

## IPS Empress 2<sup>®</sup>를 이용한 전부도재관의 변연적합성과 파절강도에 관한 연구

조선대학교 치과대학 보철학교실

유지형 · 김용철 · 강동완

### I. 서 론

치과용 보철물의 심미성과 강도증진을 위해 도재 하부에 금속을 강화한 금속 도재관이 널리 이용되어 왔다<sup>1-4)</sup>. 하지만, 금속 도재관의 투명도, 빛의 투과, 산란 및 굴절 등이 자연치와 다르므로 최근에는 심미성과 강도가 개선된 코아용 도재를 이용한 전부도재관 시스템에 대한 관심이 증가되고 있다<sup>5-6)</sup>. 그러나 도재는 심미성과 생체적합성이 우수하지만 취성이 크고 쉽게 파절될 수 있는 단점을 가지고 있으며 이러한 도재의 단점을 보완하여 개발된 재료에는 In-Ceram<sup>®</sup>, OPC<sup>®</sup>, IPS Empress<sup>®</sup>, IPS Empress 2<sup>®</sup> 시스템 등이 있다.

이 중에서도 1985년 프랑스의 Sadoun<sup>7)</sup>에 의해 개발된 In-Ceram<sup>®</sup>(Vita zahnfabrik, Bad sackingen, Germany)은 유리침투 도재계로서 알루미늄으로 형성된 다공성의 코아 위에 유리를 침투시켜 결정화함으로써 강도를 증가시키는 방법을 사용하였다. 따라서 파절저항성이 높아 전치부 계속가공의치용으로 사용될 수 있다는 장점이 있는 반면, 강도 증가를 위해 보강된 알루미늄이 투명도를 떨어뜨려 심미적인 문제를 야기하고 또한 제작시간이 길다는 단점이 있다<sup>5,8,9)</sup>.

IPS Empress 2<sup>®</sup> 시스템(Ivoclar, Schaan, Liechtenstein)은 기존의 IPS Empress와는 다른 새로운 화학적 성분과 결정구조를 가지고 있다. Schweiger<sup>10)</sup>는 유리기질 내에서 일정하게 결합된 lithium disilicate 결정구조를 개발하였는데 이 결정

체들이 서로 맞물리는 구조로 배열되어있어 IPS Empress 2 시스템은 IPS Empress 보다 높은 파절강도와 굴곡강도를 지니게 되었다. 따라서 120~200MPa까지의 굴곡강도를 보인 IPS Empress에 비해 IPS Empress 2는 350~450MPa의 굴곡강도를 가지므로 전치부 계속가공의치와 구치부 단일관의 제작에 이용이 가능하게 되었다<sup>7,11)</sup>. 또한 이 system의 layering 성분은 미세한 apatite 결정체들로 구성되어 있으므로 생체친화성이 매우 높으며 자연치아와 매우 유사한 심미성을 제공하게 되었다<sup>9,10)</sup>. IPS Empress 2 도재관은 IPS Empress와 동일한 방법으로 열가압 과정을 통해 성형하는 방법으로 제작이 간편하여 현재 그 사용이 증가하는 추세이다.

그러나 이러한 재료들로 제작된 전부도재관은 자연치와 유사한 심미성, 변연적합성 및 저작에 견디는 충분한 강도가 있어야 한다<sup>12)</sup>. 수복물과 형성된 치아사이의 변연 gap은 지각과민증을 일으키거나, 치아우식증을 증가시키고 치태의 축적을 용이하게 만들며 또한 보철물의 수명을 감소시키기 때문에 수복물 변연은 정확히 재현해야 한다. 변연적합도에 영향을 미치는 요인으로는 부정확한 치아형성, 인상체 또는 주모형의 변형, 도재의 종류 및 제작방법, 변연형태 및 접착 시 사용된 접착제의 종류 등이 있다<sup>8,13,14,15)</sup>. 전부도재관의 변연적합도에 관한 연구를 보면 Pera<sup>8)</sup>은 In-Ceram의 변연형태에 따른 변연적합도에 관하여 Ferrari<sup>6)</sup>은 레진시멘트가 IPS Empress 도재관의 변연적합도에 미치는 영향에 관하여 보고하였다. Bernal<sup>16)</sup>는 Cerestore, PFM,

Dicor의 접착 전 후 변연적합도를 연구하여 접착시 사용되는 접착제, 접착술식 등이 변연적합도에 영향을 준다고 하였으며 Schneider<sup>15)</sup>와 Malament<sup>17)</sup> 등은 내화모형제와 유리도재계에서의 변연형태에 따른 변연적합성에 대하여 연구한 바 있다.

전부도재관은 우수한 변연적합도 뿐 만 아니라 기능운동시 저작에 견디는 충분한 파절강도를 지녀야 한다. 전부도재관의 강도는 주로 도재의 종류 및 도재관 제작 방법, 치아 형성방법과 치아와 도재관의 접착방법에 영향을 받는다. Neiva<sup>18)</sup>는 전부도재관의 종류에 따른 파절강도를 연구하였으며 Yoshinari 등<sup>19)</sup>은 In-Ceram 도재관의 파절강도에 관하여 보고한 바 있다. 이러한 전부도재관에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 최근 개발된 IPS Empress 2 도재관의 변연적합도와 파절강도에 대한 연구는 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 입체광학현미경과 만능역학실험기계를 이용하여 IPS Empress 2 도재관의 변연적합도와 파절강도를 측정하여 In-Ceram 도재관과 비교 연구함으로써 IPS Empress 2 도재관의 임상에서의 적용 가능성을 평가하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

In-Ceram과 IPS Empress 2 도재관을 각각 12개씩 제작하여 금속 주모형상에서 dual-cured Bistite resin cement<sup>®</sup>(Tokuyama soda Co, LTD., Tokyo, Japan)으로 접착한 후 접착 전후의 변연적합도를 입체광학현미경(Stereomicroscope SZ-ST<sup>®</sup>, Olympus, Japan)로 측정하였으며, 만능역학실험기계인 AGS-1000 D<sup>®</sup>(Shimadzu, Japan)을 사용하여 파절강도를 측정, 비교 분석하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 금속 주모형 제작

기본 모형 제작을 위해 경질 레진치(상악 좌측 제1소구치, Columbia Co. U.S.A)를 이용하여 교합면은 guiding groove를 형성한 후 사면을 따라 2.0mm의 두께가 되도록 삭제했고, 측면 경사각은 12도가

되게 하였으며 변연은 1.0mm 폭의 rounded shoulder로 형성하여 백악-법랑 경계의 1mm 상방에 위치시켰다. 형성된 레진치아를 duralay로 복제한 후 크롬-코발트 합금으로 주조하고, 연마하여 실험용 금속 주모형을 제작하였다(Fig. 1).

