

## IPS Empress 도재관의 파절강도 : 상악 제1대구치에서 교합면 두께와 측면경사도에 따른 영향

원광대학교 치과대학 치과보철학교실, 치과생체재료학교실\*

최택림 · 이해형\* · 동진근

### I. 서 론

문화와 생활수준이 높아지고 대중매체가 발달함에 따라 환자 개개인의 심미적 욕구가 증대되어 일상의 진료에 임하는 치과의사에게 있어서도 심미치과 영역의 중요성은 이미 널리 인식되어 있으며 거의 모든 치과진료 영역에서 심미적인 요인은 치료계획의 수립과정에서부터 가장 중요한 고려사항이 되었다. 따라서 수복치과영역도 보다 심미적인 재료를 사용하여 보다 간편하고 정확한 방법으로 수복물을 제작하는 방향으로 발전되어야 할 것이다.<sup>1)</sup>

도재는 일반 금속에 비하여 월등한 심미적인 장점이 있지만 낮은 인장 강도 등의 물리적 취약점 때문에 이를 보강하기 위하여 주로 금속과 함께 사용되는 금속-도재 수복물이 가장 보편적인 심미 수복 방법으로 사용되어 왔다. 그러나 금속-도재관은 금속 코어와 불투명 도재가 빛의 투과를 차단하여 자연치와 유사한 투명도를 얻는데는 어려움이 있으며 금속 하부 구조를 위한 인상채득, 모형제작, 조각, 매물 및 주조 등을 거치는 동안에 금속의 변형이 일어날 수 있고 이 위에 도재를 축조 소성하는 중에도 양 물질 간의 물성 차이에 의한 결합의 실패 등이 가능하며 특히 비귀금속을 사용하는 경우에는 산화막의 두께를 조절하기 어려워져 결과적으로 적절한 도재-금속 결합력을 얻기 어려운 경우가 많다. 또한 비귀금속을 사용하는 경우에는 금속에 의한 알러지가 있을 수 있으며 금속 용해에 의한 치은 변색 등이 문제가 될 수 있다. 특히 심미적으로 중요한 전치부에서의

이런 현상은 환자로 하여금 많은 불만족을 나타내는 주원인이다. 그러나 도재의 약점을 보완하기 위해서는 금속 사용을 배제할 수 없었던 것이다. 금속 도재관의 문제점을 해결하려는 시도는 오래 전부터 계속되었다<sup>2)</sup>, 자연치아와 유사한 빛의 투과도를 갖는 전부도재관은 전치부에 심미적 수복이 필요할 경우, 우선적으로 고려될 수 있다. 그러나 초기의 전부도재관들은 파절에 대한 취약성이 커서<sup>3,4)</sup>, 그 심미적인 장점에도 불구하고 임상에서의 활용이 위축되어 왔으며, 이를 극복하기 위한 노력이 꾸준히 계속되었다. 그 결과 최근에는 수종의 전부도재관 제품들이 적합성과 심미성 그리고 강화된 파절강도의 특징을 강조하면서 소개되기 시작했다. 이러한 재료들의 등장은 전부도재관의 사용범위를 전치부는 물론 구치부까지 가능하도록 하였으며, 증가된 파절강도는 금속-도재관 출현 이후 주춤했던 전부도재관의 임상적 사용을 가속시키는 계기가 되었다.<sup>5)</sup>

1886년 Land<sup>6)</sup>가 장식도재를 사용한 도재자켓관을 소개하면서 전부도재관이치관 수복재료로서 이용되기 시작하였고 1965년 McLean과 Hughes는 코아도재를 알루미늄으로 강화시키고 그 위에 비니어 도재를 축조소성하여 자켓관을 보강하였다. 1977년 Adair는 투명하고 기계적으로 가공성이 있는 유리도재를 우수한 수복재료로 사용할 수 있다고 제안하였으며 Grossman과 함께 주조성 유리도재계인 Dicor 관을 개발하였다. 1983년 Sozio와 Riley는 사출성형방법으로 코아를 형성하고 그 위에 도재로 축조소성하는 Cerestore 관을 소개하였다. 1988년에는 내화성 매물

재 모형상에서 도재를 직접 축조소성하는 내화모형계인 Hi-Ceram과 Optec HSP이 소개되었고 Sadoun은 유리 침투도재계인 In-Ceram을 소개하였다. 1990년 Zurich 치과 대학과 Ivoclar 회사는 결정화된 도재를 가열 및 가압하여 수복물을 제작하는 IPS Empress system을 개발하였다.<sup>13)</sup>

여러 가지 전부도재관 중 IPS Empress는 심미적인 장점과 더불어 안정된 파절강도를 보이므로 In-Ceram과 더불어 널리 사용되고 있다.<sup>14-16)</sup> 이 도재가 안정된 파절 강도를 보이는 것은 회사에서 미리 잉곳(ingot)상태로 만들기 위한 소결과정에서 형성된 결정들이 열가압성형 시 용융되어 좁은 주입선을 통과할 때 일어나는 결정들의 재분산과 더불어 최종 수복물의 완성을 위해서 시행되는 열처리에 의한 백류석 강화가 주된 원인이 된다.

즉 유리기질 내에 백류석 결정이 고르게 분산되면 균열편향이 찾아지면서 파절을 위해 더 많은 에너지가 필요하게 되고, 몇 차례의 열처리에 의해 증가된 백류석 결정이 유리기질에 비해 상대적으로 더 높은 열팽창계수를 보유함으로써 해서 냉각 시 더욱 빨리 수축되므로 백류석 주변 기질에서 접선 방향의 압축 응력이 발생되고 이러한 압축응력은 균열에 대한 강한 저항력을 제공하게 된다.<sup>18)</sup>

Friedlander 등<sup>19)</sup>은 변연 형성방법과 측면 경사도가 Dicor 도재관의 파절강도에 미치는 영향에 대한 연구에서 1.2mm 폭의 shoulder 변연과 10°의 측면경사도에서 가장 높은 파절강도를 얻었다고 보고하였다. 김 등<sup>20)</sup>은 IPS-Empress system을 이용한 도재관의 변연 형태에 따른 파절강도를 연구하고 rounded shoulder의 파절강도가 가장 높게 나타났음을 보고하였다. 동 등<sup>21)</sup>은 상악 제1소구치에서 교합면 두께와 측면 경사도에 따른 IPS Empress 도재관의 파절강도에 대한 연구에서 교합면 두께 2.5mm, 측면 경사도 12°인 경우가 630N으로 가장 높게 나타났으며, 교합면 두께 1.5mm 측면 경사도 4°인 경우가 378N으로 가장 낮게 나타났음을 보고하였다.

