

반복 사용된 IPS Empress 2의 표면경도와 pressing accuracy에 관한 연구

원광대학교 치과대학 치과보철학교실 및 치과대학부속병원 중앙기공실*

손외수 · 김유리 · 이경자* · 진태호

I. 서 론

사회적, 경제적 발전과 더불어 생활수준이 높아지고 대중매체가 발달함에 따라 환자 개개인의 심미적 욕구가 증대되고, 심미적인 재료를 사용한 간편하고 정확한 방법이 요구되고 있다.

치과치료에서 치아의 색상, 외형등을 자연스럽게 표현하기 위해 도재를 보철물의 재료로 오래 전부터 사용해 왔는데^{1,2)} 도재의 취약한 파절강도 때문에 금속을 병용한 금속도재관이 사용되어왔다. 그러나 금속도재관은 금속 구조물과 불투명 도재가 빛의 투과를 차단하여 자연치와 유사한 투명도를 얻기 어려운 단점을 가지고 있어³⁾ 자연치아와 유사한 빛의 투과도를 갖는 전부도재관이 전치부에 심미적 수복이 필요할 경우 우선적으로 고려될 수 있다. 초기의 전부도재관은 취약한 파절강도로 인하여^{6,6)}임상에서의 활용이 위축되어 왔으나 최근에는 이를 극복하기 위한 많은 연구와 노력으로 높은 파절강도를 가진 전부도재관 제품들을 소개하기 시작했으며 이로 인하여 금속도재관 출현 이후 주춤했던 전부도재관의 임상적 사용을 가속시키는 계기가 되었다.⁷⁾

1886년 Land⁸⁾가 장식도재를 사용한 도재 자켓관을 소개하면서 전부도재관이 치관 수복재료로서 이용되기 시작하였고 1965년 McLean과 Hughes⁹⁾는 알루미나로 강화된 도재 코어를 이용하여 자켓관을 보강하는 방법을 소개하였다. 1977년 Adair¹⁰⁾는 유리도재를 수복재료로 사용할 수 있다고 제안하였으며 1984년에 Grossman과 함께 주조성 유리도재계(Castable glass ceramic)¹¹⁾인 Dicor관을 개발하였다.

1983년 Sozio와 Riley¹²⁾는 사출성형방법으로 코어를 형성하고 그 위에 도재로 축조소성 하는 Cerestore관을 소개하였다. 1988년에는 Jeneric/Pentros사에서 내화성 매몰모형상에서 도재를 직접축조소성하는 내화모형계(refractory die system)¹³⁾인 Optec HSP¹⁴⁾를 개발하였고 Sadoum¹⁵⁾은 유리침투도재계(glass-infiltration ceramic system)인 In-ceram을 소개하였다. 1986년 Arnold Wohlwend¹⁶⁾는 결정화된 도재를 가열 및 가압하여 수복물을 제작하는 IPS Empress system을 개발하였다.

IPS Empress system은 다양한 색조의 결정화된 주괴를 녹여 열가압하여 성형하는 방법으로 제작이 간편하고 변형이 적은 왁스 소환법을 기초로한다. IPS Empress는 충분한 강도를 지닐 뿐만 아니라 자연치와 유사한 투명도와 마모도를 지니며, 형태의 재현성이 좋고 변연 적합도가 우수하며, 각 환자의 상아질 색에 맞는 레진 다이가 다양한 색상으로 이루어져 색조재현이 우수한 장점을 가지고 있다.^{17,18)}

IPS Empress는 백류석 강화형 도재의 한 종류로 백류석 결정은 유리 기질을 강화시키고 미세 균열이 전파되는 것을 막는 역할을 한다. 하지만 백류석 결정에 의한 강도의 증가에는 한계가 있어 인레이, 온레이, 비니어 및 단일관으로 제한하여 사용하고 있다.¹⁹⁾

이러한 IPS Empress의 한정된 사용범위를 계속가공의치까지 확대하고자 1998년에 IPS Empress 2가 소개되었는데, 기존의 Empress와는 전혀 새로운 도재이다.^{20,21)} Empress가 30~40%의 결정 용적비를 가진 백류석 강화형 도재인데 반해 Empress 2는 60%이상의 lithium disilicate glass-ceramic으로 구

성되어 전치부 및 제1소구치를 포함한 계속가공의치에서 사용이 가능할 정도의 강도와 파괴인성을 가지게 되었다. 결정용적의 증가에도 불구하고 우수한 빛투과도를 보이며 layering 재료에 포함된 바늘모양의 fluorapatite 결정이 자연치의 법랑질에서 나타나는 불화석 결정과 유사하여 물리적, 광학적 특성이 자연치와 상당히 유사하다.²²⁾

최근들어 심미적인 보철 수복을 위해 위와 같은 장점을 가진 IPS Empress와 Empress 2의 임상적용이 차츰 증가하고 있지만 고가의 재료 및 장비에 의한 치료비의 부담으로 폭넓은 활용이 저해되고 있는 것이 사실이다.