#### 2) 전부도재관의 제작

전부도재관 제작과정 중 생길 수 있는 오차를 재현하기 위하여 모든 임상 및 기공실 과정을 모방하였다. 즉, 부가중합형 실리콘 인상재(Exaflex<sup>®</sup> GC Co, Japan)를 사용하여 금속 주모형을 인상채득하고 2시간 후 type IV 경석고를 주입하여 총 24개의 작업모형을 제작하였고 제작된 작업모형상에서 IPS Empress 2와 In-Ceram 도재관을 각각 12개씩 총 24개의 전부도재관을 제작하였다(Fig. 2, 3).

#### • IPS Empress 2 도재관의 제작 (IPS Empress 2 staining 제작법)

도재관 제작을 위하여 금속 주모형 다이로부터 고무인상제와 내화성모형재(MG, Crystal rock<sup>®</sup>, Maruishi gypsum Co., LTD, Japan)를 이용하여 석고모형을 제작하였다. 석고 모형 상에서 왁스(Green inlay casting wax, hard-type, Kerr, U.S.A.)를 이용하여 전체적인 납형을 완성한 후 균일한 두께의 시편이 제작될 수 있도록 실리콘 putty를 이용하여 matrix를 제작하였다. 납형은 광학현미경( $\times 40$ , Olympus, Japan)하에서 다듬고 매몰링 기저부에 주

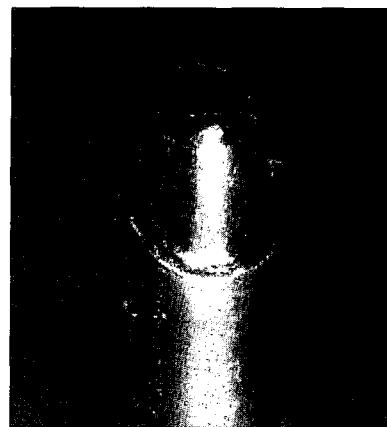


Fig. 1. Metal master die.

입선을 연결하여 고정시켰다. Empress 2 system을 위한 특수 매몰재를 이용하여 매몰한 다음 소환 프로그램에 따라 납형을 소환하고 Press furnace(IPS-Empress EP 500 press furnace, Ivoclar, Leichtenstein)에서 IPS Empress 2 제작법을 위한 프로그램을 선택하여 ingot와 가압과정이 끝난 매물체를 소환로에서 꺼내 격자 위에서 실온까지 식힌 후 80 $\mu$ m의 glass bead를 이용하여 매물체를 제거하였다. 이 때 변연부의 손상이 가지 않도록 주의하였으며, 10분간 초음파 세척을 시행하였다. 그 후 Diamond disc로 주입선을 자르고 fit checker를 이용하여 내면의 적합도를 확인하고 수정하였으며, 최종적인 도재관 외형은 저속의 다이아몬드 기구를 이용하여 조정하였다(Fig. 3-1).

• In-Ceram 도재관의 제작

In-Ceram 알루미나 코아의 제작을 위하여 고무인상재를 이용하여 금속주모형의 인상을 채득한 후 제조회사의 지시대로 In-Ceram 도재관을 위한 석고다이를 제작하였다. 제조회사의 지시대로 알루미나 분말을 혼합하여 slip을 제작하고, 붓을 사용하여 slip과 stabilizer를 석고 다이에 신속히 도포하였다. 완성된 slip 코핑을 Vita Inceramat(Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Germany) 도재로에서 소성하고, 소성이 끝난 후 다이 스페이서를 제거한 금속주모형에서 하부구조의 적합도를 검사하였다. 미세입자 다이아몬드 기구를 사용하여 교합면 쪽은 0.8mm, 측벽은 0.5mm의 두께가 되도록 조절하였다. 완성된 코핑 상에 글래스 분말과 증류수를 묻게

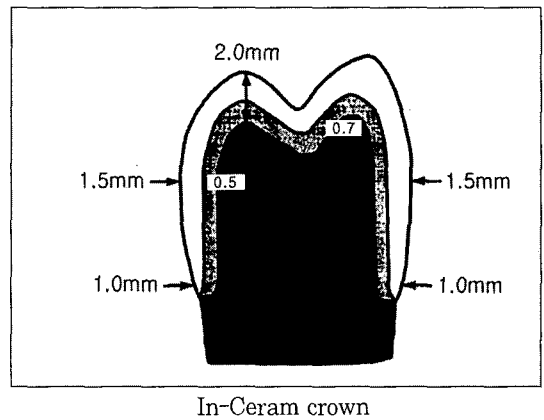
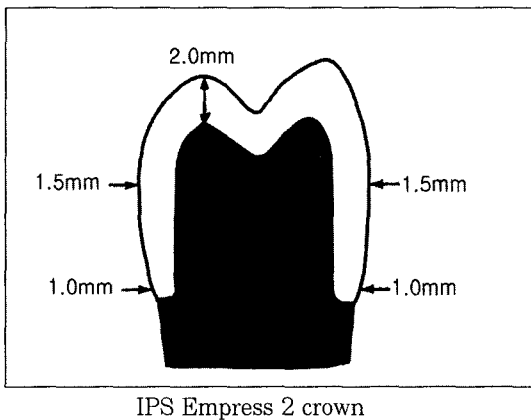


Fig. 2. Dimensions of crown form

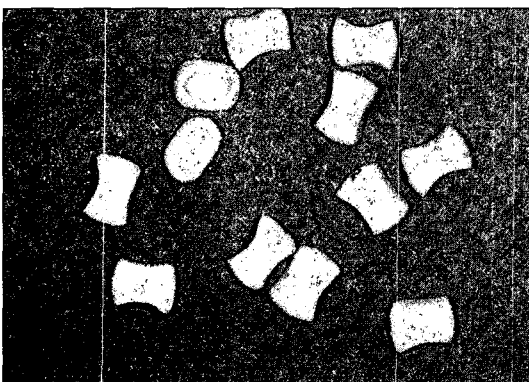


Fig. 3-1. Samples for this study (IPS Empress 2 specimens).

