

수종의 전부도재관 코어의 두께에 따른 파절강도의 비교 연구

한양대학교 의과대학 치과학교실

김두용 · 이영수 · 박원희

I. 서 론

치아의 보철 수복에 있어, 심미에 대한 요구가 높아짐에 따라 보철물의 심미적인 고려가 중요하게 되었다. 보철적 수복재 중에서 도재는 심미적인 재료로 널리 사용되고 있으나, 약한 강도로 인한 파절이 가장 큰 단점이라 할 수 있다.

흔히 사용되는 도재 중의 하나인 장식도재는 SiO₂(silica, 64%), Al₂O₃(alumina, 18%)와 약간의 K₂O(potash)와 Na₂O(soda, 8-10%)를 주성분으로 하며¹⁾ 굴곡강도는 약 60-70MPa로 매우 약하여 금속 구조물의 강화 없이 단독으로는 일반적인 전부피개용 수복물로 사용이 불가능하며²⁾ 금속 구조물이 강화된 금속도재관은 내부금속의 빛의 반사를 막기 위해 불투명 도재를 금속위에 도포해야 하기 때문에, 자연치아와 유사한 색상을 가지는 데 한계가 있다.³⁾ 따라서 도재만을 이용한 전부도재관의 사용이 시도되어 왔다. 이러한 전부도재관은 금속 구조물이 없기 때문에 심미성은 증가되었으나, 낮은 강도로 사용 범위가 제한되었으며, 수복물의 파절이 여전히 문제점으로 남아있다.

이런 파절의 문제점을 극복하기 위해 투명성을 높이고, 심미성과 강도를 높이기 위한 많은 연구가 진행되어왔다.^{4,5)} Adair는 1977년 유리도재의 사용을 시도하였고, 1983년 Sozio는 non-shrink ceramic을 이용한 전부도재관을 제작했고⁷⁾, Adair와 Grossman은 1984년 Dicor system을 개발했다.⁶⁾ 1985년 Sadoun은 In-Ceram을 소개하였으며, 1986년 Arnold

Wohlwend는 Empress system을 개발했다.³⁾ 1988년 Jeneric/pentros는 Optec HSP를 개발하였고⁴⁾, 1998년 Holand와 Schweiger는 Empress 2를 소개하였다.⁵⁾ 1999년 Degussa에서는 Cergo를 개발하였다. 1980년대 후반 이후에 개발된 전부도재관 재료들은 기존의 장식도재에 비해 뛰어난 강도, 자연치와 유사한 색상, 향상된 변연적합성, 생체친화성 등의 장점이 있어 그 사용이 증가하였다.

최근에 개발된 전부도재관은 주로 작업모형위에 코어를 제작하고, 그 위에 세라믹을 축조하여 만드는 방식이 많다. 코어의 강도가 완성된 보철물의 강도에 영향을 미치며, 코어의 강도가 강할수록 도재관의 강도도 강해지게 된다. 강한 강도를 위해 코어의 두께를 두껍게 할 필요가 있는데 이는 과도한 치질의 삭제와 심미성의 저하, 유지력의 저하, 치수의 자극, 치아괴민증 등의 여러 문제들을 발생시킬 수 있다. 따라서 적절한 강도를 얻으면서 유리한 코어의 두께를 설정하는 것이 중요하다 할 수 있다. 전부도재관의 제조사가 권장하는 적절한 코어의 두께가 있으나 임상적인 제한으로 인해 적절한 두께를 갖지 못하게 되는 경우도 있으며, 무수치나 변색된 치아에서는 코어를 더 두껍게 할 수도 있다. 따라서 적절한 강도를 얻을 수 있는 코어의 두께를 설정하는 것이 중요하다.