이와 같이 전부도재관의 치아형성방법에 따른 파절강도에 관하여 많은 연구가 있었으나 전치와 소구치를 대상으로 시행된 경우가 대부분이다.<sup>5)</sup> 그러나 IPS Empress 도재관은 그 강도가 높아 구치부 수복 재료로서도 사용이 가능한 것으로 소개되고 있다.<sup>13)</sup>

따라서 본 연구는 IPS Empress 도재관의 대구치

부위에서의 치아형성 방법이 도재관의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 상악 제1대구치의 교합면 두께와 측면 경사도를 달리한 도재관을 제작하고 파절강도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 실험용 금속 다이 제작

기본 모형 제작을 위해 경질 레진치인 상악 좌측 제1대구치(Columbia Co., USA)를 이용하여 치아 형성을 하였는데 교합면은 유도구(guiding groove)를 형성한 후 사면에 따라 1.5mm의 두께가 되도록 균일하게 삭제했고, 측면 경사각은 milling machine (PFG 200, Cendres & Metaux SA, Switzzland)을 사용하여 4°가 되게 하였으며 변연은 1.0mm 폭의 rounded shoulder로 형성하여 백아-법랑 경계의 1mm 상방에 위치시켰다.

실리콘 인상재(Exaflex, GC, Japan)와 다이제작용 레진(Epoxy Die, Ivoclar, Liechtenstein)을 이용하여 기본 모형을 복제하고 교합면은 각각 2.0mm, 2.5mm, 측면은 각각 8°와 12°가 되도록 milling machine을 사용하여 추가로 삭제하여 모두 9개의 주모형을 제작하였다.

이상의 방법으로 제작된 각각의 주모형을 인상 채득하고 납형을 얻어 니켈 크롬 합금(Rexillum III, Concilon dental materials, instrument & equipments, USA)으로 각 군당 10개씩 총 90개의 실험용 금속 다이를 제작하였다.

### 2. IPS Empress 도재관 제작

도재관의 제작을 위하여 실험용 금속 다이로부터 실리콘 인상재와 초경석고(Fuji Rock, GC, CO, Japan)를 이용하여 석고모형을 제작하였다. 석고모형에 die-spacer를 제조회사의 지시에 따라 바르고 인레이 왁스(hard-type, Kerr, USA)로 납형을 제작하였는데, 납형이 동일한 외형과 두께를 갖도록 인상재를 이용하여 mold를 만들고 연화된 왁스를 부어 납형을 복제하였다. 복제된 납형은 매몰하였는데, 이때 납형 간의 거리는 3mm 이상, 매몰링과 납형과

의 거리는 10mm, 왁스 주입선의 직경은 3mm, 길이는 10mm가 되도록 하였고 납형의 교합면과 주입선이 이루는 각도는 45°가 되도록 하였다.

매몰재의 혼합 방법은 IPS Empress 매몰재 액과 증류수 그리고 매몰재 분말의 비율이 3ml : 12ml : 200g이 되도록 정확한 양을 계측하여 진공 혼합법으로 60초간 혼합하고 매몰링 하단부터 매몰재를 채웠다. 매몰재가 완전히 경화된 후 매몰링 기저부와 매몰링을 제거하고 매몰체의 기저부를 다듬었다.

매몰체와 세라믹 잉곳(IPS Empress ceramic ingot(O1), Ivoclar, Liechtenstein) 그리고 Alox plunger를 소환로에 넣고 실온에서부터 시작하여 분당 5℃로 온도를 높여 250℃에서 30분간 계류시키고 다시 온도를 높여 850℃에서 90분간 계류시켰다. 열가압 소환로(IPS Empress EP500 press furnace, Ivoclar, Liechtenstein)에서 staining 법을 위한 프로그램을 선택하여 700℃까지 예열을 시행한 후 세라믹 잉곳(O1)과 Alox plunger를 매몰체에 넣고 열가압 소환로 중앙에 위치시킨 후 가열 및 가압 과정을 시행하였다.

가압 과정이 끝난 매몰체를 furnace내에서 꺼내 실온까지 식힌 후, 50μm의 glass bead(Shofu Co., Japan)를 이용하여 펜 블라스터로 매몰재를 제거하였다. 도재관의 외형을 다듬은 후, 1회의 staining과정과 2번의 glazing 과정을 거쳐 IPS Empress 도재관을 완성하였는데 staining 과정은 400℃에서 시작하여 580℃까지 분당 60℃씩 온도를 높이고 진공상태에서 같은 속도로 849℃까지 온도를 높인 다음 2분간 계류시켰다. glazing과정은 400℃에서 시작하여 580℃까지 분당 60℃씩 온도를 높이고 진공상태에서 같은 속도로 869℃까지 온도를 높인 다음 2분간 계류시켰다.

### 3. 도재관과 다이의 합착

제작된 도재관은 각각의 금속다이와 복합 레진시멘트(Bistite resin cement, Tokuyama Soda Co. LTD., Japan)를 사용하여 합착하였다. 합착에 앞서 도재관의 내면을 부식액(IPS ceramic etching gel, Ivoclar, Liechtenstein)을 이용하여 1분간 산 부식시키고, 증류수내에서 초음파 세척기로 5분간 수세하고 건조시켰다. 도재 내면을 silane (Tokuso ceram-

ic primer, Tokuyama Soda Co., LTD., Japan)으로 처리하였으며 10초 후에 공기로 가볍게 건조시키고 금속 다이의 피착면은 샌드블라스터로 표면 처리하였다.

동일한 양의 레진시멘트 A와 B를 제조회사의 지시대로 혼합하여 도재관 내면과 금속모형에 고르게 바르고 압접한 후 여분의 시멘트를 붓으로 제거하였다. 합착 시 일정한 힘을 가하기 위하여 10kg의 정하중기를 사용하였으며, 레진시멘트의 경화를 위해 모든 협설면과 양 인접면에 각각 15초 동안 광중합을 시행하였고 접착이 완료된 도재관은 37℃의 증류수에 24시간 보관하였다.

### 4. 파절강도 측정

준비된 시편은 만능시험기(Zwick 1456 41, Zwick, Germany)를 사용하여 강도를 측정하였다. 치아의 장축이 30° 경사진 상태로 유지될 수 있도록 금속 jig를 제작하여 금속모형을 넣고, 직경이 5mm인 반원형 봉 형태를 지닌 금속 기구를 이용하여 도재관의 기능 교두인 설측 교두의 협측 경사면 중앙부위에 하중이 가해지도록 하였다. 만능시험기의 시험속도는 분당 1mm로 도재관이 파절될 때까지 하중을 가하여 최대 파절하중을 구하였다(Fig. 1).

각 그룹의 data는 교합면의 두께와 축면 경사도가 도재관의 강도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 이원분산분석(Two-way analysis of variance)을 시행하였다.

