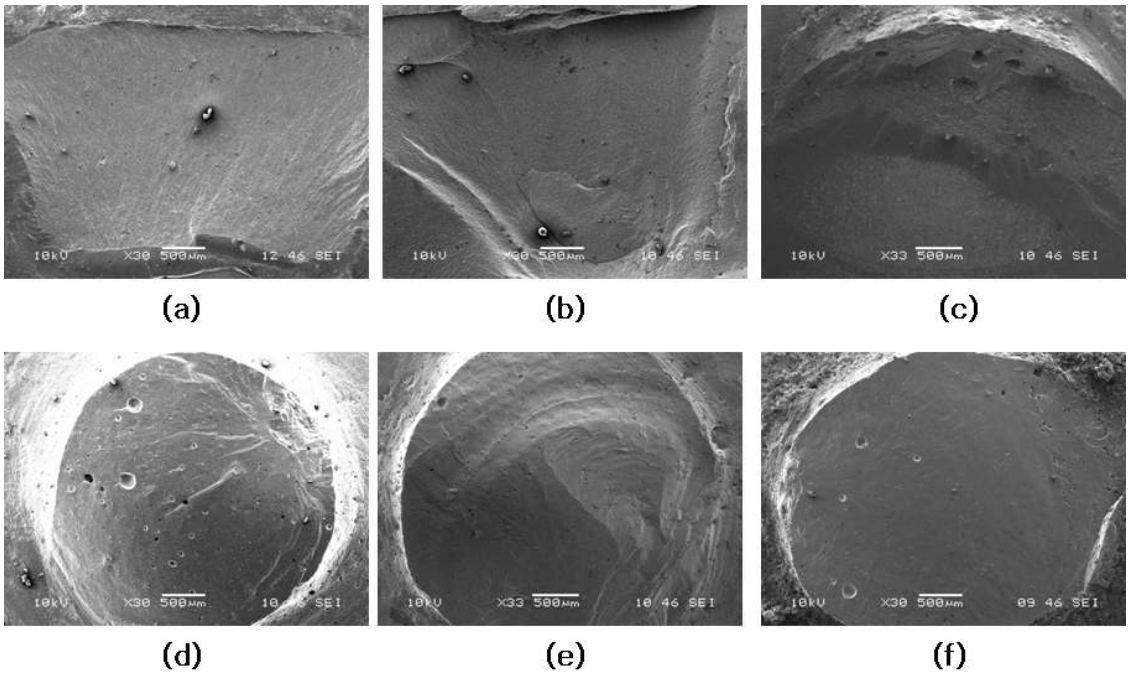

Fig. 5. Various failure patterns of all ceramic systems. Cohesive failure(core) of IPS Empress 2(a), IPS e.max Press(b), mixed failure of IPS e.max ZirCAD(c), cohesive failure(veneer) of IPS Empress 2(d), IPS e.max Press(e), IPS e.max ZirCAD(f).

를 비니어 도재로 부여하여 이중구조의 전부 도재관을 제작하게 된다(veneer technique). Veneer technique을 이용한 이중구조의 전부 도재관은 staining technique을 이용한 단일구조 전부 도재관에 비해 심미성이 우수한데, 이는 staining technique의 경우 수복물의 외형을 부가적으로 수정할 경우 색이 상실되는 단점이 존재하기 때문이다. 따라서 전치부에서 수복물의 규모가 클수록 심미성을 위해 veneer technique을 이용한 이중구조 전부 도재관이 추천된다. Luthy등은 IPS Empress glass ceramic에 대한 3점굽힘강도 연구에서 staining technique을 이용한 시편과 veneer technique을 이용한 시편 사이에 유의성 있는 강도차이가 관찰되지는 않았다고 하였다[22]. IPS e.max system은 CAD/CAM을 이용하여 하부의 코어를 제작한 후 상부에 비니어를 축성하여 이중구조의 전부 도재관 수복물을 제작하게 된다. 최근 지르코니아 단일구조 전부 도재관의 개발을 위한 시도가 이루어지고 있지만[23], 완전 소결된 지르코니아의 경우 절삭이 어렵고, 반 소결된 지르코니아의 경우 완전 소결 후 발생된 수축으로 인해 정밀도가 떨어지며, 대합치의 마모 및 색조 안정성에 대한 문제가 존재한다.