Cergo는 0.7mm 이상의 코어 두께를 권장하며, Empress 2는 0.8mm를, In-Ceram은 0.5mm 이상의 코어 두께를 권장하고 있다. 코어의 재료에 따라 권장하는 두께가 다양하고 코어의 두께에 따른 전부

도재관의 강도를 비교한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 In-Ceram, Empress 2, Cergo의 코어의 각각의 두께에 따라 굴곡강도를 비교하고, 동일한 두께에서 재료간 굴곡강도를 비교하여 임상에서 재료선택 및 기공 작업 시 코어 두께의 설정에 있어 도움이 되고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

현재 국내 시판되는 전부도재관용 재료 중 많이 사용되는 In-Ceram Alumina (VITA, Germany), Empress 2(Ivoclar, Leichtenstein), Cergo (Degussa, Germany)의 세 종류의 제품을 사용하였다.

2. 연구방법

1) 시편제작

- ① 각 재료당 0.5mm, 1.0mm, 1.5mm의 세 종류의 두께로, 각 두께당 10개 씩 총 90개의 시편을 제작하였으며, 각 시편은 제조사의 기공 지침대로 기공과정을 수행하였다. 강철 위에 지름 12mm, 깊이 0.5mm, 1.0mm, 1.5mm의 실린더형 주형을 만들었다(Fig. 1).
- ② 주형에 왁스를 가압하여 왁스 납형을 제작 후 이를 매몰하는 왁스 소환 방법을 이용하여 소환하였다.
- ③ 모든 시편의 색상은 Vitapan classical shade guide(VITA, Germany) A3로 일치시켰다.
- ④ 재료의 강도만을 비교하기 위해, 착색이나 글레

이징을 시행하지 않고, 연마만 시행하였다. 동일한 조건을 만들어 주기 위해 연마는 30 μ m의 다이아몬드 디스크로 연마한 후 최종적으로 15 μ m의 다이아몬드 디스크로 연마하였다.

- ⑤ 초음파 세척기로 60초간 세척하였다.

2) 시편의 검사

- ① 두께는 micrometer(Mitutoyo, Japan)를 이용하여 무작위로 세 점을 선택 검사하며, 각 두께당 ± 0.2 mm 이내의 오차를 허용하였다. 각 시편의 세 점씩 총 270점의 두께의 평균 및 표준편차를 구하였으며, ISO규격에 벗어나지 않았다(Table 1).

3) 굴곡강도의 실험

만능실험기(Instron, U.S.A)를 이용하여 시편의 굴곡강도를 Newton의 힘으로 측정하였다. 시편의 지

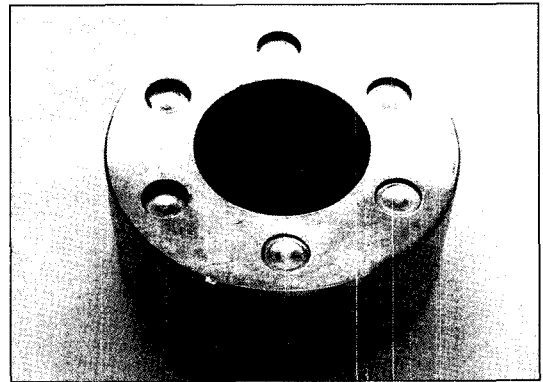


Fig. 1. Cylindrical mold.

Table I. Data for thickness verification

Thickness	In-Ceram		Empress 2		Cergo		Sum	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0.5	0.51	0.04	0.50	0.03	0.51	0.03	0.50	0.03
1.0	1.00	0.04	1.01	0.03	1.00	0.04	1.00	0.03
1.5	1.50	0.03	1.51	0.03	1.50	0.03	1.50	0.03

(Thickness = mm, Strength = MPa, SD = Standard Deviation)

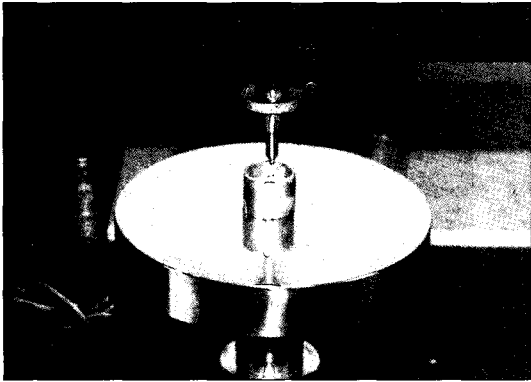


Fig. 2. Loading test on the Instron machine.