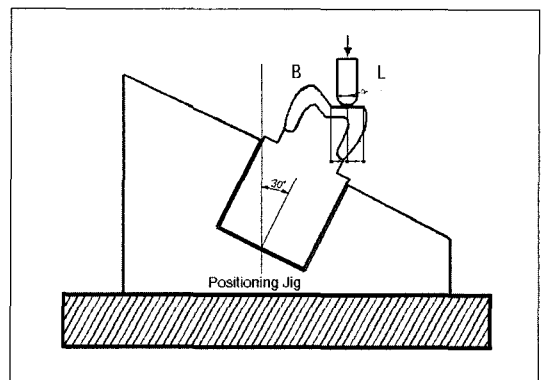


Fig. 1. Schematic drawing of specimen in positioning jig.

### 5. 주사 전자현미경을 이용한 파절면의 관찰

파절된 면의 미세구조 관찰을 위하여 표면을 ion sputter로 gold coating한 후 15kV의 accelerating voltage에서 시편 표면을 주사현미경(SX-40, AKASHI, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

## III. 연구성적

### 1. 파절강도

IPS Empress 도재관의 파절강도는 교합면 두께 2.5mm, 측면경사도 8°인 경우가 1393N으로 가장 높게 나타났으며, 교합면 두께 1.5mm, 측면 경사도 4°인 경우가 1015N으로 가장 낮게 나타났다(Table I) (Fig. 2). 이원분산 분석(Two-way ANOVA)을 시행한 결과 교합면 두께와 경사도 모두 파절강도에

유의한 영향을 주지 않는 것으로 나타났고 두 인자의 상호작용 또한 유의성이 없는 것으로 나타났다( $p>0.05$ ) (Table II).

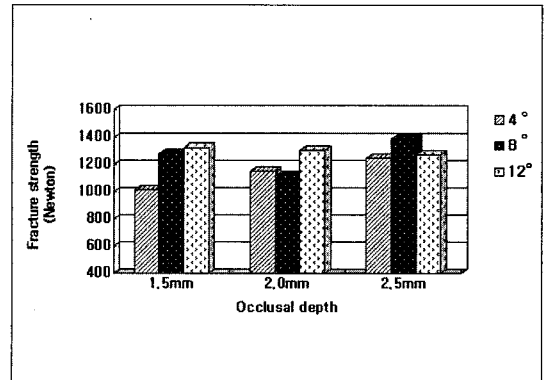
### 2. 파절 양상

IPS Empress 도재관의 파절 양상은 교합면 두께와 경사도 차이에 관계없이 유사한 형태로 하중이 가해진 설측교두의 협측 경사면 중앙부위 직하방으로 수직적인 파절선이 나타났고, 도재관의 파절은 변연 부위까지 일어났으며 파절선을 중심으로 도재관 파절편이 금속모형에서 분리되었다. 파절면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하여 본 결과 하중이 가해진 방향으로 방사형의 넓은 핵클(hackle)지역을 보여주었으며 파절선은 시멘트 층까지 전파되었다(Fig. 3).

파절편의 크기가 다양하게 나타났는데 파절 면적을 25%이하, 25~50%, 50~75%, 75% 이상인

**Table I.** Mean fracture strength and standard deviation according to the occlusal depth and axial inclination (Unit : Newton)

Occlusal depth	Axial inclination	Mean	SD
1.5mm	4°	1015	231
1.5mm	8°	1278	304
1.5mm	12°	1326	180
2.0mm	4°	1153	132
2.0mm	8°	1122	239
2.0mm	12°	1305	290
2.5mm	4°	1247	321
2.5mm	8°	1393	411
2.5mm	12°	1271	305



**Fig. 2.** Fracture strength of IPS Empress crown according to the occlusal depth and axial inclination.

**Table II.** Analysis of variance of fracture strength affected by axial inclination and occlusal depth

	Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F	P
Axial inclination	2	424242.88	212121.44	2.78	.0684
Occlusal depth	2	208969.13	104484.56	1.37	.2608
Axial inclination × Occlusal depth	4	435420.88	108855.22	1.42	.2336
Residual	80	6036816.85	76415.40		

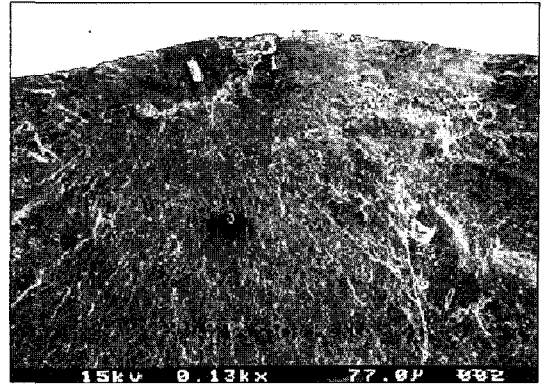
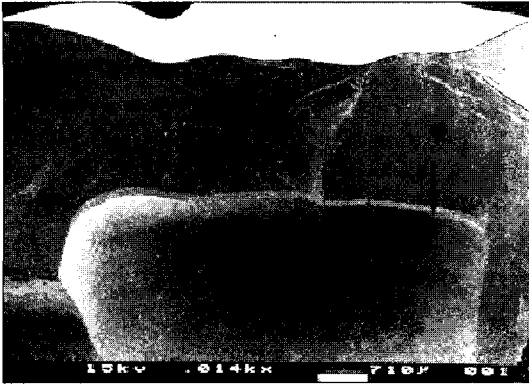


Fig. 3. SEM photographs of fractured surface of the IPS Empress crown. Arrow indicates the loading point.

경우로 분류하여 지수화한 후 파절강도와 의 상관관계를 알아본 결과 파절면적과 파절강도 간에는 상관성이 있었다(Pearson's correlation coefficients,  $\gamma = 0.76$ ,  $P < 0.05$ ).