Bilayered all ceramic은 강화된 하부코어와 장석계열의 상부도재로 이루어져 있다. 따라서 Bilayered all ceramic은 심미적이기는 하지만 항상 상부도재의 파절이발생할 수 있는 위험성을 안고 있다. Bilayered all ceramic의 강도는 가장 취약한 부분인 코어-비니어 계면의 결합강도 혹은 비니어 자체의 강도에 의해 결정된다[19]. 코어-비니어 계면에서의 결합강도에 영향을 미치는 요인에는 기계적 유지에 영향을 주는 코어의 표

면처리, 열팽창계수의 차이에 의해 발생되는 잔류응력, 코어-비니어 계면에 존재하는 결함 부위, 비니어 도재의 젖음성 등이 존재한다[24,25]. 강화된 전부도재관의 성공은 코어-비니어 계면의 성공적인 결합에 달려있으며, 이를 위해 코어와 비니어의 기계적 성질은 서로 조화를 이루어야 한다[26].

금속 도재관에서 적절한 결합강도는 25MPa 이상이 되어야 한다고 알려져 있으며[27], 전부 도재관의 경우 아직 적절한 결합강도가 제시되고 있지 않다. Al-Dohan등[17]은 금속 도재관의 전단결합강도가 30MPa였으며, 다른 전부 도재관들의 전단결합강도가 금속 도재관의 그것과 유의할만한 수준의 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 또한 Dundar 등[28]은 glass ceramic과 glass infiltrated alumina ceramic의 전단결합강도가 23-41MPa임을 보고하였다. 본 실험에서 IPS e.max Press system이 32MPa, IPS Empress 2 system이 29MPa, IPS e.max ZirCAD system이 28MPa를 나타내었으며, 각 시스템 사이에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

본 연구에서 IPS Empress 2 system과 IPS e.max Press system에서 코어-비니어 계면에서의 접착성 파절은 관찰되지 않았다. 이는 Al-Dohan 등[17]의 연구결과와 유사한데, IPS Empress 2 system의 경우 코어 내의 응집성 파절이 49%, 비니어 내의 응집성 파절이 42%, 혼합형 파절이 8% 발생하였다고 하였다. Smith 등[29]은 코어와 인접한 비니어의 glass layer의 화학적 변화로 인해 계면에서 강도, 열팽창계수와 같은 기계적 성질이 변화된다고 하였으며, 또한 코어와 비니어 내의 원소들의 확산으로 인해 코어-비니어 계면에 더 강한 공유결합과 이온결합이 형성된다고 하였다. 또한 Guazzato 등[30]과 Albakry 등[31]은 IPS Empress 2의 경우, 코어-비니어 계면에서 바늘형태로 배열된 Lithium disilicate 결정이 비니어의 결정화의 핵으로 작용하게 되고, 비니어 결정상의 젖음성이 향상되어 코어-비니어 계면의 결합력이 증가된다고 하였다. 접착성 파절은 코어-비니어 사이에 훌륭한 결합이 존재하는 경우 발생하지 않는다. 본 연구에서 IPS e.max ZirCAD system의 경우 코어 내에서의 응집성 파절 양상은 거의 관찰되지 않았다. 이는 지르코니아의 변태강화(transformation toughening)에 의한 것으로 생각된다. 정방정계 지르코니아는 평상시에는 안정하지만 응력을 받게 되면, 응력을 받은 부위의 상이 단사정계로 바뀌게 되며, 지르코니아 입자들이 3~5%의 부피 팽창을 하게 되고, 이런 팽창이 인접한 입자들에게 압축 응력을 가해 응력을 받을 때 생긴 균열의 진행을 막게 되어 도재가 가지는 가장 취약한 취성을 보완하게 된다. 또한 IPS e.max ZirCAD system에서 접착성 파절 양상도 관찰되지 않았는데, Luthardt 등[32]은 zirconium oxide system의 경우 코어- 비니어 계면에서 기공과 불완전한 연결이 관찰되며, 이 부위에서 균열이 개시되고, 이로 인해 주로 접착성 파절이 우세하게 발생한다고 하였다. 하지만 Aboushelib 등[33]은 코어에 이장재를 적용한 경우 코어-비니어 계면에서의 결합강도가 유의성 있게 증가함을 보고하였다. 이장재의 적용으로 인해 계면에서의 결함 부위가 사라지고 결합력이 증가하여 접착성 파절 대신 혼합형 파절이 발생한 것으로 생각된다. Anusavice 등[34]은 금속 도재관의 전단결합강도 실험에서 코어-비니어 계면에서 순수한 전단력만 존재하는 것이 아니라 인장력과 같은 다른 응력이 혼합되어 존재한다는 것을 지적하였다. 또한 세라믹과 메탈의 열팽창계수의 차이에 의해 계면에서 잔류 응력이 존재함을 보고하였다. 이러한 사실에 비추어 보았을 때, 전단결합강도 측정법 하나만으로 코어-비니어 계면에서의 결합강도를 평가하는 것은 무리한 일이며, 미세인장결합강도 측정법과 굽힘강도 측정법과 같은 다른 측정 방법을 병행하여 전부 도재관의 코어-비니어 계면에서의 결합강도와 양상을 종합적으로 평가하는 것이 필요하리라 생각된다. 그리고 본 연구에서 비니어의 경우 제조사에서 추천하는 코어와 조화를 이루는 비니어만을 사용하였고, 이로 인해 비니어 도재의 종류에