지를 위해 강화철 구가 10mm에 존재하고, 지지원 내에 120° 간격으로 배치되었다. 시편은 이런 지지대 위에 동심원을 이루도록 위치시키고 1.5mm의 지름을 가지는 평평한 펀치를 이용하여 0.75mm/min의 하중인가속도로 시편의 중심에 하중을 인가하였다. 시편의 중심에 하중을 인가하기 위해 시편을 지지용 구(supporting balls)의 중심에 위치시키고 시편의 파괴하중을 ±0.1N 값까지 측정하였다(Fig. 2, 3).

4) 결과의 계산과 평가

다음의 식을 이용하여 시편의 2축 굴곡강도를 계산하였다.

$$S = \frac{-0.2387P(X-Y)}{d^2}$$

S : 최대 중심 인장강도(megapascal)

P : 파괴를 일으키는 총 하중(newton)

$X = (1+\nu)\ln(r2/r3) + [(1-\nu)/2](r2/r3)^2$

$Y = (1+\nu)[1 + \ln(r1/r3)^2] + (1-\nu)(r1/r3)^2$

ν : 포이슨 비 (=0.25)

r1 : 지지원의 반지름 (mm)

r2 : 하중이 인가되는 부분의 반지름 (mmm)

r3 : 시편의 반지름 (mm)

d : 파괴 원점의 두께 (mm)

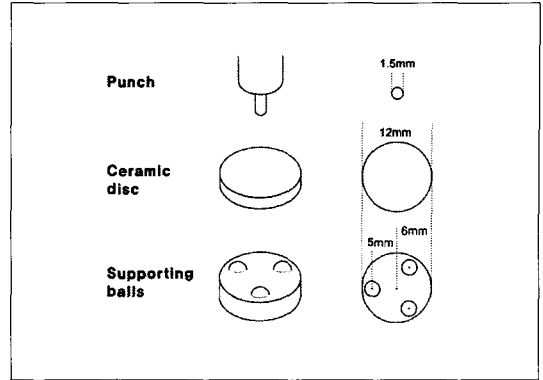


Fig. 3. Schematic diagram of testing device used for measuring flexural strength.

3. 통계처리

도제가 파절되는 순간의 하중값을 MPa로 변환시켜, SAS 프로그램(V8.1, SAS Institute Inc. Cary, U.S.A)을 이용하여 세 집단간의 평균비교를 위한 분산분석법(ANOVA)을 시행하였다. 분산분석법으로는 두 집단간의 유의성을 알 수 없으므로, Tukey 다중 비교 분석법을 이용하여 집단간의 유의성을 검정하였다. 통계적 유의수준은 P<0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구성적

만능시험기로 기록된 결과를 이용하여 세 집단간의 평균비교를 위한 분산분석법을 시행하고, 두 집단간의 유의성을 알기 위한 Tukey 다중 비교 분석을 시행한 결과, 두께에 따른 굴곡강도값은 Table Ⅱ와 같았다. 각 재료별로 두께가 증가하면 강도도 증가하였다. In-Ceram은 0.5mm의 두께에서는 490.88±63.61MPa, 1.0mm에서는 515.49±86.98MPa, 1.5mm에서는 755.87±94.63MPa로 두께에 따라 강도가 증가하였다. Empress 2는 0.5mm의 두께에서는 326.19±55.46MPa, 1.0mm에서는 357.39±60.32MPa, 1.5mm에서는 386.9±84.03MPa로 강도가 증가하였다. Cergo는 0.5mm의 두께에서는 53.38±14.59MPa, 1.0mm에서는 68.82±11.60MPa, 1.5mm에서는 95.17±34.53MPa로 강도가 증가하였다.