#### IV. 총괄 및 고찰

우수한 심미성과 내마모성, 생체적합성으로 인해 도재는 치과용 수복재료로서 오래전부터 사용되어 왔다. 백금박을 사용하는 전통적인 도재전장관이 Land<sup>6)</sup>에 의해 소개된 이후 우수한 임상결과를 얻기 위해 계속적으로 발전되어 왔지만 파절에 대한 저항성의 부족으로 종종 수복물의 파절을 보이는 단점을 보였다.<sup>22,23)</sup> 백금박에 의한 제작에서는 미세결합들이 치경부에 집중되고, 이들이 변연의 작은 통로를 따라 수복물의 표면과 연결됨으로서 취약한 성상을 나타내게 되는데<sup>22)</sup>, 이것은 백금박의 낮은 젖음성(wettability)으로 인한 도재와 백금박 사이의 적합성의 불량 때문이다.<sup>23)</sup>

Brecker<sup>24)</sup>는 금합금에 도재를 용착시켜 도재가 지니고 있는 강도의 문제점을 해결한 금속도재관을 개발하였다. 1970년대 말부터 금속도재관의 심미성과 변연적합도의 개선을 위하여 금속도재관의 강도와 도재관의 심미성을 결합시켜 시대치의 순축 변연부위에 도재를 직접 축성하는 collarless 금속도재관에 대한 연구가 시작되었는데<sup>25,26)</sup>, collarless 금속도재관의 변연 부위는 금속 하부구조가 완성된 다음에 형성되므로 금속 주조관 자체의 적합도와 관계없이 제

작기법에 따라 변연부위의 적합도에 차이가 생길 수 있고, 소성 시 수축과 변연의 취약한 파절강도 때문에 예리한 변연을 형성할 수 없으며, 내부 금속 코어에 의해 본질적인 빛 투과성의 차이는 해결되지 못하였다. 따라서 내부 금속을 없애고 도재의 물성을 좀더 강화하여 도재만으로 수복물을 제작하는 전부도재관에 대한 관심이 증가하였다.<sup>27)</sup>

1923년, Wain<sup>28)</sup>은 유리를 주조하였으나 강도가 약하여 치관수복 재료로서는 부적절하였으나, Stookey<sup>29)</sup>는 유리성분에 nucleating 성분을 첨가하고 열 처리를 하여 보다 향상된 재료를 만들어 냈다. 이러한 기초 위에 McLean과 Sced<sup>30)</sup>는 알루미늄 도재를 주석산화물이 도금된 백금박에 융합시켜 백금박 결합 도재관을 개발하였다. Adair<sup>8)</sup>는 투명하며 기계적으로 가공성이 있는 유리 도재를 우수한 수복재료로 사용할 수 있다고 제안 하였고, 전부 도재관인 Dicor를 소개하였다. 그 뒤 Sadoun<sup>31)</sup>은 독일의 Vita사 유리침투도재계인 In-ceram을 상품화 했고 Sozio와 Riley<sup>9)</sup>는 Cerestore관을 개발 하였다.

1986년 Wohlwend<sup>32)</sup>에 의해 독특한 아이디어의 전부도재관이 고안되었는데 이 IPS Empress 도재관은 부가적인 수축을 최소화하기 위하여 미리 부분적으로 결정화된 도재를 사용하기 때문에 자연치와 유사한 투명도와 변연적합성이 우수한 새로운 전부도재관 제작 술식이다.<sup>25)</sup>

알루미나 강화 도재관이나 Hi-ceram 등은 고강도 알루미나를 유리속에 분산 시켜 도재를 강화시키고 Dicor ceramic은 유리를 주조한 후에 열처리 과정을

통한 결정화로 도재를 강화시키고 In-ceram은 저융점의 유리를 높은 온도에서 소결된 알루미늄이나 코아에 침적시켜 도재를 강화한다.<sup>10,33,12)</sup>

본 연구에서 사용한 IPS Empress는 도재를 강화시킬 목적으로 백류석이 사용되는데, Dong 등<sup>34)</sup>은 IPS Empress 도재는 가열 및 가압 과정에서 굽힘 강도가 증가되고 staining 과정과 glazing 과정에서도 도재의 강도가 추가로 증가된다고 보고하였다. 위의 과정에서 얻어지는 부가적인 강도의 증가는 glass와 crystal의 서로 다른 열팽창 계수에 기인하는 것으로 보여진다.<sup>35)</sup>

취성이 큰 도재에 의한 구치부 수복물과 bridge의 제작 시 임상적 성공여부에는 어떠한 요인이 결정적으로 작용하는지 확실하게 단정지을 수 없지만, 중요한 성질 중 하나로 강도를 꼽을 수 있다. 구강내 수복물은 대개 압축, 인장, 전단응력의 복합된 응력 상태 하에 놓이게 되며 한가지 응력만을 받는 상태는 찾아보기 어렵다. 도재의 강도는 측정하는 방법은 여러 가지가 있으나 표준화된 것은 없다. 편의상 취성 재료의 압축 강도를 측정하기도 하지만, 도재는 소성과 준비과정에서 다양한 결함을 포함하므로 굽힘시험에 의한 강도 측정이 널리 적용되고 있다.<sup>36)</sup>

치과용 도재의 강도는 diametral tensile test<sup>37,38)</sup>, uni-axial flexure test<sup>39,40)</sup> (3점 또는 4점 굽힘시험)와 bi-axial flexure test<sup>41)</sup>에 의한 측정이 이루어져 왔다. diametral tensile test는 간단한 방법이기에는 하나 시편에 복합 응력 분포를 형성하게 되어 여러 가지 파절의 형태를 초래하고, 만약 파절 전에 시편이 심하게 변형되면 실험자료의 유효성을 잃게 된다.<sup>42)</sup>

굽힘시험의 주된 장점은 순수한 인장응력을 시편의 한쪽면에서 얻을 수 있다는 점이며<sup>41)</sup>, 3점 또는 4점 굽힘시험이 취성재료<sup>43)</sup>와 금속과 도재로 형성된 구조물<sup>40)</sup>에 시행되어져 왔다. 이러한 uni-axial flexure test들에 있어서 시편 하면에 작용되는 주된 응력은 인장응력이며 이 응력이 대개 취성재료의 균열 전파의 개시에 관여한다. 그러나 이러한 실험 방법은 파절강도 값의 편차를 증가시키는 바람직하지 못한 선단의 파절을 보이는 단점을 지니고 있고, 비교적 큰 시편과 관련된 공학재료를 위해 설계되었기 때문에 통계적 평가를 위한 많은 수의 큰 시편을 치과재료로 만들기에는 어려운 점이 많으며, 큰 시편에서 나타나는 열팽창계수와 결함의 특성이 작은 크

기의 임상적 치과재료에 동일하게 반영이 되지 않는다는 문제점을 보이게 된다.<sup>42)</sup>

최근에는 bi-axial flexure test가 취성재료의 파괴 특성을 결정하기 위해 자주 적용되는데, 이는 중앙 하중부에 최대의 인장응력이 발생되어 부적절한 선단의 파절이 감소되기 때문에 취성재료의 굽힘강도를 측정함에 있어서 uni-axial flexure test보다 신빙성이 있는 실험 방법으로 생각되고 있으며, 또한 약간 굽은 시편과 시편 선단의 조건에 거의 영향을 받지 않는 결과를 보였다.<sup>44)</sup>

Ban과 Anusavice<sup>42)</sup>는 작고 약간 굽은 시편에 영향이 적은 piston-on-three ball 법을 사용하여 인산아연시멘트, 도재, 레진간의 굽힘강도를 측정하여 시편의 두께 및 지름의 차이가 결과에 크게 영향을 미치지 않음을 보고하였다.