따른 열팽창계수, 탄성계수의 차이가 코어-비니어 간의 결합력에 미치는 영향 또한 간과되었다. 따라서 이러한 요소들이 통합적으로 고려된 후속 연구가 필요하리라 사료된다.

본 실험은 시편을 제작하여 실험한 in vitro study이며, 이를 임상적으로 적용하기에는 다소 무리가 있으며, 임상적으로 적용하기 위해 구강환경을 모방한 실험이 필요할 것으로 생각된다. Fairhurst 등[35], Green[36], Marx 등[37]은 도재의 파절이 임계치 이상의 힘에서 발생하기도 하지만, 저작 시 반복되어 가해지는 파절 임계치 이하의 하중에 의해서나 구강 내 부식 환경에 노출된 기공 과정상의 작은 결함에 의해 형성된 균열이 성장하여 도재의 파절을 야기하게 된다고 하였다. 구강환경은 100%의 상대 습도를 유지하고 음식물의 섭취과정에서 온도 변화와 반복응력이 작용하며, 또한 저작과정에서 응력부식에 의한 균열진전이 일어나 수복물의 강도가 시간이 경과하면서 저하될 수 있다. 따라서 전부도재관의 결합강도를 평가하기 위해서는 시효나 열 순환 처리 및 저작과정을 모방한 다양한 조건에서의 시험이 요구되므로 전부도재관의 결합강도를 평가하기 위해서는 보다 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

결 론

본 연구는 전부 도재관에서 코어-비니어 계면에서의 결합강도를 알아보기 위해 전단결합강도를 측정하고 파절양상을 관찰하고자 IPS Empress 2 system, IPS e.max Press system 그리고 IPS e.max ZirCAD system을 이용하여 코어-비니어 시편을 제작하여 만능시험기 상에서 전단결합강도를 측정하고 코어-비니어 계면의 파절면을 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 코어-비니어 계면의 전단결합강도는 IPS e.max Press system이 32.85MPa, IPS Empress 2 system이 29.30MPa, IPS e.max ZirCAD system이 28.10MPa을 보였으며, 통계적 분석 결과 각 시스템 사이에서 유의한 차이가 없었다 ($P>0.05$).
2. IPS Empress 2 system과 IPS e.max Press system에서는 코어와 비니어 내에서의 응집성 파절이 주로 관찰되었으며, IPS e.max ZirCAD system에서는 비니어 내에서의 응집성 파절과 혼합형 파절 양상이 주로 관찰되었다.