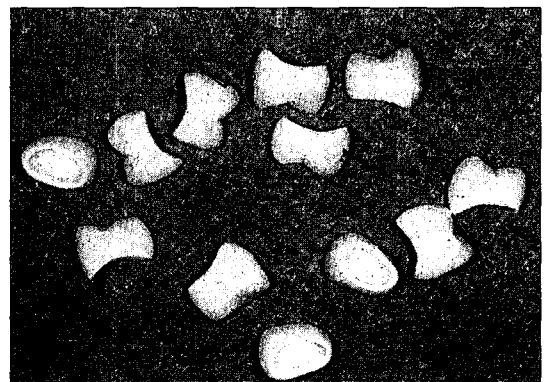


Fig. 3-2. Samples for this study (In-Ceram).

혼합하여 유리침투소성 과정을 시행하였다.

하부구조가 완성된 후 Vitadur Alpha 도재를 사용하여 최종 도재관 형태로 축성하고 도재로에서 소성하여 도재관을 완성하였다(Fig. 3-2).

### 3) 변연적합도 측정

도재관을 접착하기 전에 금속 주모형의 변연 하방을 따라 90도 간격으로 미리 표시해둔 순측, 근심측, 설측, 원심측의 4군데 기준점에서 입체 광학현미경 (Stereomicroscope SZ-ST®, Olympus, Japan)을 사용하여 70배로 확대하여 사진촬영 후 변연적합도를 측정하였다. 측정은 두 사람이 독립적으로 실시한 후 측정값이 일치할 때까지 재측정하였다.

### 4) 도재관의 접착

In-Ceram 전부도재관의 내면은 sandblaster(공기압 50kg, 50 $\mu$  Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)로 15초간 분사시키고, IPS Empress 2 도재관의 내면은 IPS Empress 부식액을 이용하여 1분간 산부식 후, 각각 초음파 세척기에서 5분간 세척하였다. 그 후 도재관은 금속모형과 Bistite II® 레진 시멘트를 사용하여 접착했다. 동일한 양의 레진시멘트 base와 catalyst를 제조회사의 지

시대로 혼합하여 도재관 내면에 얇게 도포한 후 도재관을 금속 모형에 적합시키고 3분간 일정한 지압을 가하였다. 레진시멘트의 경화를 위해 15초 동안 광중합을 시행하였고 접착이 완료된 도재관은 37°C 증류수에서 24시간 보관하였다.

### 5) 도재관 접착 후 변연적합도 측정

금속 주모형과 접착 전에 측정하였던 동일한 부위인 4군데 기준점에서 입체 광학현미경 (Stereomicroscope SZ-ST®, Olympus, Japan)을 사용하여 변연적합도를 측정하였다(Fig. 5-1, 2).

### 6) 파절강도 측정

만능역학실험기계인 AGS-1000 D®(Shimadzu, Japan)을 사용하여 파절강도를 측정하였다. 금속주모형의 교합면이 상방을 향하며 지면에 평행하도록 만능역학실험기계의 고정부분에 부착하고 하중이 가해지는 부분에는 4mm의 강화된 스테인레스 스틸을 사용하였다. 하중이 가해질 위치는 도재관의 기능교두인 설측교두의 협측경사면 중앙부위에 하중이 가해지도록 하였다. 만능시험기의 시험속도는 분당 1mm의 cross-head speed로 도재관이 파절될 때

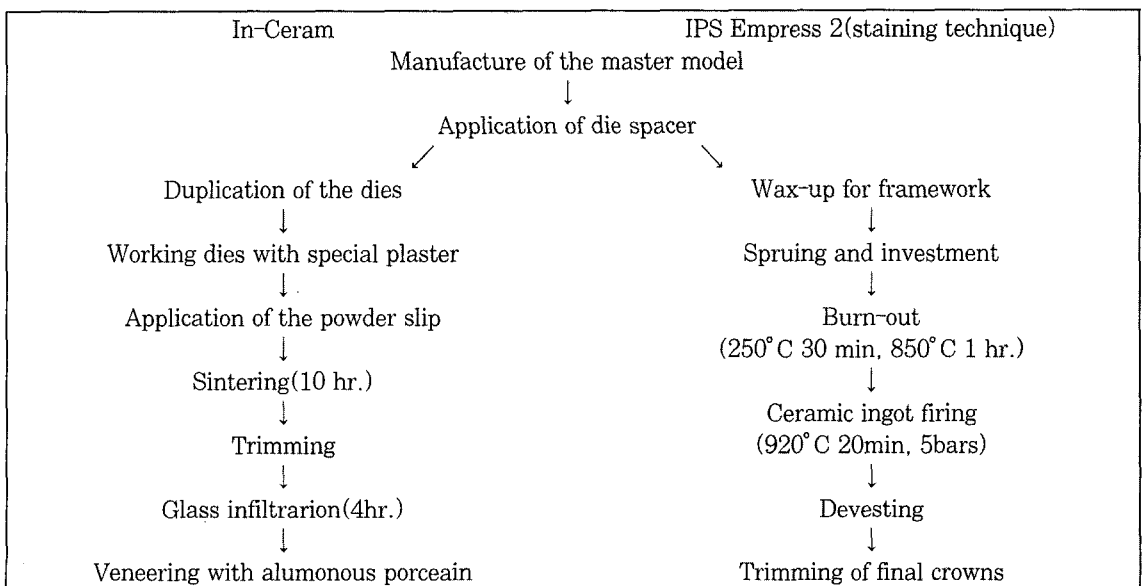


Fig. 4. Flow chart of the two fabrication technique.