Table II. Flexural strength and Tukey's multiple comparison test results

Thickness	In-Ceram		Empress 2		Cergo	
	Mean	Group	Mean	Group	Mean	Group
0.5	490.88	A	326.19	A	53.38	A
1.0	515.49	A	357.39	A	68.82	A
1.5	755.87	B	386.9	A	95.17	B

Significantly difference in same materials

The same letters are not significantly different. (P<0.05)

(Thickness = mm, SD = Standard Deviation, Strength = MPa)

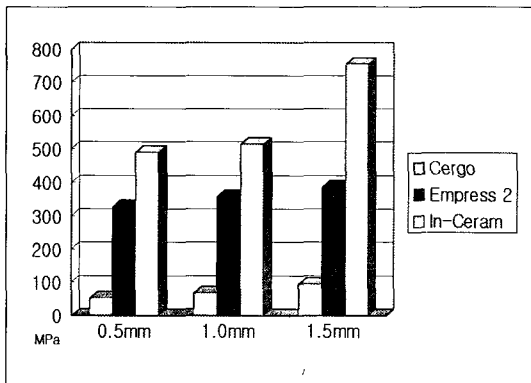


Fig. 4. Comparison of flexural strength by thickness.

분산분석법을 이용한 결과, Cergo와 In-Ceram은 두께에 따른 강도에 유의성이 있었으며, Empress 2는 두께에 따른 강도에 유의차가 없는 것으로 나타났다. Tukey 다중 비교 분석을 시행한 결과, In-Ceram과 Cergo는 0.5mm와 1.0mm 사이에서는 유의차가 없었으나, 1.5mm는 0.5mm, 1.0mm와는 유의성이 있었다. Empress 2는 모든 두께간 유의차가 없었다. 같은 두께에서의 각 재료간 강도는 모두 유의성이 있었다. 각각의 두께에서 모두, In-Ceram, Empress 2, Cergo 순으로 강도가 높았다(Fig. 4).

IV. 총괄 및 고안

심미적 수복물에 대한 욕구가 높아지면서 전부도재관을 위한 재료와 술식의 개발이 이루어져 왔다^{8,9)}. 그 이용범위도 상악 전치부의 수복에서 라미네이트

베니어, 인레이, 온레이까지 확대되었다.¹⁰⁾ 전부도재관의 물리적 강도를 개선하기 위한 많은 노력으로 금속구조물을 대신할 수 있는 여러 종류의 코어 재료가 개발되었다.

그 중 1985년 Sadoun에 의해 개발된 In-Ceram은 유리침투도재계(Glass infiltration ceramic system)로서, 85%의 알루미늄으로 형성된 코어에 glass를 침투시켜 알루미나 입자사이의 기공을 채워주는 방법으로 강도를 증가시킨 도재관이다. 파절저항성이 높아 전치부 계속가공의치용으로 사용될 수 있다는 장점이 있지만, 단점으로는 강도 증가를 위해 보강된 알루미늄이 투명도를 떨어뜨려 심미적인 문제를 야기하고, 제작시간이 길다.^{11,12)} Empress 2 시스템은 기존의 Empress와는 다른 화학적 성분과 결정구조를 가지고 있다. Empress 2의 lithium disilicate 결정구조는 결정체들이 서로 맞물려 배열되어 있어서 Empress보다 높은 파절강도와 굴곡강도를 지니게 되었다. 120-200MPa의 굴곡강도를 보인 IPS Empress에 비해 Empress 2는 350-450MPa의 굴곡강도를 갖기 때문에, 전치부 계속가공의치와 구치부 단일관 제작에 이용이 가능하게 되었다.¹³⁾ Cergo는 1999년 소개되어서, 전부도재관으로 이용을 해왔고, 기존에 이용되어 왔던 Degunorm과 Duceragold와 함께 이루어지는 Golden gate system에 이용되어 왔다. 하지만 전부도재관으로는 제한적으로 사용되어 왔고, 주로 금속코어인 Degunorm과 함께 금속도재관으로 사용이 되어왔다.