세라믹스와 같은 취성재료가 높은 응력 또는 복잡한 응력분포를 나타내는 경우 결함과 응력분포를 고려하는 통계적 평가가 필요하며, 일반적으로 가장 큰 결함부에서 파괴가 일어난다고 가정하는 취약연쇄이론(weakest link theory)을 적용한 Weibull 분포가 재료의 파괴확률을 평가하기 위해 이용된다.<sup>45)</sup> 이 방법은 2개의 매개변수, 즉 재료의 결함분포에 따른 균질성을 나타내는 Weibull-modulus( $m$ , shape parameter)와 characteristic strength( $\sigma_0$  scale parameter)에 의해 재료의 파괴확률이 가시적으로 표시되므로, 재료의 파괴특성을 고려한 수복물의 설계에 적용될 수 있다.

도재는 응력집중에 매우 민감하여 표본의 준비, 기구의 디자인에 따라 결과가 다르고 그 결과 좀 더 복잡한 시편 시험이나 도재관의 구강내 장착후의 예후를 예상해 주지는 못한다. 치관이 구강내에 접촉되면 재료의 고유한 성질 외에 다른 요소도 매우 중요하다. 전부도재관의 파절저항은 재료의 강도 외에도 치아의 적절한 지지, 교합력, 기공사의 숙련도 등에 의해 영향을 받는다.<sup>46,47)</sup> 전부도재관의 파절은 이상과 같은 조절하기 어려운 요소들에 의해 영향을 받으므로 대부분의 전부도재관의 파절강도에 대한 연구결과는 절대적인 수치보다는 상대적인 수치에 더 의미를 두고 있다.<sup>48)</sup>

도재관 파절의 구조적 원인은 도재관에 생긴 기공에 의한 것으로 밝혀졌는데, 도재관에 생긴 기공과 도재관 파절의 관계에 대해 선학들의 기술이 있다.<sup>49,50)</sup>

도재관 파절의 원인에 대하여 Kelly 등<sup>51)</sup>은 내면의 특정 부위에 인장응력이 과도하게 집중되거나 제작 과정의 오류로 인하여 도재관 내면에 결함부위가 발생되어 일어나는 것으로 분석하였으며, Anusavice<sup>52)</sup>도 도재관의 기공이 있는 곳이나 결합 부위에 응력이 집중된다고 하였다. 따라서 성공적인 도재관의 제작을 위해서는 응력의 집중을 줄이고 결함이 없도록 해야하겠지만 올바른 치아 형성과 강도가 높은 도재의 선택 그리고 적절한 합착재의 선택과 사용도 중요하다.

임상적으로 도재관의 파절강도는 삭제된 치아의 외형, 삭제량, 도재관의 재료, 치아와 수복물간의 접착방법 및 도재관에 전달되는 힘의 상태에 따라 영향을 받는다. Saklad<sup>53)</sup>은 전부 도재관에서 발생하는 파절유형을 원인에 따라 분류하였고, 이를 방지하기 위해 지대치 형성 시 적절한 치관 길이, 회전력에 대한 충분한 삭제량을 확보해야 한다고 하였다. Pettrow<sup>54)</sup>은 전부도재관의 강도에 대해 지대치 형태가 미치는 영향을 기본적으로 기계적인 것으로 보았는데 지대치는 일반적으로 경사진 벽을 가지는 썬기 형태이므로 교합력 작용시 도재가 쪼개지려는 힘을 받게되고 솔더가 이러한 썬기효과를 중단시키는 역할을 한다고 주장하였다.<sup>54)</sup>

치아 형성 방법이 도재관의 강도에 영향을 주는 요소로는 교합면과 측면의 삭제량, 측면 경사도, 그리고 변연의 형태 등을 들 수 있겠다. 전부도재관을 위한 치아 형성법은 각 제품에 따라 차이가 있으나 일반적으로 측면 경사도는 6°에서 8°, 변연 형태는 shoulder나 rounded shoulder를 추천하고 있으며 교합면의 삭제량에 있어서는 Cerapearl crown (Kyocera, San Diego, USA)은 2.0mm, Dicor crown과 Cerstore crown (Johnson & Johnson Dental Products, East Windsor, USA)은 1.5mm에서 2.0mm를 추천하고 있으며 IPS Empress는 교합면 삭제량 1.5mm, 측면 경사각은 10°, 변연은 1.0mm 폭의 rounded shoulder를 추천하고 있다.<sup>13,9)</sup> Doyle 등<sup>55)</sup>의 Dicor 도재관을 이용한 파절강도 측정실험에서 치수조직에 손상을 가하지 않으며 범랑질과 상아질의 두께를 충분히 고려한 치아삭제 방법은 10°의 측면 경사각을 갖고 변연형태를 shoulder로 형성되는것이 적절한 것으로 보고하였다.<sup>55,56)</sup>

본 연구에서는 상악 제1대구치에서 교합면 삭제량

을 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm 그리고 측면 경사도는 각 4°, 8°, 12° 등 모두 9개의 실험군을 설정하고 IPS Empress 도재관을 제작하여 비교하므로써 IPS Empress 도재관 제작에 있어서 가장 적합한 치아 형성법을 알아보려고 하였다.

김 등<sup>20)</sup>은 IPS Empress system을 이용한 도재관의 변연 형태에 따른 파절 강도를 연구하고 rounded shoulder가 484N으로 가장 높게 나타났고, bevel이 357N, rounded shoulder With bevel이 341N, shoulder With bevel이 300N, shoulder가 280N, 그리고 bevel With groove가 275N으로 가장 낮게 나타났음을 보고하였다. 상악 제1소구치에서 교합면 두께와 측면경사도에 따른 IPS Empress 도재관의 파절강도에 대한 연구에서 동 등<sup>21)</sup>은 교합면 2.5mm, 측면 경사도 12°인 경우가 630N으로 가장 높게 나타났고 교합면 두께 1.5mm, 측면 경사도 4°인 경우가 378N으로 가장 낮게 나타났음을 보고하면서 교합면 두께와 측면 경사도의 증가에 따라 도재관의 강도가 높아진다는 것을 보여주었다.

본 연구의 결과에서는 교합면 두께 2.5mm, 측면 경사도 8°인 경우가 1393N으로 가장 높게 나타났고 교합면 두께 1.5mm, 측면 경사도 4°인 경우가 1015N으로 가장 낮게 나타나 동 등<sup>21)</sup>의 실험결과에서 상악 제1소구치에서의 파절강도 크기와 비교시 월등하게 높게 나타나는 차이는 전부 도재관에 대한 치아의 적절한 지지가 파절강도에 큰 영향을 준다는 것을 보여주었다. 따라서 성공적인 도재관 제작을 위해서는 해당치아의 대합치아의 교합력을 낮추고 도재관에 대한 치아의 적절한 지지형태를 부여하며 사용될 도재의 강도, 치수크기 등을 고려한 치아형성이 중요하다고 하겠다.