치과용 재료의 재활용에 대한 연구는 수년에 걸쳐 이루어져 왔지만 아직 미흡한 상태이다. Jochen 등²³⁾은 재사용된 은-팔라듐 합금과 도재의 결합강도에 관하여 연구하였고, Rasmussen와 Doukoudakis²⁴⁾는 재사용된 귀금속합금과 도재와의 결합강도에 관하여 연구하였다. 또한 Reisbick과 Brantley²⁵⁾은 재사용된 저합금의 기계적인 성질을 연구하였고, Henriques 등²⁶⁾은 코발트-크롬 합금의 재사용시 피로강도의 변화가 없음을 제시하였다. 하지만 대부분의 연구가 금속의 재활용에 대한 연구이었으며 도재에 관한 연구는 재사용된 IPS Empress의 물성에 관한 진 등³⁸⁻⁴³⁾의 연구를 제외하고는 아직까지 미흡한 편이다. 위의 연구를 통해 IPS Empress ceramic의 재사용가능성을 신중하게 제시하게 되었지만 IPS Empress 2의 재사용 가능성에 대해서는 아직 연구한 바가 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 IPS Empress 2 주괴의 재사용가능성을 연구하여 보다 더 광범위하게 임상에 적용할 수 있도록 재사용 시 IPS Empress 2의 여러 물리적 성질의 변화에 관한 연구로서 표면경도와 파괴인성, 산에 대한 부식저항성을 알아보고 또한 pressing accuracy를 측정할 결과 다소의 지견을 얻었기에 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 표면경도, 파괴인성 및 부식저항성 측정

① 도재시편의 제작

몰드를 이용하여 직경 10mm, 두께 1.5mm의 원판

형 납형을 제작하였다. 제작된 납형을 IPS Empress 2 system의 매몰재를 이용하여 제조회사의 지시대로 매몰하였으며, IPS Empress 2 주괴(Type 2, Class 1, 색조 200, Ivoclar, Liechtenstein)을 이용하여 예열, 소환, 압출 성형, 매몰재 제거과정을 거쳐 원판형 도재시편을 15개를 제작하였고, 1차 pressing에 의한 주입이 완성되고 남은 잔존 주괴에서 주입선을 절단한 후 heatless stone bur를 이용하여 원통형의 주괴를 더욱 원통형으로 형태를 정리하고 아세톤과 증류수를 이용하여 초음파 세척하여 주변의 이물질과 오염물을 제거한 후 전자의 과정을 반복하여 2차 pressing을 시행하여 시편을 제작하였고 다시 반복하여 3차의 시편을 제작하였는데 각각의 시편을 15개씩, 총 45개의 시편을 제작하였다.

각 시편의 균일하고 활택한 표면을 얻기 위해 400, 800, 1200, 2000 grit SiC 연마지를 이용하여 단계적으로 연마한 후 1 μ m 다이아몬드 현탁액으로 연마하였다. 초음파 세척 실리카 젤이 담긴 용기에 3일간 보관하였다.

② 표면경도 및 파괴인성 측정

표면경도를 측정하기 위하여 미세경도측정기(MTX 70, Matsuzawa, Japan)를 사용하였는데, Vickers diamond로 1kg의 하중을 15초 동안 도재시편에 가하여 다음의 Fig. 1에서와 같은 indentation을 얻었다.

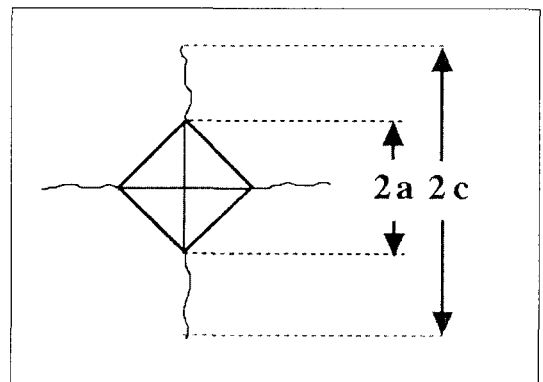


Fig. 1. Schematic diagram illustrating the indentation measurements.

a = half diagonal of the indentation, c = crack size

Vicker's Hardness(H)와 fracture toughness(K_{IC})는 다음과 같은 공식을 이용 산출하였다.

$$H=0.464 \times P/a^2$$

$$K_{IC}=0.016(E/H)^{1/2} \times P/c^{3/2}$$

P: applied load (N)

E: the elastic modulus(GPa)

a: half diagonal of the indentation (μm)

c: a half of crack size(μm)

얻어진 측정치들을 SPSS프로그램을 이용 각각의 평균값과 표준편차를 구하고 95% 수준에서 일원 분산분석(One-way analysis of Variance)을 이용하여 통계처리 하였으며 각 군간의 유의성 검정을 위해 Sheffe test로 사후 검증하였다.