전부도재관의 선택을 하기 위한 기준으로는 심미성과 변연적합성, 생체친화성, 경제성과 작업의 편리성, 치아삭제량, 재료의 강도, 색의 변화 저항성 등이

있어 각 특성을 파악함이 중요하다 할 수 있다.

특히 전부도재관에서 빈번한 실패 중 하나는 파절이며, 이를 방지할 수 있는 것은 교합력을 견딜 수 있는 기계적인 강도이다.¹⁴⁾ 두께가 얇으면서도 충분한 강도와 기타 조건을 만족시키는 재료가 이상적이라고 할 수 있겠다. 코어는 전부도재관의 강도에 절대적 영향을 미치며, 코어의 두께는 각 제조사마다 서로 다르게 권장하고 있다. 따라서 코어의 강도는 임상에서 중요한 요소이며, 성공적으로 수복하기 위해서 고려되어야 할 중요한 요소이다.

전부도재관 재료의 파절강도를 측정하는 방법에는 여러 가지가 있으며 파절강도 또한 넓은 범위를 보인다.¹⁵⁾ 여러 실험 방법 중에서 작은 원형의 판을 이용하는 굴곡강도 검사 방법은 구강내에서 수복되어 지는 해부학적 형태를 가지지는 않지만, 재료의 물리적 성질을 파악하는데 유용하다. 굴곡강도검사는 시편의 한쪽 면에 순수하게 인장력을 가할 수 있다는 것이 장점이며, 3점굴곡강도 실험이나 4점굴곡강도 실험을 통하여 깨지기 쉬운 재료인 도재나 도재전장관의 강도를 실험하는데 많이 이용되어 왔다.^{16,17)} 현재는 중심부에 최대 인장력을 부여해서 잘못된 선단 결함효과를 피할 수 있는 2축굴곡강도 실험이 가장 신뢰할 수 있는 방법으로 인정받고 있는데 이는 검사되는 시편에 약간의 변형을 허용하여 선단의 조건에 의해 영향을 받지 않는 결과를 얻을 수 있기 때문이다.¹⁸⁾

황 등¹²⁾은 전부도재관의 강도는 코어의 재료 및 제작 방법에 따라 차이가 있다고 했으며, Seghi¹⁹⁾, Lee²⁰⁾ 등도 전부도재관의 제작시 코어의 탄성계수가 클수록 전부도재관의 강도가 더 강해진다고 하였다. 코어의 탄성계수가 유의성 있게 전부도재관의 강도에 영향을 미치게 되는 것으로, 이는 코어가 전부도재관의 선택에서 중요한 결정요소 중 하나라는 것을 의미한다. 본 연구에서도 전부도재관의 강도에 영향을 미치는 코어에 대해 실험했으며 임상에서 실제로 이루어지는 지대치 삭제량인 0.5mm의 두께부터 많은 양의 치아를 삭제했을 때의 두께인 1.5mm까지 0.5mm의 단위로 시행하였다.

또한 도재관의 표면 처리방식에 따른 파절강도의 차이에 대해 Russel²¹⁾, Feilzer²²⁾ 등은 도재의 표면을 미세하게 조정하고 연마를 시행하는 경우에 강도가

증가한다고 했고, 오 등²³⁾은 착색, 글레이징, 열처리 등이 강도에 영향을 미치지 않는다고 했으며, Stephen 등²⁴⁾도 착색은 강도에 영향을 미치지 않으나 연마 처리는 강도를 증가시키되 유의차는 없다고 하였다. Baharav 등²⁵⁾은 글레이징을 많이 시행하면 강도가 떨어진다고 했으나 Fairhurst 등²⁶⁾은 글레이징이 강도를 증가시킨다고 하였다. 동일한 처리에 대해 선학들의 의견이 다르므로, 본 실험에서는 이러한 영향을 배제하고, 재료의 강도만을 비교하기 위해서 색상은 A3로 일치시키고, 연마만을 시행하였으며, 기타 처리를 시행하지 않았다.