본 연구의 결과가 교합면 삭제량과 측면 경사도가 증가하여도 파절강도가 별 영향이 없다는 것을 보여주었는데 이는 Anusavice와 Hojjatie<sup>52)</sup> 그리고 고 등<sup>78)</sup>의 연구와 일치하고 Pettrow<sup>54)</sup>의 연구나 Derand<sup>57)</sup>가 연구와는 상반된 결과를 보인다. 이는 고 등이 주장했듯이 도재관과 지대치의 계면조건이 다르기 때문이라고 생각된다. 즉 본 연구를 포함한 전자의 연구들은 도재관과 시멘트, 시멘트와 지대치가 완전한 결합상태에서 실험한 반면 후자의 연구들은 도재관과 지대치를 접착하지 않은 상태에서 이루어진 것이다.

본 연구의 결과나 Anusavice와 Hojjatie<sup>52)</sup> 그리고 고 등<sup>53)</sup>의 연구결과를 볼 때 IPS Empress 도재관의 파절강도를 높이는 방법으로 치아삭제를 증가시켜 도재의 두께를 증가시키는 것 보다 강력한 접착력을 가지고 있는 resin 계통의 시멘트의 정확한 사용과 치아지지를 고려한 치아형성이 중요하리라 사료된다.

일반적으로 치아의 최대 교합력은 각 치아의 위치에 따라 다르게 나타나는데 대구치에서는 565N, 소구치에서는 288N, 견치에서는 208N, 전치에서는 155N으로 나타난다.<sup>73)</sup> 본 연구 대상인 상악 제1대구치의 경우에는 모든 실험군에서 1015N 이상의 파절 하중을 나타내어 모든 경우에서 파절의 위험성 없이 사용이 가능하다고 할 수 있겠다. 그러나 치수에 대한 위해성과 유지력의 면을 고려하고 치질 삭제가 적고 충분한 유지력을 얻을 수 있는 치아 형성법을 택해 치아 및 보철물의 수명을 연장해야 할 것이다. 이러한 관점에서 볼 때 상악 제1대구치의 치아형성에 있어서 교합면 두께는 1.5mm, 측면 경사도는 4°일 경우에도 파절의 위험은 없다고 사료된다.

전부도재관의 파절강도와 접착용 시멘트와의 관계에 대해서 McInnes-Ledoux<sup>59)</sup>는 Dicor와 식각된 상아질 사이의 결합강도는 레진시멘트가 글래스아이오노머 시멘트보다 약 2배정도 더 크게 나타난다고 하였다. Doering 등<sup>60)</sup>은 이러한 현상이 강력한 dentin bonding agent와 복합 레진시멘트가 교합하중으로 인한 응력을 전부도재관내에 축적되게 하지 않고, 그 대신 전부도재관과 접촉하는 치아면으로 잘 분산시키기 때문이라고 하였다.

Hsu 등<sup>61)</sup>은 레진과 장식 도재 사이의 전단결합 강도는 도재 내면을 불산으로 부식시킨 후 silane 처치를 한 것이 불산부식 후 silane 처치를 하지 않은 것에 비해 약 3.5배 이상 증가하였고, 불산부식과 silane처치를 모두 하지 않은 것에 비해 6배 이상 증가한다고 하였다.

백 등<sup>62)</sup>은 상악중절치에 있어 수종 전부도재관의 파절강도에 관한 비교에서 글래스아이노머 시멘트로 접착한 경우 Empress는 26.92kg, In-Ceram은 51.58kg으로 큰 차이가 있었으나 레진시멘트로 접착한 경우 Empress는 50.42kg, In-Ceram은 52.58kg으로 큰 차이가 없음을 보여주었다. 1992년, Probst<sup>63)</sup> 역시 In-Ceram과 IPS Empress를 치관의 형태로 제

작하여 합착 후 압축강도를 측정하여, In-Ceram이 964.3N, 그리고 IPS Empress가 814.1N으로 둘간의 통계학적 유의성은 없었으며, 단순시편의 형태로 측정된 수치와는 달리 이 둘은 임상에서 비슷한 압축강도를 발휘할 수 있음을 암시했다.<sup>63)</sup> 이는 일반적인 장식도재용 도재의 산부식은 In-Ceram 도재관에서는 일반적인 도재에 비해 미세한 기공을 가진 표면을 얻지 못하므로 부적합한 것으로 알려져 있으며 In-Ceram 도재관은 유리기질내의 규소함량이 낮아서 silane 적용으로 레진과 도재관의 접착강도를 증가시키지 못하기 때문이다.<sup>52)</sup>

Grossman과 Nelson<sup>64)</sup>은 도재관과 치아의 접착시 팽창이나 자가중합형 레진 시멘트를 이용하여 도재관 내면을 산부식 시키고 silane 처리를 시행하면 좀 더 높은 강도를 얻을 수 있다고 하였다. 이러한 접착 방법이 강도를 증가시키는 원인은 산부식과정에서 도재 내면에 생긴 결합부위의 굴곡을 넓게하여 응력의 분산을 도모하고 silane bonding agent와 레진 시멘트가 결합부위를 감싸는 피막을 형성하여 응력을 줄이고 저작 시 내면의 결합부위를 따라 일어나는 도재관의 변형을 감소시키기 때문이다.<sup>52)</sup> 본 연구에서는 이와 같은 점을 감안하여 도재관 내면을 산부식시키고 silane 처리후 합착재로서 복합 레진시멘트(Bistite resin cement, Tokuyama Soda Co. LTD., Japan)를 사용하였다.

본 연구에서는 도재관의 기능 교두인 설측 교두의 협측 경사면 중앙부위에 하중이 가해지도록 하였는데 이러한 실험 설계는 저작 시 기능 교두의 내측 사면에 주 하중이 가해지는 것을 염두에 둔 것이다. 이와 같은 실험조건에서 도재관의 파절양상은 하중이 가해진 설측 교두의 협측 경사면 중앙부위 직하방으로 수직적인 파절선이 나타났다. 이러한 파절 양상은 하중이 가해진 부위에 압축 응력이 형성됨에 따라 하방의 금속 다이를 지점으로 하여 교합면의 중심과 하중점 사이에 인장 응력이 형성되어 파절에 이르는 것으로 사료된다.

본 연구는 금속 시편을 이용하여 전부도재관의 파절강도를 알아보았으나 이는 생체내 연구를 통해 지지되고 있는 수치가 아니고 치질은 금속과 탄성계수가 다르므로 실제 자연치아에서는 다른 결과가 나올 수 있겠으나 본 연구의 결과가 IPS Empress 도재관의 지대치 형성 등의 임상 활용에 도움을 줄 수 있을



것으로 생각한다.