③ 부식저항성 측정

불산에 대한 부식저항성을 알아보기 위해 증류수에 희석된 0.5% 불산(Ultradent Porcelain Etch, Ultradent Products, Inc., USA)에 1분간 담근 후 꺼내어 흐르는 물에 씻어내고 초음파 세척하였다. 또한 탄산에 대한 부식저항성을 알아보기 위해서는 착향탄산음료인 탄산음료(코카콜라, pH 2.58)를 이용하여 밀폐용기에 담가두고 매일 교체해 주었다. 일주일 후 꺼내어 흐르는 물에 씻어내고 초음파 세척하였다.

산 처리한 시편들을 표면경도 및 파괴인성 측정에서와 같은 방식으로 각 시편들의 표면경도를 측정한 후 산 처리 전, 후의 표면 경도의 변화를 t-test를 통해 비교 분석하였다.

2. Pressing accuracy 측정

① 시편제작

시편 제작을 위해 격자모양의 왁스 (Rewax Renfert Co. Germany)를 잘라 크기 28×30 mm의 직사각형 모양의 시편을 제작한 후 10 게이지 주입선용 왁스를 이용하여 제조사의 지시대로 매몰, 소환한 후 표면경도시험에서와 같은 주피를 이용하여 제조사의 지시에 따라 pressing하였다. pressing 한 후 남은 주피를 다시 재사용 하여 2차 pressing을 하고 다시 반복하여 3차 pressing을 시행하여 시편을 완성하였다.

② 측정

Pressing accuracy는 pressing 하기 전 왁스 격자의 수에 대한 pressing 후 도재 격자의 수의 백분율로 정하였다.

Pressing accuracy(%)=(pressing 전 격자의 수/pressing 후 격자의 수)×100

측정 평균치를 SPSS 프로그램을 이용 각 군의 평균 및 표준편차를 구하고 95% 수준에서 일원 분산분석(one-way ANOVA)을 통해 통계처리 하였고 각 군간의 유의성 검정을 위해 Sheffe test로 사후 검증을 시행하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 표면경도, 파괴인성 및 산부식저항성

① 표면경도

표면경도의 측정결과 1차 pressing한 군에서 5.11(GPa)로 가장 높게 나타났으며 2차 pressing한 군에서 4.89(GPa), 3차 pressing 한 군에서 4.86(GPa) 순으로 나타났다(Table I).

1차 pressing 시편과 2, 3차 pressing 시편사이에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며(p<0.05) 2차 pressing 시편과 3차 pressing 시편사이에서는 통계학적인 유의성을 보이지 않았다(p>0.05).

② 파괴인성

각 군의 파괴인성 값을 구한 결과 1차 pressing 군에서 1.58(MPam^{1/2})으로 가장 높게 나타나고 2차 pressing 군에서 1.51(MPam^{1/2}), 3차 pressing 한 군에서 1.39(MPam^{1/2})순서로 나타났다(Table II). 1차 pressing한 군에 비해 2차 pressing 군은 유의한 차이를 보이지 않았으나(p>0.05), 3차 pressing한 군은 1차, 2차 pressing 군 모두에 유의한 차이를 보이며 가장 낮게 나타났다(p<0.05).

③ 산부식저항성

불산처리 후 표면경도의 측정결과 1차 pressing한 군에서 4.94(GPa)로 가장 높게 나타났고 2차 pressing에서 4.83(GPa), 3차 pressing에서 4.81(GPa) 순으로 나타났다. 탄산처리한 군에서는 1차 press-

Table I. Mean of surface hardness (GPa)

Group	Mean	S.D.	N	Sig.
1st pressing	5.11	0.02	15	a
2nd pressing	4.89	0.03	15	b
3rd pressing	4.86	0.02	15	b

*Group having the same letter are not significantly different($P>0.05$)

Table III. Mean of Surface hardness treated with hydrofluoric acid (GPa)

Group	Before	After	Difference	N	P
1st pressing	5.11	4.94	0.17	15	*
2nd pressing	4.89	4.83	0.06	15	NS
3rd pressing	4.86	4.81	0.05	15	*

* : significantly different($P<0.05$)

NS: not significantly different ($P>0.05$)

Table V. Mean of pressing accuracy (%)

Group	Mean	S.D.	N	P
1st pressing	77.22	8.40	13	a,b
2nd pressing	85.68	10.81	15	a
3rd pressing	75.05	12.71	12	b

*group having the same letter are not significantly different($P>0.05$)

ing에서 5.03(GPa), 2차 pressing에서 4.89(GPa), 3차 pressing에서 4.81(GPa)순으로 나타났다(Table III, IV).

불산 처리 전후의 표면경도의 변화를 비교 분석한 결과 1차, 3차 pressing한 군에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보였으나($p<0.05$), 2차 pressing한 군에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

한편, 탄산 처리 전후의 표면경도의 변화를 비교 분석한 결과 1차 pressing한 군에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보였으나($p<0.05$), 2차, 3차 pressing한 군에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$, Table IV).