연구비 지원 및 사의

*이 논문은 2006년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨

참 고 문 헌

1. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc 1997;128: 297-307.
2. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. J Prosthet Dent 1996;75:18-32.
3. Land CH. Porcelain dental art. Dent Cosmos 1903;45:437-44.
4. McLean JW, Hughes H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. Br Dent J 1966;119: 251-254.
5. Kingery WD, Bowen HK, Uhlmann DR. Introduction to ceramics. 1976;371
6. Vita Zahnfabrik. Vita Hi-Ceram working instruction. Bad Sackingen, Germany, 1988.
7. Optec HSP Laboratory technique manual. Jeneric/ pentro Inc, Wallingford, Conn, January, 1988.
8. Clause H. Vita In-Ceram a new system for producing aluminum oxide crown and bridge substructures. Quintessenz Zahntech 1990;16:35-46.
9. Dong JK, Luthy H. Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: Technology and strength. Int J Prosthodont 1992;5:9-16.
10. Mackert JR, Russell CM. Leucite crystallization

during processing of a heat-pressed dental ceramics. 1996;9:261-265.
11. Holand W. Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. J Biomed Mater Res 2000;53:297-303.
12. Holand W. Materials science fundamentals of the IPS Empress 2 glass-ceramics. Ivoclar Vivadent Report 1998;12:3-10.
13. Schweiger M, Holand W, Frank M. IPS Empress 2: A new pressable high strength glass-ceramic for esthetic all-ceramic restorations. Quintessence Dent Technol 1999;22:143-151.
14. Holaud W. Materials science fundamentals of the IPS Empress 2 glass-ceramic. Ivoclar Vivadent Report 1998;12:3-10.
15. Severance G. Introducing a lithium disilicate glass-ceramic : IPS Empress2. Signature 1999;4:1-3.
16. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT. Research evaluations of a lithium disilicate restorative system : IPS Empress2. Signature 1999;4:4-10.
17. Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. J Prosthet Dent 2004;91:349-355.
18. Kelly JR, Tesk JA, Sorensen JA. Failure of all-ceramic fixed partial dentures in vitro and in vivo: analysis and modeling. J Dent Res 1995;74:1253-8.
19. Guazzato M, Proos K, Sara G, Swain MV. Strength, reliability, and mode of fracture of bilayered porcelain/core ceramics. Int J Prosthodont 2004;17: 142-9.
20. Aboushelib M, De Jager N, Pallav P, Feilezer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Dent Mater 2005;21:984-91.
21. Ozcan M. Fracture reasons in ceramic-fused-to-metal restorations. J Oral Rehabil 2003;30:265-269.
22. Luthy H, Dong JK, Wohlwend A, Scharer P. Effects of veneering and glazing on the strength of heat pressed ceramics. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1993; 103:1257-1260.
23. Jeong HC. Fracture strength of zirconia monolithic crowns. J Korean Acad Prosthodent 2006;44(2): 157-164.
24. Isqro G, Pallav P, van der Zel JM, Feilzer AJ. The influence of veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic. J Prosthet Dent 2003;90: 465-73.
25. Al-shehri SA, Mohammed H, Wilson CA. Influence of lamination on the flexure strength of dental castable glass ceramic. J Prosthet Dent 1996;76:23-8.
26. Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramics posterior restorations. Quintessence Int 2002;33:415-426.
27. Craig RG. Mechanical properties in restorative dental materials. 11th ed. New York: Mosby; 2002. p. 551-592.
28. Dundar M, Ozcan M, Comlekoglu E, Gingor MA, Artunc C. Bond strengths of veneering ceramics to rein forced ceramic core materials. Int J Prosthodont 2005;18:71-72.
29. Smith TB, Kelly JR, Tesk JA. In vitro fracture behavior of ceramic and metal ceramic restorations. J Prosthodont 1994;3:138-144.
30. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, Fracture toughness and microstructure of a selection af all ceramic materials. Part Ⅰ. Pressable and alumina glass infiltrated ceramics. Dent Mater 2004;20:441-8.
31. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Fracture toughness and hardness evaluation of three pressable all-ceramic dental materials. J Dentistry 2003;31: 181-8.
32. Luthardt RG, Sandkuhl O, Reitz B. Zirconia-TZP and alumina-advanced technologies for the manufacturing of single crowns. Eur J Prosthodont Restor Dent 1999:4:113-9.
33. Aboushelib M, Cornelis J. Leverlaan, Albert J. Feilzer. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part Ⅱ: Zirconia veneering ceramics. Dent Mater 2005;21:984-91.
34. Anusavice KJ, Dehoff PH, Fairhurst CW. Comparative evaluation of ceramic-metal bond tests

