

반복 사용된 IPS Empress 2의 굽힘강도와 색변화에 관한 연구

원광대학교 치과대학 치과보철학교실 및 원광치의학연구소

송영국 · 김유리 · 김성훈 · 안희영 · 진태호

I. 서 론

현대사회는 산업과 문명이 발달함에 따라 생활 수준은 날로 높아지고 있는 반면, 자원의 고갈 및 폐기물의 처리와 같은 부수적인 문제에 직면하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 대체자원의 개발과 자원의 재활용에 관한 연구가 진행되고 있으며, 이는 치의학 분야에서도 동일하게 적용될 수 있다고 하겠다.

최근 개발되고 있는 치과수복재료들은 많은 장점에도 불구하고 높은 재료비로 인해 그 임상적 활용이 제한되어 있어 치과재료의 재활용에 대한 연구들이 미약하나마 진행되어 왔는데, Westman¹⁾은 아말감의 재활용에 관하여 연구하였고, Reisbick과 Brantley²⁾은 재사용된 저금합금의 기계적인 성질에 관하여 연구하였다. Henriques등³⁾은 코발트-크롬에 대해, Jochen등⁴⁾은 은-팔라듐 세라믹 금속의 재사용에 대해 연구하였고, Hesby등⁵⁾은 비귀금속의 반복 사용시 물리적 성질의 변화에 대해 연구하여 반복 사용 가능성을 시사하였으며, 국내연구로는 김등⁶⁾이 팔라듐-은 합금의 반복 주조시 도재와 금속간의 화학적 결합에 관하여 연구하였고, 정등⁷⁾은 반복 주조된 합금의 피착면 처리에 따른 접착강도에 관하여 보고하였다. 그리고 김과 양⁸⁾은 치과도재용 금속의 재사용에 따른 금속과 도재간의 결합강도에 관하여 연구 보고하였다.

문화수준이 발달함에 따라 사람들의 심미에 대한 관심은 날로 높아져가고 있는데 이러한 현상은 치과

분야에서도 동일하게 나타나 환자들의 기능적인 수복뿐만 아니라 심미적인 수복에 대한 욕구도 높아져가고 있다. 이에 따라 치과의사는 치료계획 수립 및 수복재료 선택에 있어서 심미성을 중요한 고려사항으로 다루지 않을 수 없게 되었다. 특히 전치부수복에서 심미성이 더욱 중요시 되는데 기존에 사용하던 금속 도재관은 금속에 의한 불투명성 등으로 심미적 만족을 얻기에 부족한 면이 있었다. 이러한 금속도재관의 단점을 극복하고 더욱 자연스러운 수복을 위해 최근 여러 전부도재관(all-ceramic crown)이 개발되어 왔다. 전부도재관 중 최근 개발된 열가압성형 방식인 IPS Empress 시스템은 물리적 성질이 우수할 뿐만 아니라 만족스런 심미성을 얻을 수 있어 임상적 활용이 증가하고 있다.

IPS Empress 시스템⁹⁾은 납형을 제작하여 매물, 소환한 후, 고온으로 가열된 가압소성로에서 가압 성형하는 왁스 소환법의 비교적 간편한 술식을 이용하고 있다. IPS Empress 세라믹은 백류석강화형(leucite-reinforced) 도재의 한 종류로 백류석 결정은 유리기질을 강화하고 미세 균열이 전파되는 것을 막는 역할을 수행한다. 도재 주괴(ingot)의 색조를 각 환자의 치아색에 맞추어 선택할 수 있기 때문에 색조의 재현성이 우수하고 제작과정 중 백류석결정과 글라스의 열팽창계수의 차이로 인해 도재의 강도가 증가되는 특성을 보여 준다.¹⁰⁾

이러한 IPS Empress 세라믹의 재사용 가능성을 알아보기 위해 여러 연구가 있어 왔는데 송등¹¹⁾은 재사용된 IPS Empress 세라믹의 pressing accuracy에 관

하여 연구하여 반복사용의 가능성을 제시하였으며, 진과 박¹²⁾은 반복 사용된 IPS Empress 세라믹의 색안정성에 관하여, 진과 송¹³⁾은 반복 사용된 IPS Empress 세라믹의 염색저항성에 관해 연구하였다. 또한 진과 김¹⁴⁾은 굽힘 강도에 관하여, 김¹⁵⁾은 반복 사용된 IPS Empress 세라믹의 마모도와 미세구조에 관하여 연구하여 보고하였고, 박등¹⁶⁾은 재사용된 IPS Empress Cosmo 세라믹의 이축굽힘강도를 측정하여 재사용 가능성을 보고하였다.