Table II. Mean of fracture toughness (MPam^{1/2})

Group	Mean	S.D.	N	Sig.
1st pressing	1.58	0.11	21	a
2nd pressing	1.51	0.13	21	a
3rd pressing	1.39	0.12	21	b

* Group having the same letter are not significantly different($p>0.05$)

Table IV. Mean of Surface hardness treated with carbonic acid(Cocacola) (GPa)

Group	Before	After	Difference	N	P
1st pressing	5.11	5.03	0.07	15	*
2nd pressing	4.89	4.89	0.00	15	NS
3rd pressing	4.86	4.81	0.05	15	NS

* : significantly different($P<0.05$)

NS: not significantly different ($P>0.05$)

2. Pressing accuracy

Pressing accuracy는 1차 pressing시 77.22%, 2차 pressing시 85.68%, 3차 pressing시 75.05%로 2차 pressing시 가장 높게 나타났다(Table V). 1차 pressing 시편과 2차, 3차 pressing 시편사이에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나($p>0.05$), 2차 pressing 시편과 3차 pressing 시편사이에서는 통계학적인 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

IV. 고 찰

치과용 도재는 뛰어난 생체 적합성과 심미적 색조 효과는 있으나 낮은 인장강도와 파절 저항성을 가지고 있다. 도재가 성공적으로 임상에 이용되기 위해서는 우선 구강내에서 발생하는 교합력에 견딜 수 있는 충분한 강도를 가져야 하므로 금속 도재전장관 형태로 사용되어왔다. 금속 하부구조물로 인해 도재의 파절문제는 상당히 개선되었으나 금속에 의한 심미성 저하와 변연치은의 변색, 그리고 구조체 변형 등의 문제가 발생하였다. 이러한 이유로 물성이 크게 개선된 최신 전부도재관 시스템에 관한 관심이

증가되고 있다.

최근 제 2소구치까지의 3-unit 계속가공의치와 구치부 단일 수복물로 사용이 가능한 IPS Empress 2 시스템이 소개되었다. 이 전부도재는 종래 IPS Empress 시스템의 층형성법을 대체하는 것으로 lithium disilicate ceramic으로 구성된 골격구조와 그 위에 전장되는 fluorapatite ceramic으로 구성된다. 이러한 IPS Empress 2 수복물은 높은 굴곡강도 뿐만 아니라 자연치와 유사한 마모도, 탁월한 심미성 등의 장점을 가지고 있는 것으로 보고된다.²⁷⁾

기존의 IPS Empress는 다른 전부도재판들과 비교하여 안정된 파절강도를 보이는데 압출법을 사용함으로써 기존의 축성 도재보다 도재 내 기포와 기공이 적게 형성되어 균열에 대한 저항력을 높이고 입상에서 레진 시멘트가 파절의 기시부가 될 수 있는 미세 균열을 채우게 되어 치아에 기계적, 화학적 결합을 이루어 높은 파절강도를 얻게 된다.

유리-도재계인 IPS Empress는 회사에서 미리 소결 시킴으로써 형성된 주괴 내에 약 40vol.%의 결정들이 용융되어 점액성 흐름으로 좁은 주입선을 통과하면서 발생하는 결정들의 재분산과 몇 차례의 열처리에 의해 유리기질에 비해 열팽창률이 큰 약 1-5 μ m의 백류석 결정들의 균일한 성장과 생성으로 재편성된 내부 응력을 통해 높은 강도를 지니게 된다. 이러한 유리 기질내에 결정들의 역할을 Seghi와 Sorensen²⁸⁾은 최근에 소개된 수종의 유리-도재들의 강도 증가 기전에 대해서 내부의 강화된 결정화 기질로 인해 균열 편향의 꺾임이 더욱 찾아져 강도 증가가 유도되며, 이런 결정상의 양과 특성은 도재의 물리적, 시각적, 기계적 성질을 조절하는 중요한 요인이 된다고 하였으며 이러한 결정성 입자들이 도재 내에서 균열 파급을 저지하여 파절에 대한 높은 저항을 갖게 되는 기전으로는 균열선단상호작용(crack-tip interaction), 균열 선단 보호화(crack-tip shielding), 균열 가교화(crack bridging) 등이 있는 것으로 설명하였다.²⁹⁻³⁴⁾

Dong³⁵⁾은 IPS Empress 도재는 가열 및 가압 과정에서 굽힘 강도가 증가되고 staining 과정과 glazing 과정에서도 도재의 강도가 추가로 증가된다고 보고하였다. 이러한 부가적인 강도의 증가는 glass와 crystal의 서로 다른 열팽창 계수에 기인하는 것으로 보여진다. 즉, 도재강도 증가는 내부 미세구조의 조

절과 변화에 의해서 일어나는데 기존의 IPS Empress 세라믹의 미세구조에 대하여 동 등은 초기 주괴 상태에서는 백류석 결정들이 포도상의 균락형태를 이루다가 열가압 과정을 거치면서 넓게 분산된 상을 보인다고 보고하였고, 또한 동과 오³⁶⁾는 IPS Empress 세라믹은 약 1~5 μ m 직경의 불규칙한 타원형으로 보이는 백류석 결정들이 내부와 그 주위에 미세균열이 보이는 음형을 이루는데, 특히 결정 내부의 균열은 굵은 주균열들이 타원형 결정의 장축 방향의 직각으로 뻗어 있고 많은 작은 균열들이 이 주 균열들을 수직으로 연결하여 수많은 조각상을 보인다고 보고했다.