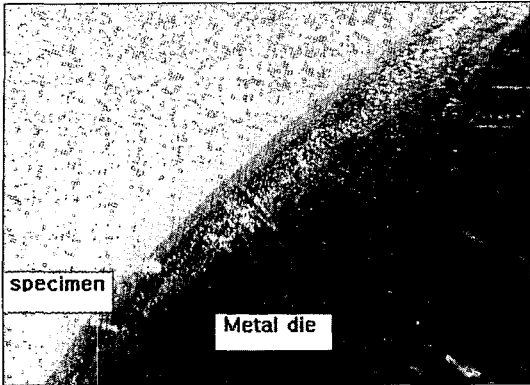


Fig. 5-1. Stereo-microscopic view of marginal gap (IPS Empress 2).

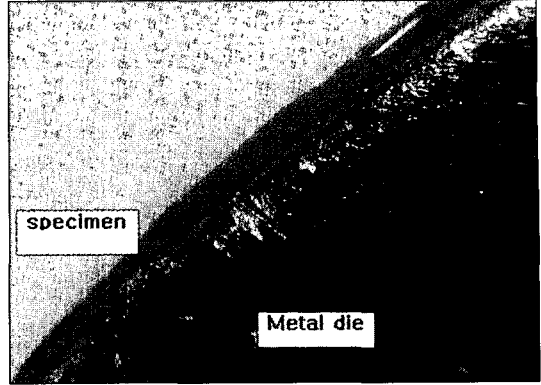


Fig. 5-2. Stereo-microscopic view of marginal gap (In-Ceram).

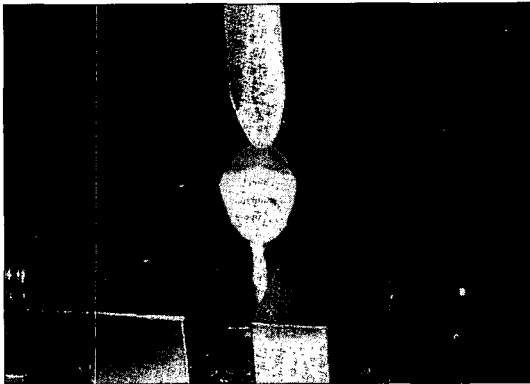


Fig. 6. Loading condition.

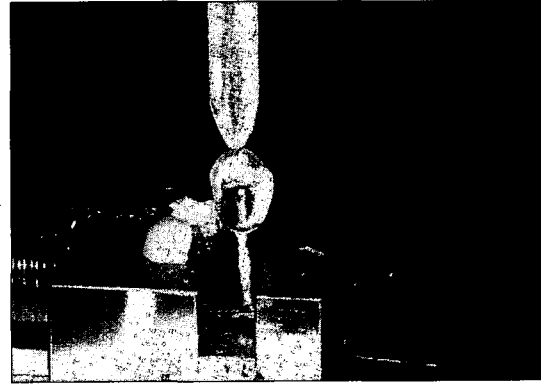


Fig. 7. Fractured specimen.

까지 하중을 가했다(Fig. 6, 7).

#### 7) 통계처리

윈도우용 SPSS® Version 8.0 컴퓨터 프로그램을 이용하여 t-test를 실시하여 실험결과를 분석하였으며, 95% 유의수준으로 검증하였다.

### Ⅲ. 연구성적

#### 1. 도재관의 종류에 따른 변연적합도 결과

시멘트 접착 전 IPS Empress 2는  $48.21 \pm 27.18 \mu\text{m}$ , In-Ceram은  $65.88 \pm 8.89 \mu\text{m}$ , 시멘트 접착 후 Empress 2는  $59.78 \pm 26.84 \mu\text{m}$ , In-Ceram은  $79.65$

$\pm 8.32 \mu\text{m}$ 의 변연 gap이 보여 Empress 2 도재관이 우수한 변연적합도를 나타내었다. 각 도재관의 시멘트 접착 전후 간에 유의차가 있었으며 ( $p < 0.05$ ), 접착 전후의 도재관 종류에 따른 변연적합도는 유의차가 없었다(Table 1).

Table 1. Mean of gap diameters between before and after cementation( $\mu\text{m}$ )

	In-Ceram	IPS Empress 2
Before		
Cementation	$65.88 \pm 8.89$	$48.21 \pm 27.18$
After		
Cementation	$79.65 \pm 8.32$	$59.78 \pm 26.84$

Table 2. Mean of gap diameters of In-Ceram specimens according to measuring points(unit :  $\mu\text{m}$ )

In-Ceram	Labial	Mesial	Lingual	Distal
Before Cementation	55.97 $\pm$ 32.25	70.30 $\pm$ 29.39	61.40 $\pm$ 40.54	75.84 $\pm$ 40.04
After Cementation	69.60 $\pm$ 39.42	82.26 $\pm$ 34.47	77.36 $\pm$ 43.60	89.39 $\pm$ 43.75

Table 3. Mean of gap diameters of IPS Empress 2 specimens according to measuring points(unit :  $\mu\text{m}$ )

PS Empress 2	Labial	Mesial	Lingual	Distal
Before Cementation	88.32 $\pm$ 36.91	36.54 $\pm$ 11.86	39.83 $\pm$ 27.56	28.16 $\pm$ 22.75
After Cementation	99.01 $\pm$ 29.36	48.12 $\pm$ 14.34	53.34 $\pm$ 32.13	38.63 $\pm$ 27.09

Table 4. Mean of fracture strength(N)

Specimen number	In-Ceram	IPS Empress 2
1	1483.7	1647.7
2	1523.9	1975.0
3	1901.2	1696.6
4	1612.1	2066.6
5	1764.0	2062.1
6	1736.5	1628.0
7	1162.2	1744.4
8	1952.1	1724.6
9	1940.4	1848.0
10	1871.8	1805.8
11	1945.3	1763.2
12	1930.6	1937.5
Mean $\pm$ SD	1735.6 $\pm$ 153	1823.9 $\pm$ 145

## 2. 도재관의 측정위치에 따른 변연적합도 결과

측정위치에 따른 변연적합도는 Table 2, 3에 나타내었으며 t-test 결과 각 측정부위에 따른 접촉 전 후의 변연적합도는 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ).

## 3. 도재관의 종류에 따른 파절강도

IPS Empress 2 도재관의 파절강도는 평균 1823.9N, In-Ceram 도재관은 평균 1735.6N으로 나타났다(Table 4). 각 군간의 파절강도의 차이를 t-test를 이용하여 분석한 결과 두 군간에 유의한 차이는 없었다.