IPS Empress 2 시스템은 기존의 IPS Empress 시스템과는 다른 새로운 화학적 성분과 결정구조를 가지고 있다. Schweiger등¹⁷⁾과 Ivoclar사는 유리기질 내에서 일정하게 결합된 lithium disilicate 결정체들이 서로 맞물리는 구조로 배열되어있는 IPS Empress 2 시스템을 개발하였는데 이러한 결정구조 때문에 IPS Empress 시스템 보다 높은 파절강도와 굴곡강도를 지니게 되었다. 또한 IPS Empress 2 시스템의 layering 성분은 미세한 형광인회석(fluorapatite) 결정체들로 구성되어 있어 생체친화성이 매우 높으며 자연치아와 매우 유사한 심미성을 제공하게 되었다^{17,18)}. 또한 IPS Empress 2는 도재전장관에 비해서 기계적인 특성뿐만 아니라 심미적으로도 많은 임상적인 장점을 보이며 IPS Empress 시스템과 동일한 방법으로 열가압과정을 통해 성형하는 방법으로 그 제작이 간편하여 현재 그 사용이 증가하는 추세이다.

그러나 IPS Empress 와 마찬가지로 IPS Empress 2 시스템은 높은 가격의 기공장비 및 재료를 요구하므로 이에 따른 환자의 경제적인 부담이 증가되는 단점이 있어 치과 보철영역에서 널리 사용되지 못하는 아쉬움이 있는 것이 사실이다. IPS Empress 시스템의 재활용에 대해서는 최근 여러 연구에서 다뤄져 왔으나 IPS Empress 2 시스템의 재활용에 대한 연구는 미흡한 형편이다.

본 연구에서는 IPS Empress 2의 재활용 가능성을 연구하여 이를 통한 임상적인 활용에 도움이 되고자 주괴의 반복 사용시 제반 물리적 성질의 변화에 관한 연구의 일환으로 반복 사용된 IPS Empress 2의 굽힘강도 및 색변화에 관하여 연구한 결과 다소의 지견을 얻었기에 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

도재시편 제작을 위한 주괴는 layering technique에 사용하는 IPS Empress 2 주괴(Type 2, Class 1, 색조200, Ivoclar, Liechtenstein)를 사용하였으며 열가압소성로(IPS Empress EP 500, Ivoclar, Liechtenstein)로 pressing하였다.

2. 시편 제작

원판형 도재 시편을 제작하기 위해 baseplate 왁스를 이용하여 직경 약 10 mm 두께 약 1.5 mm의 원판형 납형을 제작한 후 제작된 납형을 IPS Empress 링 기저부에 부착하였다. 매물재의 혼합방법은 IPS Empress 매물재 액과 증류수, 그리고 매물재 분말의 비율이 31ml : 13ml : 200g이 되도록 정확한 양을 계측하여 진공혼합법으로 60초간 혼합하고 매물링 하단부터 매물재를 채웠으며 매물재가 완전히 경화된 후 매물링 기저부와 매물링을 제거하고 기저부를 닦았다. 매물체와 알록스 플런저(alox plunger)를 소환로에 넣고 실온에서부터 5℃/min의 속도로 온도를 높여 250℃에서 30분간 계류시키고, 다시 온도를 높여 850℃에서 60분간 계류시켰다. 열가압소성로를 이용하여 IPS Empress 2 주괴를 넣고 가열 및 가압과정을 시행하였다. 가압과정이 끝난 매물체를 소환로에서 꺼내 실온까지 식힌 후 80μm의 글라스 비드로 매물체를 제거하였다. 1차 pressing하여 얻은 IPS Empress를 다시 이용하여 2차 pressing, 이를 다시 이용하여 3차 pressing한 시편을 각각 30개씩, 총 90개의 시편을 제작하였다

각 시편의 균일하고 활택한 표면을 얻기 위해 400, 800, 1200, 2000 grit SiC 연마지를 이용하여 단계적으로 연마한 후 1μm 다이아몬드 현탁액으로 최종 연마한 후 초음파 세척 후 증류수에 3일간 보관하였다.