실험 결과 재료간에는 모두 유의성이 있었다. 동일한 두께에서의 강도는 In-Ceram, Empress 2, Cergo 순이었다. Cergo와 In-Ceram은 두께가 1.0mm 이상이 되면 강도가 크게 증가했다. 반면 Empress 2는 두께간 강도에 유의차가 없으므로, Empress 2인 경우 코어의 두께가 전부도재관의 강도에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 고 등¹⁴⁾도 Empress 2의 도재 두께에 따른 파절강도에 관한 연구에서 두께에 따른 굴곡강도는 통계적으로 유의성 있는 차이는 나타나지 않았고, 두께보다는 재료에 따른 차이가 더 큰 것으로 보고했으며 이는 본 연구의 결과와 일치한다.

강도 외에 심미성, 생체적합성 등 여러 가지 요소들이 고려되어야 하겠지만, 강도가 크게 요구되는 부위에서는 In-Ceram이 가장 좋은 재료가 될 것으로 사료되고, 강도가 크게 요구되지 않는 부위의 수복은 다른 재료들의 특성을 고려하여 재료를 선택할 수 있다.

코어 자체로서만 전부도재관을 형성할 수는 없으며 코어에 상아질용 및 법랑질용 도재가 축성되어지고 연마, 착색, 글레이징 등 다양한 처리가 적용되어 완성된 강도를 가지게 된다. 따라서 코어의 강도 자체만으로 전부도재관의 강도를 판단할 수는 없다. 다만 코어의 강도가 완성된 보철물에 큰 영향을 미치는 것은 분명하다. 높은 강도를 가진 코어를 사용하는 것이 강도면에서 유리하다고 할 수 있겠다.

치관이 구강내에 접착되면 재료의 고유한 성질 외에 다른 요소도 매우 중요하다. 전부도재관의 강도에 영향을 주는 다른 요소로는 지대치 형성 방법이다. 교합면과 측면의 삭제량, 측면 경사도, 그리고

변연의 형태 등이라 할 수 있다. 교합면의 두께가 두꺼워지고 측면경사도가 증가함에 따라 전부도재관의 두께가 증가하기 때문에 강도는 증가하지만, 그에 따른 치아의 삭제량이 많아지는 것을 간과해서는 안된다. 이는 치수에 대해 위해성이 커지고, 유지력을 저하시킨다. 따라서 성공적인 도재관 제작을 위해서는 최대교합력, 사용될 도재의 강도, 치수의 크기 등을 고려한 지대치 형성이 중요하다고 하겠다.^{27,28)}

실험의 결과는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받으며, 이에 따라 결과가 달라질 수도 있다. 이런 파절 하중값의 차이는 지대치 형성²⁹⁾, 치관두께, 지지모형의 탄성계수, 시멘트의 종류, 시멘트의 두께, thermocycling 시행여부³⁰⁾ 등에 의해 나타난다. 또한 도재의 파절실험은 하중속도에 따라서 영향을 받기도 한다. 즉 crosshead speed를 증가시킬수록 파절강도 값도 증가하게 된다.¹⁵⁾ 이외에도 파절강도 값을 변화시킬 수 있는 요인으로는 시편의 젖음상태³¹⁾, 응력 비율, 응력 집중, 시편의 크기, 파절 방식 등이 있다.^{15,32)}

전부도재관의 파절저항은 재료의 강도^{1,33)} 외에도 치아의 적절한 지지^{34,35)}, 적절한 환자의 선택, 기공사의 숙련 등에 의해 영향을 받는다. 본 연구에서는 구강내 환경과 유사한 만성적 스트레스와 전단력, 급격한 온도변화, 젖음상태, 전부도재관의 형태 등과 같은 조건이 고려되지 못했다. 따라서 상기의 요소들이 포함된 실험적인 비교연구와 임상연구가 계속 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