본 연구에서 이용된 IPS Empress 2 세라믹의 미세 구조에 대해 오 등³⁷⁾은 기존의 IPS Empress와는 반대로 결정을 싸고 있는 유리기질이 강산에 선택적으로 용해됨으로써 표층의 일부 결정들은 씻겨 나가고 일부가 유리기질과 결합된 여러 방향의 lithium disilicate 결정들이 표면에 양형으로 나타나며 또한 유리기질 내에 긴 막대기 형태의 성숙된 lithium disilicate 결정들이 60vol%이상으로 치밀하게 들어차 서로 엇갈려 있는 양상(interlocking pattern)을 보였고, 대부분 긴 lithium disilicate 결정들은 끊어진 채로 표면에 박혀 있는 모습을 보인다고 하였다. 이러한 결정들이 균열의 진행을 막고 30~40%의 용적비를 가진 IPS Empress 세라믹에 비해 결정의 함량이 증가되었을 뿐만 아니라 용융주조되고 소결되는 과정에서 결정들이 성장하여 유리기질과 동질의 결합이 이루어지게 되기 때문에 IPS Empress 세라믹보다 강한 강도를 가지게 되었다.

최근 들어 IPS Empress 세라믹 재사용 가능성을 알아보기 위한 여러 연구가 진행되어 왔는데 송 등³⁸⁾은 3회 반복 사용한 IPS Empress 세라믹에서 모두 95%이상의 pressing accuracy를 보임으로 반복사용의 가능성을 제시하였다. 진과 박³⁹⁾은 반복 사용한 IPS Empress 세라믹은 약간의 색변화를 보였으나 미세하여 임상적 사용 가능성을 제시하였다. 또한 진과 김⁴⁰⁾은 반복 사용된 IPS Empress ceramic의 굽힘강도 연구에서 1차 pressing한 경우나 2,3차 pressing한 시편의 경우에서 모두 굽힘강도의 차이를 보이지 않았으며 모든 경우에서 110MPa이상의 강도를 보였다고 하였다. 진과 송⁴¹⁾은 반복 사용된 IPS Empress ceramic의 염색저항성에 관한 연구에서

반복 사용함에 따라 저항성이 다소 감소됨을 보였으나 그 차이가 미세하여 재활용이 가능할 것으로 보고 하였다. 김⁴²⁾은 반복 사용된 IPS Empress ceramic의 마모도와 미세구조에 관하여 연구한 결과 1회 사용한 시편과 2회 사용한 시편간에는 마모도간의 차이가 없었다고 하였으며 사용횟수가 증가함에 따라 백류석결정이 잘 분산되었으나 백류석 내부의 미세균열과 유리기질내의 균열이 확산되는 경향을 보였다고 하였다. 박 등⁴³⁾은 재사용된 IPS Empress Cosmo ceramic의 이축굽힘강도에 관한 연구에서 처음 사용시와 재사용시의 굽힘강도간에 유의할만한 차이는 없었다고 보고하였다.

도재와 같이 깨지기 쉬운 재료는 기공과정이나 임상과정에서 발생할 수 있는 미세한 틈의 형성과 성장을 인해 실패할 수 있다. 파괴인성은 crack 전파에 대한 재료의 저항성을 측정하는 척도이다.⁴⁴⁾ 몇몇 방법이 파괴인성을 측정하는데 사용될 수 있지만 indentation 하중의 적용에 따른 radial crack의 직접적인 측정을 통한 indentation technique이 가장 잘 수렴되어있다.^{45,46)}이 방법은 필요한 시편이 상대적으로 작기 때문에 치과도재의 연구에 특히 적합하다.^{47,48)} Indentation technique은 시편 표면의 경도와 fracture toughness를 평가하기 위해 사용되어진다. indentation은 Vickers diamond를 사용하여 15초 동안 1kg 또는 9.8N 하중을 가하여 만들어진 diamond 모양의 indentation을 미세경도측정기를 통해 측정된다.

본 연구의 결과 반복 pressing을 시행했을 때 표면경도가 1차 pressing한 군에서 5.11 GPa, 2차 pressing한 군에서 4.89 GPa, 3차 pressing한 군에서 4.86 GPa로 나타나 반복하여 사용할수록 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 감소하는 것을 볼 수 있어 반복 사용시 임상예의 적용에 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다. 또한 파괴인성 측정결과 1차 pressing한 군에서 1.58 MN/m^{3/2}, 2차 pressing한 군에서 1.51 MN/m^{3/2}, 3차 pressing한 군에서 1.39 MN/m^{3/2}로 반복하여 pressing을 가할수록 파괴인성이 감소하는 것을 볼 수 있었으며 3차 pressing한 군에서 유의한 차이를 보이며 낮게 나타나 임상적용에 주의를 기울여야 할 것으로 추측되나 Gorman 등⁴⁹⁾의 연구에서 측정된 IPS Empress 세라믹의 파괴인성(1.33 Gpa)에 비해 본 연구에서 측정된 1차, 2차,