3. 측정

① 굽힘강도 측정

본 연구에서는 이축굽힘시험법을 이용하여 굽힘파절강도를 실온의 대기 중에서 측정하였다. 직경

10mm의 시편이 안착될 수 있는 원통형 지그의 안쪽에 직경 3.2mm의 강구 3개를 중앙에서 동일한 거리로 정삼각형의 꼭지점에 해당하는 곳에 위치시키고 그 위에 시편을 얹어 만능시험기(Zwick 145641, Zwick, Germany)상에서 분당시험속도 0.5 mm/min로 직경 10mm의 supporting circle의 중앙점에 하중을 가하여 파절 순간의 하중치(N)를 기록하였다. 이때 원판형 시편의 표면에 좀더 균일한 하중을 가하기 위해 시편과 ball사이에 약 50 μ m의 플라스틱 필름을 개재시켰으며, 파절 시 부하 하중값을 얻은 후 아래와 같은 공식 1을 이용하여 시편하부의 중심점에서 파괴응력인 굽힘파절강도(σ)를 구하였다.

$$\sigma = AP / t^2 \text{ (공식 1)}$$

$$A = \frac{3}{4\pi} [2(1+\nu)\ln(a/R^2) + (1-\nu)(2a^2 - R^2)/(2b^2) + (1+\nu)]$$

$$R = \sqrt{(1.6r^2 + t^2)} - 0.675t$$

여기에서 P는 시편의 파절하중, ν 는 Poisson 비, a는 지점을 지나는 원주의 반경, b는 시편의 반경, t는 시편의 두께, r은 하중봉 끝의 강구의 반경, R은 하중봉과 시편 사이의 접촉면의 반경이다. 본 연구에서 Poisson 비는 0.25로 설정하였다. 측정결과는 SPSS프로그램을 이용하여 일원분산분석(One-way analysis of variance)을 실시하였고 각 군간의 유의성을 Scheffe test로 검정하였다.

② 색안정성 측정

색측정은 측색 색차계(Model TC-6FX, Denshoku Co., Japan)로 XYZ filter 방식의 CIE 표준 C광원을 이용하였으며 측정방법은 2광로 교조 측정 방식에 의한 적분구식 0-45법이었고 측정경은 3mm이었다. 색조 측정을 위하여 광학부에 흡광통을 놓고 영점조정을 한 후 광학부에 표준백색판을 놓고 표준조정을 시행하였다. 영점조정과 표준조정이 끝나면 시편에 광학부를 밀착시킨 후 색조 측정을 실시하였고, 각 시편당 시편의 다른 부위를 3회씩 실시하였다.

각 시편당 다른 3부위를 측정하여 XYZ 3자극치를 구하였으며 구하여진 XYZ를 컴퓨터 프로그램으로 색공간 좌표인 L*, a*, b*값 및 ΔE^* 값(색변화량)을 구하였다.

염색 저항성을 측정하기 위하여 염색 전후의 각 시편의 색측정을 시행하였는데 원형의 시편 중앙에 광

학부의 중심이 오도록 하고 동일한 부위를 반복 측정하도록 하여 각 시편에서의 염색 전후의 L*, a*, b* 값을 측정하여 그차이값인 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 구하였고 이를 이용 다음 공식에 의하여 ΔE^* 값을 환산하였다.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

얻어진 측정치들을 SPSS프로그램을 이용 각각의 평균값과 표준편차를 구하고 P<0.05 수준에서 일원분산분석(One-way analysis of variance)을 이용하여 통계처리 하였으며 각 군간의 유의성 검정을 위해 Scheffe test로 사후 검정하였다. 또한 염색 전후의 측정치들을 t-test로 검정, 비교하였다.

③ 염색저항성 측정

각 군들의 시편을 증류수에 희석된 중량비 0.05%의 매질렌블루 용액에 담구어 24시간동안 착색시켰다. 용액에 담구어 착색시키는 동안 시편이 골고루 착색되도록 30분 간격으로 시편이 담긴 용기를 잘 흔들어서 주었다.

착색이 끝난 후 각 시편을 비눗물 용액을 이용하여 1분 동안 초음파세척기에서 세척한 후에 다시 증류수로 1분 동안 세척한 다음 완전히 건조시켰다.