using finite element stress analysis. J Dent Res 1980;59:608-613.
35. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Twiggs SW. Dynamic fatigue of felsphatic porcelain. Dent Mater 1993;9:269-73.
36. Green DJ. An introduction to the mechanical properties of ceramics. 1998;Cambridge: Cambridge University Press.
37. Marx R, Fischer H, Weber M, Jungwirth F. Crack parameters and Weibull moduli: subcritical crack growth and long term durability of all ceramic materials. Dtsch Zahnarztl Z 2001;56:90-8

A Study on Shear Bond Strength of Core-veneer Interface for Bilayered all Ceramics

Yong-Su Jung, D.D.S, Jin-Han Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D, Jae-In Lee, D.D.S., M.S.D., Jin-Keun Dong, D.D.S., M.S.D., Ph.D

Department of Prosthodontics, College of dentistry, Wonkwang University

Purpose: The purpose of this study was to investigate the bond strength of the core-veneer interface in all ceramic systems.

Material and Methods: The all ceramic systems tested with their respective veneer were IPS Empress 2 with IPS Eris, IPS e.max Press with IPS e.max Ceram and IPS-e.max ZirCAD with IPS e.max Ceram. Cores (N=36, N=12/group, diameter: 10mm, thickness: 3mm) were fabricated according to the manufacturer's instruction and cleaned with ultrasonic cleaner. The veneer(diameter: 3mm, thickness: 2mm) were condensed in stainless steel mold and fired on to the core materials. After firing, they were again ultrasonically cleaned and embedded in acrylic resin. The specimens were stored in distilled water at 37℃ for 1 week. The specimens were placed in a mounting jig and subjected to shear force in a universal testing machine(Z020, Zwick, Germany). Load was applied at close to the core-veneer interface as possible with crosshead speed of 1.00mm/min until failure. Average shear bond strengths(MPa) were analyzed with a one-way analysis of variance and the Tukey test(α=.05). The failed specimens were examinated by scanning electron microscopy(JSM-6360, JEOL, Japan). The pattern of failure was classified as cohesive in core, cohesive in veneer, mixed or adhesive.

Results: The mean shear bond strength(MPa±SD) were IPS e.max Press 32.85±6.75 MPa, IPS Empress 2 29.30±6.51 MPa, IPS e.max ZirCAD 28.10±4.28 MPa. IPS Empress 2, IPS e.max Press, IPS e.max ZirCAD were not significantly different from each others. Scanning electron microscopy examination revealed that adhesive failure did not occur in any all ceramic systems. IPS Empress 2 and IPS e.max Press exhibited cohesive failure in both the core and the veneer. IPS e.max ZirCAD exhibited cohesive failure in veneer and mixed failure.

Key words: Bilayerd all ceramics, core-veneer interface, shear bond strength

Corresponding to:Jin-Keun Dong
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University
334-2, Sinyong-dong, Iksan, Jeonbuk, 570-749, Korea
Fax: +063-857-4824
e-mail: dong@wonkwang.ac.kr
Received: July 11, 2008, Last Revision: September 3, 2008, Accepted: September 25, 2008