3차 pressing한 IPS Empress 2 세라믹의 파괴인성이 모두 높게 나타나 재사용 가능성을 조심스럽게 추측할 수 있다고 보여진다

산 처리 전후의 표면경도의 비교를 통해 산 부식 저항성을 측정 한 결과 불산처리시 1차, 2차, 3차 pressing한 군에서 각각 0.17 GPa, 0.06 GPa, 0.05 GPa의 차이를 보이며 감소하였고 탄산 처리시 1차와 3차 pressing한 군에서 각각 0.07 GPa, 0.05 GPa 씩 감소하여 산 처리시 IPS Empress 2의 표면경도가 다소 감소함을 알 수 있었다.

한편, IPS Empress 와 IPS Empress 2 시스템은 lost wax technique이이용하고 진공상태에서 열가압하는 방법으로 전통적으로 축조 소결하는 방법에 비해 변연 적합성이 우수한데 이러한 장점을 유지하는 것이 재사용 가능성을 평가하는데 중요한 부분이라 할 수 있다. 이러한 IPS Empress 2 세라믹의 pressing accuracy를 평가하기 위해 IPS Empress 세라믹의 pressing accuracy에 대한 송등³⁹⁾의 연구에서 사용된 시편의 디자인을 참고하여 IPS Empress 2 시스템에서 사용되는 ring base와 paper ring에 적합한 시편의 크기를 변형시켜 실험하였다. 실험 중 주괴를 재사용시 형태의 변형으로 인해 주입구에 맞지 않으므로 주괴를 알맞은 형태로 다듬어야 하는 어려움이 있었다.

본 연구에서 pressing accuracy를 측정 비교한 결과 1차 pressing한 군에서 77.22%의 accuracy를 보여 주었고, 2차 pressing시 85.68%, 3차 pressing 시 75.05%로 1차 pressing에 비해 다소 차이가 나타남을 볼 수 있었지만 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않아 재사용시 임상적용 가능성을 조심스럽게 시사한다.

본 연구결과 IPS Empress 2 세라믹의 에서 시행한 표면경도와 파괴인성 그리고 pressing accuracy가 IPS Empress 2의 재사용의 가능성을 조심스럽게 시사하고 있다. 그러나, 구강내에서의 만성적 스트레스와 스트레인, 급격한 온도변화와 같은 환경이 고려되지 못했다. 따라서 구강내의 환경을 적절히 고안한 추가적인 연구가 계속 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 IPS Empress 2 세라믹의 재사용 가능성을 높일 수 있도록 물성에 미치는 다른 요소들에 대한 비교 연구도 지속적으로 이루어 져야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 심미적인 보철 수복을 위해 사용되는 전부도재로 우수한 장점들을 가지고 있는 것으로 평가된 IPS Empress 2의 재사용 가능성을 알아보기 위하여 IPS Empress 2의 반복 pressing시 표면경도 및 파괴인성의 변화와 산에 대한 저항성, 그리고 pressing accuracy를 비교 관찰 하였다.

1회, 2회, 3회 반복 pressing하여 직경 10mm, 두께 1.5mm의 원판형의 시편을 제작하여 표면경도와 파괴인성을 미세경도측정기(MTX 70, Matsuzawa, Japan)로 측정하였으며 산 부식저항성을 알아보기 위해 0.5%의 불산에 1분간, 탄산음료인 코카콜라에는 일주일간 담 구어 산 처리 한 후 다시 표면경도를 측정하였다. 또한 격자형 왁스를 이용하여 도재의 반복 pressing시 pressing accuracy를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 표면경도는 1차, 2차, 3차 pressing한 군에서 각각 5.11 GPa, 4.89 GPa, 4.86 GPa로 나타나 1차의 경우에서 가장 높았다($p < 0.05$).
2. 1차 pressing시의 파괴인성은 $1.58 \text{ MPam}^{1/2}$, 2차 pressing 한 경우 $1.51 \text{ MPam}^{1/2}$, 3차 pressing한 경우에서 $1.39 \text{ MPam}^{1/2}$ 로 나타나 3차 pressing경우에서 가장 낮았다($p < 0.05$).
3. 불산처리 전후의 표면경도의 변화를 비교 한 결과 1차, 2차, 3차 pressing한 경우에서 각각 0.17, 0.06, 0.05GPa 의 변화를 보였으며, 탄산처리한 경우 각각 0.07, 0.00, 0.05MPa, 의 표면경도의 감소를 보였다.
4. Pressing accuracy는 1차 pressing시 77.22%, 2차 pressing시 85.68%, 3차 pressing시 75.05%로 나타났으며 2차 pressing의 경우 3차 pressing 시편에서보다 높게 나타났다($p < 0.05$).