## 4. 도재관의 파절양상

IPS Empress 2와 In-Ceram의 파절양상은 차이를 나타내지 않았으며 유사한 형태로 하중이 가해진 설측교두의 협측경사면 중앙부위 직하방으로 수직적인 파절선이 나타났고 도재관의 파절은 변연 부위까지 일어났으며 파절선을 중심으로 도재관 파절면이 금속 모형에서 분리되었다.

## IV. 총괄 및 고안

최근 새로운 도재 및 도재관 제작기술의 개발로 도재관의 물리적 성질과 심미성이 향상되고 있으며, 이는 심미성을 중요시하는 환자의 욕구와 잘 부합되어 도재관의 이용이 날로 증가하고 있다.

1965년에는 알루미늄나 코아를 적용하여 강도를 높인 도재관이 소개되어 전치부 심미수복재료로서 많이 이용되었으나 제작과정이 복잡하고 강도가 충분히 높지 않아 적용범위가 제한적이었다. 1984년 미국의 코닝사에 의해 개발된 Dicor 도재관은 납형을 매몰하고 주조과정을 거쳐 도재관을 제작하는데 이 도재관은 외형부여가 용이하고 변연적합성이 우수한 반면, 강도가 충분하지 못하여 심미성의 부여가 용이하지 않은 단점을 갖고 있다<sup>17,20,21</sup>. 1988년 내화성 매몰재 모형 상에서 도재를 직접 축조 및 소성하는 Hi-Ceram과 Optec HSP가 소개되었으며, 1989년 In-Ceram이 소개되었는데, In-Ceram은 slip-casting 방법을 이용하여 알루미늄나 코아를 제작하는 방법으로 강도가 탁월하여 전치부 고정성 보철물의 제작도 가능하게 되었다<sup>3,14,22</sup>.

1990년에 Ivoclar 회사에 의해 개발된 열가압 도재

인 IPS Empress system은 결정화된 도재를 가열 및 가압하여 수복물을 제작한다. 여기에 사용되는 ceramic ingot는 미리 결정화되어 열처리 과정에서 필수적으로 일어났던 도재 수축이 미세하고, 체적변화를 단지 생각하는 동안에 팽창률이 비슷한 매물체에 의해서 조절되기 때문에 다른 시스템에 비해 변연적합도가 우수한 것으로 알려져왔다<sup>8,11,13</sup>. 이 재료는 우수한 심미성으로 실제 임상에서 inlays, onlays, crowns, veneers에 이용하였지만, 120MPa (base materials)에서 200MPa (glazing과 staining materials) 정도의 낮은 굴곡강도로 인하여 전치부 계속가공의치로 사용할 수 없는 단점을 지니고 있다<sup>23</sup>.

이러한 재료의 취약한 성질을 보강하기 위하여 최근에는 Schweiger<sup>10</sup>와 Ivoclar사는 Lithium disilicate로 구성된 높은 강도의 IPS Empress 2 시스템을 개발하였고 이 재료의 착색처리법을 이용하여 전치부와 소구치부 계속가공의치 제작이 가능하게 되었다. IPS Empress 2는 기저구조물과 층형성 세라믹인 두 가지 성분으로 구성되어 있으며 IPS Empress 2의 기저구조물 성분인 lithium disilicate 글래스는 아주 높은 강도를 가지며 IPS Empress EP 500 press furnace의 920°C에서 점착성 있게 녹는다<sup>24,25</sup>. Luca 등<sup>9</sup>에 의하면, Empress 2의 기저구조물 성분은 유리질 내 긴밀히 결합된 lithium disilicate 결정들의 미세구조들이 서로 맞물리는 구조로 배열되어 파열 전달을 차단함으로써 파절 인성과 굴곡강도의 증가를 가져온다고 하였다.

Mito 등<sup>26</sup>의 연구에 의하면, 수종의 전부도재관 계속가공의치 파절강도 비교에서 IPS Empress 2는 In-Ceram과 비슷한 수치의 강도를 나타낸다고 주장하였다. Empress 2 층형성법에서 기저구조물 성분의 상부구조를 이루는 층형성세라믹은 fluoroapatite 결정들로 구성되며 기존의 Empress와는 다른 성질을 가진다. 이는 분말 형태로 공급되면서 800°C에서 소성되고 미세한 apatite 결정체들로 구성되며 생체 친화성이 매우 높으며 빛 투과성, 광 분산성 등의 광학적 성질을 지니고 있어, 결과적으로 IPS Empress 2 도재관을 자연치아와 유사한 심미성을 제공한다고 하였다<sup>9,10</sup>.

In-Ceram는 slip casting 방법으로 코아를 제작하고 그 상부에 치밀한 알루미늄-글래스 복합구조를 가진 In-Ceram 하부구조물이 제작된다. In-Ceram

코아의 인장강도는 다른 치과용 도재에 비해 3~4배 정도 크며, 변연적합도는 금속도재관과 거의 차이가 없다고 보고되고 있으며, Sorensen<sup>27,28</sup>은 24 $\mu$ m (SD=25.5 $\mu$ m), Rinke<sup>9</sup>는 32.5 $\mu$ m (1-153 $\mu$ m)이라고 보고하였다.

일반적으로 변연적합도란 수복물 변연과 삭제된 지대치아의 변연 간 거리인 변연 오차를 의미한다. 보철물의 이상적인 변연형태는 심미적이며 우수한 적합도와 변연부에 치태침착을 억제하는 형태이나 이런 특성을 만족시켜주는 보철물을 제작하기는 매우 어렵다. 보철물과 치아사이의 변연에는 변연형태, 가공과정의 오차, 시멘트의 피막두께와 점조도 등에 의해 필수적으로 변연오차가 발생하게 된다. Rosenstiel 등<sup>29</sup>은 시멘트 선택을 위한 고려요소를 언급한 바 있으며, 도재관의 변연형태에 대한 그 밖의 연구로는 Pera 등<sup>13</sup>이 In-Ceram의 경우 deep chamfer와 50도 shoulder가 우수하다고 하였고, Schneider 등<sup>15</sup>은 내화모형계에서 shoulder를 추천하였고, Malament 등<sup>17</sup>은 유리 도재계의 경우 1.2~1.5mm 폭을 갖는 deep chamfer와 rounded shoulder를 주장하였다. 변연형태와 파절강도에 대해서 김 등<sup>11</sup>은 IPS Empress 도재관의 파절강도가 rounded shoulder에서 484N으로 가장 높게 나타남을 보고하였다<sup>1,2,18,30</sup>.