전부도재관의 선택시에는 강도외에 심미성, 생체 적합성 등 여러 가지 요소들이 고려되어야 하겠지만, 강도가 크게 요구되는 부위에서는 In-Ceram이 가장 좋은 재료가 될 것으로 사료되고, 강도가 크게 요구되지 않는 부위의 수복은 다른 재료들의 특성을 고려하여 재료를 선택할 수 있다.

참고문헌

1. Campbell SD. A comparative strength study of metal-ceramic and all ceramic materials: modulus of rupture. *J Prosthet Dent*

- 1989;62:476-469.
2. McLean JW, High strength ceramics. *Quintessence Int* 1987;18(2):97-106.
3. 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;36:846-857.
4. Cho BW, New ceramic restoration. *Jeesung* 1998.
5. Bae JS, Vang MS, Comparison of color and opacity of copy-milled In-Ceram alumina core and spinell core. *J Korean Acad Prosthodont* 1999;37:756-766.
6. Kelly J, Nishimura I, Campbell S, Ceramics in dentistry : Historical root and perspective. *J Prosthet Dent* 1996;75:18-32.
7. Sozio RB, Riley EJ, The shrink-free ceramic crown. *J Prosthet Dent* 1983;49:182-187.
8. Doyle MG, Goodacre CJ, Munoz CA, Andres CJ, The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crowns. Part3. *Int J Prosthodont* 1990; 3:327-340.
9. Bailey LF, Bennett RJ, Dicor surface treatments for enhanced bonding. *J Dent Res* 1988;67:925-931.
10. Probst L, Survival rate of In-Ceram restoration. *Int J Prosthodont* 1993;259-263.
11. Rinke S, Huls A, Marginal accuracy and fracture strength and conventional and copy millid all-ceramic crowns. *Int J Prosthet* 1995;8:303-310.
12. 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(2): 417-430.
13. Machert JR Jr, Russel C, Leucite crys-

- tallization of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont* 1996;9:261-265.
14. Koh JW, Yang JH, Lee SH, Influence of thickness of Empress 2 ceramic on fracture strength. *J Korean Acad Prosthodont* 2000;38:446-460.
 15. Zeng K, Oden A, Rowcliffe D, Flexure test on dental ceramics. *Int J Prosthodont* 1996;9:434-439.
 16. Bryant R W, Mahler DB, Modulus of elasticity in bending of composites and amalgams. *J Prosthet Dent* 1986;56:243-248.
 17. Coffey JP, Anusavice KJ, Dehoff PH, Lee RB, Influence of contraction mismatch and cooling rate on flexural failure of PFM system. *J Dent Res* 1988;67:61-65.
 18. Cattell MJ, Knowles JC, Clarke RL, Lynch E, The biaxial flexural strength of tow pressable ceramic system. *J Dent* 1999;27:183-196.
 19. Seghi RR, Daher T, Relative flexural strength of dental restorative ceramics. *Dental Matr* 1990;6:181-184.
 20. Lee SK, Wilson PR, Fracture strength of all-ceramic crowns with varying core elastic moduli. *Aust Dent J* 2000;45(2):103-107.
 21. Russel AG, Giordano II, Campbell S, Pober R, Flexural strength of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze, and polishing. *J Prosthet Dent* 1994;71:468-472.
 22. Jager N, Feilzer AJ, Davidson CL, The influence of surface roughness on porcelain strength. *Dental Materials* 2000;16:381-388.
 23. Oh SC, Dong JK, Luthy H, Scharer P, Flexure strength and microstructure of IPS Empress 2 glass-ceramic on heat-pressing and heat treatments. *J Korean Acad Prosthodont* 2000;38(5):575-582.
 24. Stephen F, Michael A, William M, A comparison of glazed and polished dental porcelain. In *J Prosthodont* 1989;2:524-529.
 25. Baharav H, Laufer B, Pilo R, Cardash HS, Effect of glaze thickness on the fracture toughness and hardness of alumina-reinforced porcelain. *J Prosthet Dent* 1999;81:515-519.
 26. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Thompson WO, The effect of glaze on porcelain strength. *Dent Mater* 1992;8:203-207.
 27. 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(1):127-133.
 28. Russel A, Giordano II, Pelletier L, Campbell S, Pober R, Flexural strength of an infused ceramic, glass ceramic, and feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* 1995;73:411-418.
 29. Friedlander LD, Munoz CA, Doodacre DJ, The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crowns. Part1. *Int J Prosthodont* 1990;3:159-167.
 30. Kern M, Fechtig T, Strub J, Influence of water storage and thermal cycling on the fracture strength of all-porcelain, resin-bonded fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1994;71:251-256.
 31. Sobrinho LC, Cattell MJ, Glover RH, Cknowles JC, Investigation of the dry and wet fatigue properties of three all-ceramic crown systems. *Int J Prosthodont* 1998;11:255-262.
 32. Zeng K, Oden A, Rowcliffe D, Flexure