본 연구 결과에서와 같이 반복 사용된 IPS Empress 2의 표면경도와 파괴인성, 산부식 저항성, pressing accuracy등은 1차 사용된 시편과 유사하게 나타나므로 IPS Empress 2의 반복 사용이 가능하리라 사용된다.

참고문헌

1. Nam SK. The Theory and fact of metal-ce-

ramics. Jeeseung, 1997.

2. Ryu SY, Lim JH, Cho IH. A study on the color stability of porcelain for porcelain fused to metal crown. J Korean Acad Prosthodont 2000;37:73-84.
3. Kim HS, Ju TS, Oh SC, Dong JK. A Study on the fracture strength of the IPS-Empress ceramic crown according to margin. J Korean Acad Prosthodont 1997;35:296-307.
4. 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.
5. Southam DE, Jorgensen KD. Faulty porcelain jacket crowns. Aust Dent J 1973;18:152-156.
6. Southam DE, Jorgensen KD : Faulty porcelain jacket crowns. Aust Dent J. 1972;17:436-440.
7. 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.
8. Land CH. A new system of restoring badly decayed teeth by means of an enamelled metallic coating. Independent Practitioner 1886;7:407.
9. McLean JW, Hughes H. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. Br Dent 1984;4:32-46.
10. Adair PJ, Grossman DG. The castable ceramic crown. Int J Periodont Rest Dent 1984;4:32-46.
11. Hobo S, Iwata T. Castable apatite ceramics as a new biocompatible restorative material. Theoretical considerations. Quintessence Int 1985;16:135.
12. Sozio RB, Riley EJ. The shrink-free ceramic crown. J Prosthet Dent 1983;49:182-7.
13. Vita Zahnfabrik. Vita Hi-ceram Working Instructions. Bad Sackingen Germany 1988.

14. Optec Hsp laboratory technique manual. Jeneric / Pentro Inc Wallingford CN January 1988.
15. Sadoun M. All ceramic bridges with the slip casting technique. Presented at the 7th international symposium on ceramics, Paris, September, 1988.
16. 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.
17. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-Pressed Ceramics : Technology and strength. Int J Prosthodont 1992;5:9-16.
18. Beham G. IPS-Empress : A new ceramic technology. Ivoclar-Vivadent Report 1990;6:1.
19. 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.
20. Holand W. Materials science fundamentals of the IPS Empress 2 glass-ceramic. Ivoclar Vivadent Report 1998;12:3-10.
21. Schweiger M, Holand W, Frank M. IPS Empress 2: A new pressable high-strength glass-ceramic for esthetic all-ceramic restorations. Quintessence DentTech 1999;22:143-151.
22. Severance G. Introducing a lithium disilicate glass-ceramic: IPS empress 2. Signature 1999;4:1-3.
23. Jochen DG, Caputo AA, Matyas J. Reuse of silver-palladium ceramic metal. J Prosthet Dent 1991;6:588-591.
24. Rasmussen ST, Doukoudakis AA. The effect of using recast metal on the bond between porcelain and gold-palladium alloy. J Prosthet Dent 1986;55:447-452.
25. Reisbick MH, Brantley WA. Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy. Int J Prosthodont 1995;8:346-350.
26. Henriques GE, Consani S, Rollo JM, Andrade E, Silva F. Soldering and remelting influence on fatigue strength of cobalt-chromium alloy. J Prosthet Dent 1997;78:146-152.
27. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT. Research evaluations of a lithium disilicate restorative system: IPS Empress2. Signature 1999;4:4-10.
28. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. Int J Prosth 1995;8:239-246.
29. Green DJ. Microcracking mechanism in ceramics, In Bradt RC, Evans AG, Lange FF, and Hasselman DP. Fracture Mechanics of ceramics. New York : plenum press 1983;15:457-478.
30. Gree DJ, Hannink FHJ, Swain MV. Transformation toughening of ceramics. Boca Raton, F.L. : CRC Press, 1989:57-91.
31. Faber KT, Evans AG. Crack deflection processes, I Theory. Acta Metall 1983;31:565-576.
32. Faber KT, Evans AG. Crack deflection processes, II Experiment. Acta Metall 1983;31:577-584.
33. Steinbrech R, Khehans R, Schaarwachter W. Increase of crack resistance during slow crack growth in A1203 bend specimens. J Mater Sci 1983;15:265-269.
34. Swanson PL, Fairbanks CJ, Lawn BR, Mai YW, Hockey BJ. Crack-inter-face grain bridging as a fracture resistance mechanism in ceramics. J Am Ceram Soc 1987;70:279-284.
35. Dong JK, Luthy J, Wohlwend A, Schärer P. Heat-pressed ceramics: Technology