본 실험에서는 채색법으로 제작된 IPS Empress 2와 통상적인 In-Ceram 도재관 시편을 Bistite II® 레진시멘트(Tokuyama, Japan)로 금속 다이 상에 접착 전후 변연적합도 값을 측정하였다. 이 실험에 사용된 시멘트는 dual cure type으로 무기 filler를 77%나 함유하고 있으므로 기계적 강도가 우수하고 매우 얇은 피막두께를 지니며, 높은 접착력과 용이한 조작성을 갖춘 시멘트라고 보고된 바 있다.

본 실험 결과 각 도재관 시편의 변연적합도 비교시 시멘트 접착 전 IPS Empress 2는 48.21 $\pm$ 27.18 $\mu$ m, In-Ceram은 65.88 $\pm$ 8.89 $\mu$ m, 시멘트 접착 후 Empress 2는 59.78 $\pm$ 26.84 $\mu$ m, In-Ceram은 79.65 $\pm$ 8.32 $\mu$ m의 변연 gap을 보여 Empress 2 도재관이 In-Ceram에 비해 낮은 변연오차를 나타내었다. 각 도재관의 시멘트 접착 전후 간에 유의차가 있었으나 (p<0.05), 도재관 종류에 따른 변연적합도는 유의차가 없었다.

수복물의 변연적합도는 접착 시의 압력, 시멘트의

종류, 치아와 도재의 생리 화학적 반응, 시멘트의 점조도, 습도, 온도, 상아질 접착제의 종류에 따라 달라지며 금속도재관과 전부도재관의 접착 시 가하는 압력이 다르다. 금속도재관은 동적 압력으로 접착되어지는 반면, 전부도재관은 접착 시 파절을 방지하기 위하여 단지 일정한 손가락 힘으로만 눌러주어야 한다. 따라서 본 실험에서는 임상적 상황을 재현하기 위하여 동일한 변연 형태에서 시멘트 접착 전과 3분간의 지압으로 접착 후의 변연적합도를 측정하였고, 그 차이는 유의성있게 나타났다. 이 실험 결과로 시멘트가 변연적합도에 영향을 주는 정도는 정확하게 파악할 수 없으나 시멘트 혼합시 베이스와 카탈리스트의 비율차이와 혼합시간, 접착 술식 등이 도재관의 변연적합도에 영향을 주는 것으로 생각된다

2.16.29,30)

새로운 치과용 도재의 개발에 있어서 심미성 뿐만 아니라 가장 중요한 물성은 강도이므로 심미성을 잃지 않고 충분한 강도를 가질 수 있는 도재에 대한 연구가 계속되어 왔다. 황 등<sup>9)</sup>에 따르면 응력에 대한 전장재료의 저항도는 코어의 강도와 연관되어 있다고 한다. 도재 수복물의 강도에 관한 연구는 국내외적으로 비교적 활발히 진행되고 있으며, Neiva 등<sup>8,11)</sup>은 3가지 전부도재관의 파절강도를 비교하였으며, Schweiger 등<sup>10)</sup>의 연구에서는 수종의 전부도재관의 파절강도를 비교하였는데, 그 중 In-Ceram과 채색법으로 제작된 IPS Empress 2의 강도가 비슷하였다고 보고하였으며, Mito<sup>20)</sup>는 전부도재관으로 제작된 계속가공의치에서 파절강도를 비교하여 In-Ceram (1300N), IPS Empress 2(1650N)라고 하였으나, 이

두 군 사이에 유의성은 없었다고 보고하여 IPS Empress 2 시스템은 앞으로 In-Ceram 시스템을 대체할 수 있을 것이라고 주장하였다.

Rinke 등<sup>9)</sup>에 의하면 교합면 두께 2mm의 In-Ceram 도재관의 강도는 1825.5N이라고 보고하였으며, 본 실험에서는 교합면 두께 2.0mm, 측면 경사도 12도 rounded shoulder 변연형태로 치아 삭제를 시행하여 전부도재관을 제작하여 강도를 측정한 바 In-Ceram은 1694N, IPS Empress 2는 1823N으로 IPS Empress 2 도재관이 상당히 높은 강도를 나타내었지만, 두 군간에 통계적인 유의성 차이는 없었다. 이러한 실험 결과가 Rinke<sup>9)</sup>의 연구에 비해 In-Ceram 도재관의 강도가 다소 낮게 나타난 것은 시편인 도재관의 설계와 지지모형의 탄성계수, loading stylus의 반경, 하중이 가해지는 위치 및 방향, core의 두께 차이 그리고 접착 술식 등에 기인한 결과라고 생각된다. 전부도재관의 제작을 위한 치아삭제시, 교합면 두께와 측면 경사도의 증가에 따라 강도는 증가하지만 그에 따라 치아의 삭제량이 많아지면 치수에 대한 위해성이 커지고 유지력이 저하된다<sup>31)</sup>. 따라서 성공적인 도재관 제작을 위해서 해당 치아의 대합치와의 최대 교합력, 사용될 도재의 강도, 치수의 크기 등을 고려한 치아형성이 중요하다고 하겠다.

본 실험에서 보이는 도재관의 파절양상은 대부분 하중이 가해진 곳에서 근원심쪽 인접면을 따라 순축의 치경부까지 퍼져나가 전부도재관의 순설측 도재가 분리되는 썩기모양의 파절양상을 보였으며, 구강내 만성적인 스트레스와 스트레인, 열충격, 습한 환

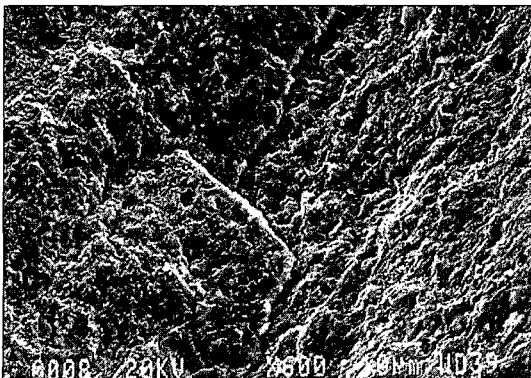


Fig. 8. SEM ×600, (IPS Empress 2 specimen).