본 연구는 상악 제1대구치를 대상으로 치아 형성 방법이 IPS Empress 도재관의 파절강도에 미치는 영향을 알아보았으나 치아에 따라 형성방법이 다르고 교합력도 차이가 나므로 향후 대구치 뿐만 아니라 다른 부위의 치아를 대상으로 시멘트 종류와 계면조건, 하중조건 등을 달리한 파절강도에 대하여 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 상악 제1대구치에서 교합면 형성방법이 도재관의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 IPS Empress system을 이용하여 교합면 삭제량과 측면 경사도를 달리한 도재관을 제작하고 파절강도를 측정하였다. 교합면의 두께는 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm, 그리고 측면 경사도는 각각 4°, 8°, 12° 등 모두 9개의 실험군을 설정 하였다. 금속 다이를 제작하고 IPS Empress 도재관을 제작한 후 레진 시멘트를 이용하여 합착하고 만능시험기 상에서 치아장축이 30°경사지게 하여 도재관의 기능 교두인 설측 교두의 협측 경사면 중앙 부위에 하중을 가해 파절강도를 측정 한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. IPS Empress 도재관의 파절강도는 교합면 두께 2.5mm, 측면 경사도 8°인 경우가 1393N으로 가장 높게 나타났으며, 교합면 두께 1.5mm, 측면 경사도 4°경우가 1015N으로 가장 낮게 나타났다.
2. 교합면 두께와 측면 경사도 모두 파절 강도에 유의하게 영향을 주지 않는 것으로 나타났고, 두 인자의 상호작용 또한 유의성이 없는 것으로 나타났다(P>0.05).
3. 도재관의 파절 양상은 교합면 두께와 경사도와 관계없이 하중이 가해진 설측 교두의 협측 경사면 중앙부위에서 치아장축으로 수직적인 파절상을 보였다.
4. 파절면적이 클수록 파절강도가 크게 나타났다.

## REFERENCES

1. 조병훈, 엄정문 : CAD/CAM을 이용한 심미적 도재수복, 대한치과의사협회지, 1997;35:

727-729.

2. 우이형 : 심미적 수복에 관한 최신지견, 대한치과의사협회지, 1995;33:871-878.
3. Southan DE, Jorgensen KD : Faulty porcelain jacket crowns, Aust Dent J, 1973;18:152-156.
4. Southan DE, Jorgensen KD : Faulty porcelain jacket crowns, Aust Dent J, 1972;17:436-440.
5. Oh SC, Dong JK : A study on the flexural strength of heat-pressed ceramics according to sprue designs, J Korean Acad Prosthodont, 1997;35:130-140.
6. Land CH : A new system of restoring badly decayed teeth by means of an enamelled metallic coating. Independent Practitioner, 1886;7:407.
7. McLean JW, Hughes H : The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. Br Dent J, 1965;19:251-67.
8. Adair PJ, Grossman DG. The castable ceramic crown. Int J Periodont Rest Dent, 1984;4:32-46.
9. Sozio RB, Riley EJ. The shrink-free ceramic crown. J Prosthet Dent, 1983;49:182-7.
10. Claus H : Das Hi-Ceram-Verfahren-metall-frere Kronen auf einem Keramikgerust. Dent Labor., 1987;35:479.
11. Optec HSP laboratory technique manual. Jeneric/Pentro Inc., Walling-ford, Conn, January, 1988.
12. Schwickerrath H : Die In-Ceram Aluminiumoxid-Keramiken Innovativer dentalkelaischer Werkstoff. Dent Labor., 1989;37:1597.
13. Beham G. : IPS-Empress : A New Ceramic Technology. Ivoclar-Viva dent Report, 1990;6:1-13.
14. Prote L. Survival rate of In-Ceram Restorations. Int J Prosthodont, 1993; 6:259-63.
15. Probster L. Four years clinical study of

- glass-in-filtrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil*, 1996;23:147-51.
16. Studer S, Lehner C, Scharer P. Glass ceramic inlays and onlays made by IPS Empress : First clinical results. *J Dent Res*, 1992;71:658.
  17. Oh SC, Choi DG, Woo YH, Choi BB : A study on the flexure strength and microstructure of IPS Empress ceramics according to the sprue types. *Kyunghee Dent J*, 1997;19:391-418.
  18. Mutobe Y, Maruyama T, Kataoka S. In harmony with nature : Esthetic restoration of a nonvital tooth with IPS Empress all-ceramic material. *QDT*, 1997:83-85.
  19. Fiedlander LD, Munoz CA, Goodacre CJ, Doyle MG, Moor BK : The effect fo tooth preparation design on breaking strength of Dicor crowns : Part 1. *Int J Prosthodont*. 1990;3:159-68.
  20. 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.
  21. Dong JK, Oh SC, Kim SD: Fracture strength of the IPS Empress crown: The effect Of occlusal depth and axial inclination on upper first premolar crowns. *J Korean Acad Prosthodont*, 1999;37:127-133
  22. Southan DE, Jorgensen KD : An explanation for the occurrence of internal faults in porcelain jacket crowns. *Aust. Dent. J.*, 1973;18:152-156.
  23. Southan DE, Jorgensen KD : Faulty porcelain Jacket crowns, *Aust. Dent. J.*, 1972;17:436-440.
  24. Brecker SC. Porcelain baked to gold : A new medium in prosthodontics, *J. Prosthet. Dent.*, 1956;6:801.
  25. Ju TH, Oh SC, Dong JK: A study on the fitness of the IPS Empress ceramic crown according to margin type, *J Korean Acad Prosthodont*, 1998;36:846-856
  26. Goodacre CT, Van Roekel NB, Dykema RW, Ullman. RB. The collarless metal-ceramic crown. *J Prosthet Dent.*, 1977;38:615-22.
  27. Prince J, Donovan TE, Presswood RG. The all-porcelain labial marg-in for ceramo-metal restorations : a new concept. *J Prosthet Dent*, 1983;50:793-6.
  28. Wain D. Porcelain casting. *Br Dent J*, 1923;44:64.
  29. Stookey. Corning Develops New Ceramic Material. *Am Ceram Soc Bull*, 1957;36:279.
  30. McLean JW, Sced IR. The bonded alumina crown I : the bonding of platinum to aluminous dental porcelain using tin oxide coatings. *Aust Dent J*, 1976;21:119-27.
  31. Sadoun M : All ceramic bridges with the slip casting technique. presented at the 7th International Symposium on Ceramics, Paris, September, 1988.
  32. Wohlwend A, Scharer P. The Empress technique : a new technique for the fabrication of full ceramic crowns, inlays, and veneers. (In-German). *Quintessenz Zahntech*, 1990;16:966-978.
  33. Optec HSP laboratory technique manual. Jeneric/Pentro Inc, Walling-ford, Conn, January, 1988.
  34. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics : Technology and strength. *Int J Prosthodont*, 1992;5:9-16.
  35. Machert JR Jr, Russel C : Leucite crystallization of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont*, 1996;9:261-265.
  36. Yu HW, Song CY, Bae TS, Song KY, Park CW: A comparative study on the flexure strength of the ceramics for all-ceramic crowns, *J Korean Acad Prosthodont*, 1994;32:195-211.