이러한 과정을 거친 각 군들의 시편을 색안정성 측정과 동일한 방법으로 측정한 후 pressing에 따른 염색 전후의 ΔE^* 값을 t-test로 비교하였다

Ⅲ. 연구성적

1. 굽힘강도

굽힘강도를 측정한 결과 1차 pressing한 경우 236.78 \pm 31.17 MPa, 2차 pressing 한 경우에서 247.16 \pm 8.65 MPa, 3차 pressing한 경우 220.72 \pm 34.18 MPa로 나타나 2차의 경우 1차, 3차에서보다 다소 높게 나타났으나 통계학적인 유의성은 없었다 (Table I).

Table I. Mean value of flexure strengths(MPa)

Pressing	Mean	S.D.	N	P
1st pressing	236.78	31.17	15	
2nd pressing	247.16	8.65	15	P>0.05
3rd pressing	220.72	34.18	15	

Table II. Mean and standard deviation of L*, a*, b*

Pressing	L*	a*	b*	N
1st pressing	65.83±1.25	-4.09±0.47	-0.08±0.42	15
2nd pressing	69.09±0.81	-2.89±0.33	-2.22±0.52	15
3rd pressing	69.42±0.98	-2.48±0.25	-1.43±0.52	15

Table III. Mean value of ΔE*

Pressing	Mean	S.D.	N	P value
1st pressing	31.31	1.25	15	a
2nd pressing	28.06	0.80	15	b,c
3rd pressing	27.68	1.01	15	c

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

2. 색안정성

Pressing에 따른 시편의 색변화를 측정된 결과 L*은 1차 pressing한 군에서 65.83±1.25, 2차 pressing한 군에서 69.09±0.81, 3차 pressing한 군에서 69.42±0.98로 나타나 반복시행 할수록 양의 방향으로 변화를 보였으며 a*값은 1차 pressing한 군에서 -4.09±0.47, 2차 pressing한 군에서 -2.89±0.33, 3차 pressing한 군에서 -2.48±0.25로 나타나 반복사용 할수록 음의 값이 작아지는 방향으로 변화를 보였다. 또한 b* 값은 1차 pressing한 군에서 -0.08±0.42, 2차 pressing한 군에서 -2.22±0.52, 3차 pressing한 군에서 -1.43±0.52로 나타나 2차 pressing시 음의 값이 가장 크게 나타났다(Table II). 한편 ΔE*값의 차이는 1차 pressing한 군과 2차 pressing한 군 사이에서 3.25의 차이를 보였고, 2차 pressing한 군과 3차 pressing한 군에서는 0.38, 1차 pressing한 군과 3차 pressing한 군 사이에서는 3.63의 차이를 나타냈다. 1차와 2,3차 간에서는 통계학적 유의성을 보였으나 2차와 3차 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table III).

3. 염색저항성

염색 전 후의 ΔE*값의 변화를 비교 분석한 결과 1차 pressing 시편의 염색 전후 ΔE*값의 차이는

Table IV. Mean value of ΔE* before and after staining

Pressing	Staining	Mean	S.D.	P value
1st pressing	Before	31.31	1.25	*
	After	32.74	1.39	
2nd pressing	Before	28.06	0.80	*
	After	30.70	0.91	
3rd pressing	Before	27.68	1.01	*
	After	29.13	1.07	

* : The mean difference is significant at the .05 level(P<0.05)

1.43으로, 2차 pressing시편의 경우 2.64, 3차 pressing시편의 경우는 1.45으로 나타났다. 1차, 2차, 3차 pressing 한 모든 군에서 염색 전후간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(Table IV).

IV. 총괄 및 고찰

최근 들어 심미에 대한 환자들의 욕구가 높아짐에 따라 보철물 제작 시 강도, 변연 적합도 등 보철물의 필수조건과 더불어 심미성의 비중이 더욱 높아지고 있다. 전부도재관은 자연치아와 유사한 빛의 투과성을 보여 전치부위의 심미적 수복 시, 우선적으로 고려될 수 있다. 그러나 초기의 전부도재관들은 파절에 대한 취약성¹⁹⁾으로 임상에서의 사용이 제한되었기 때문에 이를 극복하기 위한 지속적인 노력의 결과, 최근에는 적합성과 심미성 그리고 강화된 파절 강도를 강조하는 새로운 전부도재관이 소개되기 시작하여 전부도재관의 사용범위가 전치부는 물론 구치부까지 확대되어 전부도재관의 임상적 사용을 촉진시키는 계기가 되었다.²⁰⁾