- and Strength. *Int J Prosthodont* 1992;5:9-16.
36. Dong JK, Oh SC. A study on the microstructure of IPS Empress ceramic according to the heat treatment and the sprue type. *J Korean Acad of Prosthodont* 1998;36:73-86.
 37. Oh SC, Dong JK, Luthy H, Schärer P. Strength and microstructure of IPS Empress 2 glass-ceramic after different treatments. *Int J Prosthodont* 2000;13:468-72.
 38. Song BK, Park HB, Oh SC, Jin TH. A study on the pressing accuracy of the reused IPS-Empress ingot. *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35:357-364.
 39. Jin TH, Park HB. Physical properties of the reused IPS Empress ceramic. Part I. Color stability. *J Wonkwang Institute Dent Res* 1997;7:133-8.
 40. Jin TH, Kim HJ. Physical properties of the reused IPS Empress ceramic. Part II. Study on the flexure strength. *J Korean Acad Prosthodont* 1998;36:524-529
 41. Jin TH, Song YK. Physical properties of the reused IPS Empress ceramic. Part III. Study on the stain resistance. *J Korean Acad Prosthodont* 1999;37:776-780.
 42. Kim SD, Oh SC. A study on the wear and microstructure of reused IPS Empress ceramic. *J Wonkwang Institute Dent Res* 1998;8:21-36.
 43. Park EE, Oh SC. Biaxial flexure strength of reused IPS Empress Cosmo ceramic. *J Wonkwang Institute Dent Res* 2000;10:83-90.
 44. Seghi RR, Denry I, Brajevic F. Effects of ion exchange on hardness and fracture toughness of dental ceramics. *Int J Prosthodont* 1992;5:309-314.
 45. Anstis GR, Chantikul P, Lawn BR, Marshall DB. A critical evaluation of indentation techniques for measuring fracture toughness: I. Direct crack measurements. *J Am Ceram Soc* 1981;64:533-538.
 46. Chantikul P, Anstis GR, Lawn BR, Marshall DB. A critical critical evaluation of indentation techniques for measuring fracture toughness: II. Strength method. *J Am Ceram Soc* 1981;64:539-543.
 47. Morena R, Lockwood PE, Fairhurst CW. Fracture toughness of commercial dental porcelain. *Dent Mater* 1986;2:58-62.
 48. Jones DW, Rizalla AS, King HW, Sutow EJ. Fracture toughness and dynamic modulus of titrasilicic-mica glassceramic. *J Can Ceram Soc* 1988;57:39-46.
 49. Gorman CM, McDevitt WE, Hill RG. Comparison of two heat-pressed all-ceramic dental materials. *Dental materials* 2000;16:389-395.

Reprint request to:

Tai-Ho Jin, D.D.S., Ph.D.

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University
 344-2, Shinyong-Dong, Iksan 570-749, Korea
 jin@wonkwang.ac.kr

ABSTRACT

SURFACE HARDNESS AND PRESSING ACCURACY OF REUSED IPS EMPRESS 2

Oe-Soo Son, D.D.S., Yu-Lee Kim, D.D.S., Kyung-Ja Lee*, Tai-Ho Jin, D.D.S.

Department of prosthodontics, School of Dentistry and Central Lab.
Dental Infirmary, Wonkwang University*

Statement of problem : IPS Empress2 system was developed and used in prosthodontic treatment, but the cost of ingot is expensive for wide application.

Purpose : This study was to investigate the possibility on recycling of IPS Empress 2 ceramic for wide application of IPS Empress 2 ceramic in prosthodontic treatment.

Material and Method : 1st, 2nd and 3rd pressed disc-shaped(10×1.5mm) IPS Empress 2 specimens were made with IPS Empress ingot(200, Ivoclar, Liechtenstein) and pressing furnace(IPS Empress EP 500, Ivoclar, Liechtenstein).

Vicker's surface hardness and fracture toughness, acid resistance, and pressing accuracy of IPS Empress 2 ceramic were measured and analyzed.

Surface hardness was measured by microhardness tester(MTX 70, Matsuzawa, Japan) before and after surface treatment with 0.5% hydrofluoric acid and carbonic acid(Coca cola) for evaluation of acid resistance.

Results : The surface hardness of 1st pressed specimen was the higher(5.11 GPa) than those of 2nd pressed(4.89 GPa) and 3rd pressed specimen(4.86 GPa), and the fracture toughness of 1st pressed (1.58 MPam^{1/2}) and 2nd pressed specimen(1.51 MPam^{1/2}) were higher than that of 3rd pressed specimen(1.39 MPam^{1/2}). The changes of surface hardness of 1st, 2nd, and 3rd pressed specimens after treatment with fluorid acid were 0.17, 0.06, 0.05(GPa) respectively, and those of 1st, 2nd, and 3rd pressed specimens after treatment with carbonic acid were 0.07, 0.00, 0.05(MPa) respectively. The pressing accuracy of 1st, 2nd and 3rd specimen were 77.22%, 85.681%, and 75.05%. The pressing accuracy of 2nd pressed specimen was higher than that of the 3rd specimen.

Conclusion : The changes of physical properties according to recycling of IPS Empress 2 from this study were insignificant. Therefore the possibility of recycling of IPS Empress 2 can be suggested from the results.

Key words : IPS Empress 2, Surface hardness, Pressing accuracy, Recycling