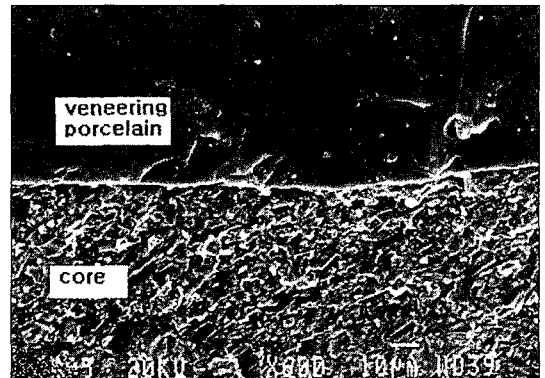


Fig. 9. SEM ×600, (In-Ceram specimen).



## V. 결 론

경에서의 와해, 도재결합의 결과로써 보이는 치은부 위 반달형 파절과 같은 양상은 없었다<sup>9)</sup>. 이와 같은 양상은 황 등<sup>9)</sup>이 보고한 파절양상과 일치하였으며, 구강내에서의 만성적인 스트레스와 스트레인으로 인한 실패를 재현하지는 못하였지만, 굽힘강도 실험 보다 임상적 관점에서 의미가 있다고 생각된다.

본 실험에서 시편의 파절면을 주사전자현미경적으로 관찰해본 결과, In-Ceram은 알루미늄이나 코아의 동일한 구조와 상부 도재 사이에서 긴밀한 접합이 보였으나, 상부 도재 내부에서 기포가 존재하였으며, 이러한 결함부위는 주로 알루미늄이나 코아와 상부 도재 사이의 계면 근처에서 발견되었다. Rinke<sup>9)</sup>의 연구에 의하면, 상부 도재의 두께, 동결합과 전부도재관의 파절강도 사이에 상관관계가 있어 도재 내부의 기포들이 초기 파절선의 성장을 촉진시키며, 이것이 취약한 파절강도를 야기한다고 보고하였다. 본 연구에서 IPS Empress 2은 lithium disilicate와 lithium orthophosphate의 결정체들이 긴밀한 미세구조를 이루고 있어 높은 강도와 인성을 나타내었다(Fig. 8, 9).

전부도재관의 성공에 대한 가장 기본적인 평가기준은 기능운동시 그 하중에 의해 파절되지 않는 충분한 파절강도를 지녀야 하는 것이다. 굽힘강도와 피로강도를 측정된 여러 연구결과 전부도재관의 기계적 강도의 요구조건은 초기강도가 전치부의 경우 400N, 구치부의 경우 600N이 필요하다고 하였다. 이 피로강도는 초기강도의 60% 가량의 크기이고, 평균적인 최대교합력의 수치가 전치부는 200N, 구치부는 300N 일 경우를 기준으로 산출한 요구량이다. 이러한 강도는 생체 내 연구를 통해 지지되고 있는 수치는 아니지만 도재관을 임상적으로 적용하기 위해 참고로 삼을 수 있다<sup>1,9,31)</sup>. 본 연구에서는 모든 실험군에서 600N 이상의 파절하중을 나타내어 전부도재관을 이용한 전 치열 단관수복 및 구치부 계속 가공의치 수복에도 좋은 결과가 예상된다.

본 실험에서의 결과로 볼 때, 채색법으로 제작된 IPS Empress 2 도재관을 임상적으로 적용할 수 있으며, 향후 층형성법을 이용한 IPS Empress 2 도재관에 대한 연구가 더욱 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

최근에 새로 개발된 IPS Empress 2 도재관과 In-Ceram 도재관을 각각 12개씩 총 24개를 제작하여, Bistite II 레진 시멘트로 접착하여 접착 전후의 변연적합도와 각 시편의 기능교두의 협측 사면에 하중을 가하여 각 도재관의 파절강도를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 도재관 시편의 변연적합도와 파절강도 비교시 IPS Empress 2 군이 더 우수하게 나타났으나, 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.
2. 각 도재관 시편의 측정위치인 변연부 순측, 설측, 근심측, 원심측의 접착 전 후의 변연적합도의 경우 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $P < 0.05$ ).

이러한 결과에 의해 IPS Empress 2 도재관의 임상응용은 적합하며 시멘트 접착이 변연적합도에 통계학적 영향을 미치는 것으로 보아 도재관의 접착 시 시멘트 사용에 유의해야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Kim HS, Ju TH, Oh SC. "A Study of the Fracture Strength of the IPS-Empress Ceramic Crown according to Margin Type" *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35(2):296-306.
2. Koo JY, Lim JH, Cho IH. "Marginal Fidelities according to the Margin Types of All Ceramic Crowns" *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35(3):445-457.
3. Burke FJT. "The Effect of Variations in Bonding Procedure on Fracture Resistance of Dentin-Bonded All-Ceramic Crowns." *Quintessence Int.* 1995;26:293-300.
4. Burke FJT, Watts DC. "Fracture Resistance of Teeth Restored with Dentin-bonded Crowns." *Quintessence Int.* 1994;25:335-340.
5. Luca L, Dalloca UD. "A New Esthetic Material for Anterior Crowns :IPS-Empress." *QDT.* 1995;171-175.
6. Ferrari M. "Cement Thickness and Microleakage under Dicor Crowns." *Int J*