Ivoclar사에서 상품화한 IPS Empress는 금속관 제작방법과 같이 왁스를 소환하여 몰드를 얻은 후, 도재를 높은 열로써 점액성으로 녹인 다음 강한 압력

으로 압축성형시키는 열가압제작법(heat-press technique)을 사용하는 간편한 술식이다.^{9,21,22)} 이 시스템의 장점은 첫째, 주괴가 자연치와 유사한 투명도를 갖고, 각 개인의 상아질 색상에 맞게 색상화 되어 있는 도재 코어를 사용하며, 반복 채색작업이 가능하기 때문에 심미성이 매우 우수한 점이고 둘째, 높은 압력으로 응축되므로 내부구조가 치밀해지고 기포가 적어 유리-도재계 보다 높은 굴곡 강도를 갖는다는 점이며 셋째, 미리 부분적으로 결정화된 주괴를 열가압함으로써 소성으로 인한 수축이 최소화되고, 변연을 왁스로 직접 마무리하는 왁스 소환법을 이용함으로써 변연의 적합성이 우수한 점이다.²³⁻²⁵⁾

하지만 IPS Empress 세라믹은 굴곡강도가 200 MPa이하로 고정성 국소의치를 제작하는데는 그 강도가 충분치 못해 단일 치아의 수복에만 사용되어 왔다.²⁶⁾

최근에는 IPS Empress 시스템의 단점을 보완하여 고정성 국소의치에도 사용할 수 있는 400MPa 이상의 강도를 지닌 IPS Empress 2 시스템이 개발되었는데²⁷⁾ 이것은 기존의 IPS Empress 시스템과 동일한 열가압제작법을 사용하므로 특별한 기술을 습득하지 않고도 기존의 시스템보다 더 나은 심미와 기능을 가진 보철물을 얻을 수 있다. 또한 Empress 2 시스템의 layering 도재는 향상된 물리적 성질과 자연치에 가까운 빛의 투과도를 가진 새로운 형식의 글라스 세라믹으로서, 표현가능한 색조의 범위와 표현방법이 더욱 다양하여 자연치의 생동감을 사실적으로 재현할 수 있는 장점을 가진다. Empress 2 시스템이 기존의 Empress 시스템과 다른 점은 도재를 이루는 결정의 종류와 단위 체적당 차지하는 결정의 용적비율이다. Empress 시스템은 30~40%의 결정 용적비를 가진 맥류석 강화형도재 세라믹이며, Empress 2 시스템은 용적이 60%이상인 lithium disilicate 글라스 세라믹이다. 이것을 사용하여 framework을 제작하며 그 위에 형광인회석이 포함된 글라스 세라믹을 축성하여 전체적인 모양을 완성한다.²⁷⁾

이러한 IPS Emress 2의 재사용 가능성을 평가하는데 반복 pressing시 굽힘강도 변화, 색변화 및 염색저항성을 비교분석하는 것은 중요한 부분이라 하겠다.

도재관이 치아 수복물로서 기능을 발휘하기 위해서는 교합력에 견딜 수 있는 충분한 강도를 지녀야

한다. 일반적으로 보철물에는 압축력, 인장력, 그리고 전단력이 복잡한 양상으로 작용하게 된다. 이러한 힘을 표준화된 시편에서 검사하는 것이 필요하며, 성공적인 사용여부를 결정할 수 있게 한다. 깨지기 쉬운 도재같은 재료에서는 원하지 않는 gripping이나 edge fracture 때문에 여러 유형의 파절이 일어나게 된다. 많은 실험방법들에서 도재의 파절강도 값은 비교적 넓은 분포를 보이고 있고 일관성 있는 실험 값을 보이는 방법은 없다.²⁸⁾