37. Earnshaw R, Smith DC : The Tensile and Compressive Strength of Plster and Stone. *Aust. Dent. J.*, 1996;11:415-422.
38. Powers JM, Farah JW, Craig RG : Modulus of elasticity and strength properties of dental ceramics. *J. Am. Dent. Assoc.*,1976; 92:588-591.
39. Bryant RW, Mahler DB : Modulus of elasticity in bending of composites and amalgams. *J. Prosthet. Dent.* 1986;56:243-248.
40. Coffey JP, Anusavice KJ, Dehoff PH, Lee RB, Hojjate B : Influence of contraction mismatch and cooling rate on flexural failure of PFM systems. *J. Dent. Res.*, 1988;6:61-65.
41. Berenbaum R, Brodie I : Measurement of the tensile strength of brittle materials. *Br. J. Appl. Physics*, 1959;10:281-287.
42. Ban S, Anusavice KJ : Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. *J. Dent. Res.*, 1990;69:1791-1799.
43. Borom MP, Turkalo AM : Strength and microstructure in lithium disilicate glass-ceramic. *J. Am. Ceram. Soc.*, 1975;58:385, 84:4:32.
44. Wachtman JB, Jr, Capps W, Mandel J : Biaxial flexure tests of ceramic substrates. *J. Mater.*, 1972;7:188-194.
45. Ritter JE : Fracture : Reliability Criteria for Brittle Materials. III : Encyclopedia of Materials Science and Engineering. M.B.Bever, Ed., Oxfor ; Pergamon Press, 1986:1852-1858.
46. Kelly JR. Perspective on strength. *Dent Mater.* 1995;11:103-110.
47. Nuttal EB. Factors influencing success of porcelain jacket restoration. *J Prosthet Dent.* 1961;11:743.
48. Hwang JW, Yang JH, Lee SH, Chung HY: A study on fracture strength of conventional and copy-milled In-Ceram crowns, *J Korean Acad Prosthodont*, 1997;35:417-430.
49. Kingery WD, Bowen JH, Uhlmann DR : Introduction to ceramics. 2nd edition. New York. John Wiley & Sons,1976:809.
50. McLean JW : The science and art of dental ceramics. vol I. Chicago. Quintessence. 1979:40.
51. Kelly JR, Giordana R, Prober R, Gima MJ : Fracture surface analysis of dental ceramics : Clinically failed restorations. *Int J Prosthodont.* 1990;3:430-40.
52. Anusavice KJ, Hojjatie B : Tensile stress in glass-ceramic crowns : Effect of flaws and cement voids. *Int J Prosthodont.* 1992;5: 351-8.
53. Saklad MJ : The disclosure of cleavage and fracture lines in porcelain restorations. *Rav Dent Liban*, 1965;15:45-51.
54. Pettrow JN : Practical factors in building and firing characteristics of dental porcelain. *J. Prosthet. Dent.*, 1961;11:334.
55. Doyle MG, Goodacre CJ, Andres CJ : The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crown : Part 3. *Int J Prosthodont* 1990;3:327-40.
56. EI-Hadary M, EI-Massaryk H, Schehata FI, EI-Sharkary M : Thickness of enamel & dentin in different locations of crown portion and their relation to conservative treatment. *Egypt Dent J* 1975;21:29.
57. Derand T : Effect of variation in the shape of the core on stresses in a loaded model of a porcelain crown. *Odontol. Rev.*, 1974;25:11-26.
58. 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:

- 35:742-761.
59. McInnes-Ledoux PM, Ledoux WR, Weinberg R, Pappold A : Luting castable ceramic restorations-a bond strength study [Abstract] *J. Dent. Res.*, 1987;66:245.
60. Doering J, Jensen ME, Sheth J, Tolliver D, Chan D : Fracture resistance of resin-bonded etched-porcelain full veneer crowns [Abstract]. *J. Dent. Res.*, 1987;66:207.
61. Hsu CS, Stangel I, Nathanson D : Shear bond strength of resin to etched porcelain [Abstract]. *J. Dent. Res.*, 1985;64:296.
62. Paek SJ, Yang JH: A study on the fracture strength of all-ceramic crowns, *J Korean Acad Prosthodont*, 1995;33:611-633.
63. Probster L : Compressive strength of two modern all-ceramic crowns, 1992;5:409-414.
64. Grossman DG, Nelson JW : The bonded Dicor crown. *J Dent Res*. 1987;66:206, abstr No. 800.

---

**Reprint request to:**

**Jin-Keun Dong**, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,  
Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University,  
344-2 Shinryong-Dong, Iksan 570-749, Korea  
Dong@wonkwang.ac.kr

ABSTRACT

## FRACTURE STRENGTH OF THE IPS EMPRESS CROWN : THE EFFECT OF OCCLUSAL DEPTH AND AXIAL INCLINATION ON UPPER FIRST MOLAR

Teak-Rim Choi, D.D.S., M.S.D., Hae-Young Lee\*, D.D.S., Ph.D.,  
Dong, Jin-Keun, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Prosthodontics and Department of Dental Biomaterials\*,  
College of Dentistry, Wonkwang University.*

The purpose of this study was to compare the fracture strength of the IPS Empress ceramic crown according to the occlusal depth (1.5mm, 2.0mm, 2.5mm) and axial inclination (4°, 8°, 12°) of the upper first molar. After 10 metal dies were made for each group, the IPS Empress ceramic crowns were fabricated and were cemented with resin cement. The cemented crowns mounted on the testing jig were inclined 30 degrees and a universal testing machine was used to measure the fracture strength.

The results of this study were as follows :

1. The fracture strength of the ceramic crown with 2.5mm depth and 8° inclination was the highest (1393N). Crowns of 1.5mm depth and 4° inclination had the lowest strength (1015N).
2. There were no significant differences of the fracture strength according to occlusal depth and axial inclination.
3. Most fracture lines began at the loading area and extended through proximal surface perpendicular to the margin, irrespective of occlusal depth.
4. There was positive correlation between the fracture strength and the fracture surface area of crowns.

---

**Key words** : Axial inclination, Fracture strength, IPS Empress Crown, Occlusal depth