- test on dental ceramics. *Int J Prosthodont* 1996;9:434-439.
33. Kelly JR. Perspective on strength, *Dent Mater* 1995;11:103-110.
34. Doyle MG, Goodacre CJ, Munoz CA, Friedlander LD, The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crowns. Part2. *Int J Prosthodont* 1990;3:241-248.
35. Nuttal EB, Factors influencing success of porcelain jacket restoration. *J Prosthet Dent* 1961;11:743-248.

Reprint request to:

Young-Soo Lee, D.D.S., M.S., Ph.D.
Department of Dentistry, College of Medicine, Hanyang University
17, Hangdang-Dong, Sungdong-Gu, Seoul, 133-792, Korea
leeys@hanyang.ac.kr

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF FRACTURE STRENGTH DEPENDING ON THE THICKNESS OF SOME ALL CERAMIC CORES

Doo-Yong Kim, D.D.S., Won-Hee Park, D.D.S., M.S., Ph.D.,
Young-Soo Lee, D.D.S., M.S., Ph.D.

Department of Dentistry, College of Medicine, Hanyang University

Statement of problem : The increased awareness of esthetics in dentistry has brought the esthetic consideration in prosthetic restorations. Dental ceramics offer better esthetics for use of prosthetic restorations. Unfortunately, dental ceramic materials are not always the most suitable candidate materials since their inherently brittle nature. In recent years, basic research in ceramic science has led to the recognition of several approaches to strengthen and to enhance esthetics of ceramics.

Several all ceramic systems use ceramic core and porcelain build up structures. Ceramic cores influence to strength of all ceramic crowns. So the strength of ceramic cores is important to all ceramic crowns.

Purpose : The purpose of this study is to estimate the flexural strength of ceramic cores in some all ceramic systems.

Material and method : A biaxial flexure test was conducted on three groups(Cergo, Empress 2, In-Ceram). Each group consisted of 30 discs of nearly identical dimension with a 0.5mm, 1.0mm, 1.5mm thickness and 12mm in diameter. The fracture load was recorded by Instron. Analysis of variance(ANOVA) and Tukey's tests were performed using SAS statistical software.

Results : 1.5mm thickness of specimens were significantly stronger than 0.5mm and 1.0mm thickness of specimens in Cergo and In-Ceram. But each specimen group of Empress 2 was no significantly strength by thickness. In order of In-Ceram, Empress 2 and Cergo has significantly stronger strength in the same thickness.

Conclusion : In-Ceram is the strongest ceramic material in 3 materials. All the materials can be used according to the required characters.

Key words : All ceramic, Flexural strength, Thickness, Empress2, In-Ceram, Cergo