- Prosthet.* 1991;4:126-131.
7. Miller A, Long J, Miller B, Cole J. "Comparison of the Fracture Strengths of Ceramo-Metal Crowns versus Several All-Ceramic Crowns." *J Prosthet Dent.* 1992;68:38.
  8. Rinke S, Hüls A. "Marginal Accuracy and Fracture Strength and Conventional and Copy Milled All-Ceramic Crowns." *Int J Prosthet.* 1995;8:303-310.
  9. Hwang JW, Yang JH. "A Study on the Fracture Strength of Conventional and Copy-milled In-Ceram Crowns" *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35(2):417-429.
  10. Schweiger M, Holand W. "IPS Empress 2: A New Pressable High-Strength Glass-Ceramic for Esthetic all-Ceramic Restoration." *QDT.* 1999;143.
  11. Holmes JR, Sulik WD, Holland GA, Bayne SC. "Marginal Fit of Castable Ceramic Crowns." *J Prosthet Dent.* 1992;67:594-599.
  12. Mak M, Qualtrough AJE, Burke FJT. "The Effect of Different Ceramic Materials on the Fracture Resistance of Dentin-Bonded Crowns." *Quintessence Int.*, 1997;28:197-203.
  13. Pera P, Bassi F, Carossa S. "In Vitro Marginal Adaptation of Alumina Porcelain Ceramic Crown." *J Prosthet Dent.* 1994;72:584.
  14. Fuzzi M, Bouillaguet S, Holz J. "Improved Marginal Adaptation of Ceramic Veneers: A New Technique." *J esthetic Dent.* 1996;8:84-91.
  15. Schneider DM, Levi MS, Mori DF. "Porcelain Shoulder Adaptation using direct refractory dies." *J Prosthet Dent.* 1976;36:583.
  16. Bernal G, Jones MR, Brown DT. "The Effect of Finish Line Form and Luting Agent on the Breaking Strength of Dicor Crowns." *Int J Prosthet.* 1993;6:286-290.
  17. Malament KA, Grossman DG. "The Cast Glass-Ceramic Restoration." *J Prosthet Dent.* 1987;57:674.
  18. Neiva G, Yaman P, Dennison JB. "Resistance to Fracture of Three All-Ceramic Systems." *J Esthet Dent.* 1998;10:60.
  19. Yoshinari M, Derand T. "Fracture Strength of All-Ceramic Crowns." *Int J Prosthet.* 1994;7:329.
  20. Scherrer SS, Rijk WG. "The Effect of Crown Length on the Fracture Resistance of Posterior Porcelain and Glass-Ceramic Crowns." *Int J Prosthet.* 1992;5 :550-557.
  21. Grossman DG, Nelson JW. "The Bonded Dicor Crown." *J Dent Res.* abstract No. 1987:800, 66:206.
  22. Burke FJT. "Fracture Resistance of Teeth Restored with Dentin-Bonded Crowns :The effect of increased tooth preparation." *Quintessence Int.* 1996;27:115-121.
  23. Pröbster L. "Compressive Strength of Two Modern All-Ceramic Crowns." *Int J Prosthet.* 1992;4:409-414.
  24. Sorensen JA. "The IPS Empress 2 System : Defining the Possibilities." *QDT.* 1999:153-159.
  25. Stephen D Campbell Ralph B. "Evaluation of the Fit and Strength of an All-Ceramic Fixed Partial Denture." *J Prosthet Dent.* 1988;59:301-306.
  26. Mito WT, Mito Sorensen JA. "Fabrication of Fixed Partial Dentures with Empress 2." *QDT.* 1997:164.
  27. Sorensen JA. "A Standardized Method for Determination of Crown Margin Fidelity." *J Prosthet Dent.* 1990;64:18.
  28. Sorensen JA, Torres TJ, Kang SK, Avera SP. "Marginal Fidelity of Ceramic Crowns with Different Margin Design [abstract]." *J Dent Res.* 1990;69:279.
  29. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. "Dental Luting Agents: A review of the current literature." *J Prosthet Dent.* 1998;80:280.
  30. Ju TH, Oh SC. "A Study on the Fitness of

- the IPS Empress Ceramic Crown according to Margin type" *J Korean Acad Prosthodont* 1998;36(6):846-857.
31. Scherrer SS, Rijk WG. "Factors in the Fracture Resistance of Posterior All-Ceramic Crowns(abstract)." *J Dent Res.* 1991;70:434.
32. DeBoerer JA, McCall WD, Holden S. "Fuctional Occlusal Forces : An Investigation by Telemetry. *J Prosthet Dent.* 1978;40:326-340.

---

**Reprint request to:**

Dong-Wan Kang, D.D.S., Ph.D.  
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun university  
588 Seoseok-Dong, Dong-Gu, Kwang-Ju, 501-717, Korea  
dwkang@chosun.ac.kr

ABSTRACT

**A STUDY ON THE MARGINAL FIDELITIES AND FRACTURE  
STRENGTH OF IPS EMPRESS 2<sup>®</sup> CERAMIC CROWNS**

Ji-Hyoung Yu, D.D.S., M.S.D., Yong-Cheol Kim, D.D.S., M.S.D., Dong-Wan Kang, D.D.S., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University*

The purpose of this study was to measure the marginal fidelities and the fracture strength of IPS Empress 2<sup>®</sup> and In-Ceram<sup>®</sup> ceramic crowns.

After constructed of 12 experimental dies for each group, ceramic crowns were fabricated on the metal master dies prepared on the maxillary right premolar.

Marginal gaps were measured on the specimen between the margin of each crown and finishing line of the metal master die by using stereo-microscope(SZ-ST<sup>®</sup> Olympus, Japan) and all specimens were cemented on the metal master die with Bistite II<sup>®</sup>(Tokuyama soda Co, LTD., Japan) resin cement. Finally, marginal gaps were measured again.

To measure of the fracture strength, buccal incline on the functional cusp of specimens were loaded until the catastrophic failure occurred by using the AGS-1000 D<sup>®</sup>(Shimadzu, Japan).

The result of marginal fidelities and fracture strength were statistically analyzed with the SPSS version 8.0 programs.

The results of this study were as follows :

1. No significant difference was found in the mean marginal fidelities and fracture strength between the IPS Empress 2<sup>®</sup> and In-Ceram<sup>®</sup>.
2. In comparison of marginal fidelities between before and after cementation, there was significant difference( $P < 0.05$ ).

The IPS Empress 2 system was shown in this study that had good marginal fidelities and fracture strength compared to In-Ceram ceramics.

Although this system was acceptable to clinical applications, the system still has to be considered long-term researches about marginal fidelities and fracture strength due to the lack of data about the clinical researches.