취성이 강한 도재의 파절강도를 측정하기 위해서는 일반적으로 이축굽힘시험, 단축 굽힘시험, 그리고 간접인장시험법 등이 사용되어왔다. 일반적으로 두께가 얇은 취성재료의 굽힘강도를 평가하기 위해 원관형의 시편을 이용하는 이축굽힘시험(biaxial flexure test)이 널리 사용되고 있다. 시편의 지지와 하중을 가하는 방식에 따라 여러 가지 측정법이 제안되고 있으나 일반적으로 원주상의 세 위치에서 시편을 지지하고 중앙점에서 하중을 가하는 방식인 ball-on-three ball법이 널리 적용되고 있다. 3점 및 4점 굽힘 시험과 같은 단축굽힘시험(uniaxial flexure test)은 지점에서 응력집중에 의한 파절이 나타날 수 있고 비교적 치수가 큰 공학재료를 위해 설계되었으므로 소량으로 공급되는 치과재료의 시험에는 용이하지 않으며 또한 큰 시편에서 나타나는 열팽창계수와 결합의 특성이 작은 치수가 요구되는 임상적 치료에 동일하게 반영되지 않는 등의 문제점이 나타날 수 있다. 반면에 이축굽힘시험은 중앙하중점에서 최대인장응력이 나타나므로 부적절한 선단의 홈집에 의한 영향이 적으며 약간 굽은 시편에서도 굽힘강도를 용이하게 측정할 수 있는 장점이 있어 단축 굽힘시험보다 신뢰도가 높은 방법으로 간주되고 있다.^{20,29-31)}

이축굽힘시험의 중요한 가설은 시편이 동질성의 구조를 가진다는데 있다. 도재가 완전히 동질의 것은 아니지만 시편의 상이한 기하학적인 형태는 이 시험방법에서 무시 할만하다고 여러 연구에서 보고하고 있다.³²⁾

도재의 이론적인 강도는 silicone-oxygen결합을 파괴하는데 필요한 힘으로 18 GPa³³⁾이나 실제강도는 이보다 1/10~1/1000정도로 약하다.³⁴⁾ 전부도 재관의 굴곡강도에 대한 다른 연구들을 보면 Ergle 등³⁵⁾은 Empress의 굴곡강도를 평균 135.7 MPa로 측

정하였으며 Cattell³⁶⁾은 Empress의 굴곡강도가 117.3 MPa로 Cerniate porcelain과 더불어 높게 나타났다 그러나 Alpha porcelain등 다른 실험군과의 유의한 차이는 없었다고 한다. Giordano³⁷⁾은 4점 굴곡강도 실험에서 Vita VMK가 67 MPa, IPS Empress는 65 MPa, In-Ceram alumina는 236 MPa 이라고 한다. 보고된 바에 의하면 Seghi와 Sorensen³⁸⁾은 3점 굴곡강도 실험에서 Vita VMK는 70.78MPa Empress(staining 하지않은것)는 92.74 MPa, staining 과 glazing을 한 경우에는 121 MPa, In-Ceram은 446 MPa이라고 한다. 최근 Kappert³⁹⁾ biaxial flexural strength를 조사하여 IPS Empress 2의 굴곡강도가 433 MPa, In-Ceram alumina는 430 MPa, Empress는 130 MPa, Vita VMK는 120 MPa 이라고 보고하고 있다.

도재의 강도 증가는 내부 미세구조의 조절과 변화에 의해서 일어나는데, 주로 유리로 이루어진 장식 도재와는 다른 미세구조를 보유하고 있어서 내부의 강화된 결정화 기질(crystalline matrix)로 인해 강도 증가가 일어나며 이러한 결정상(crystalline phase)의 양과 특성이 도재의 물리적, 시각적 성질을 조절하는데 중요한 역할을 한다. Sorensen⁴⁰⁾은 IPS Empress 2가 기존의 IPS Empress 세라믹보다 강한 강도를 보이는 이유는 긴 막대기 형태의 lithium disilicate 결정들이 서로 얽혀있어 균열의 진행을 막을 뿐만 아니라 결정의 함량을 60%이상으로 증가시켰기 때문이며, 용융 주조, 소결되는 과정에서 결정들이 유리기질과 동질의 결합이 이루어지게 되기 때문이라고 하였다.

본 연구에서 반복 pressing된 IPS Empress 2의 굽힘강도를 측정하여 비교하였는데 2차 또는 3차 pressing시에도 굽힘강도에는 유의한 차이를 보이지 않으며 모든 경우에서 200MPa이상의 강도를 보여주었다.

전부도재관은 충분한 강도를 지녀야 할 뿐 만 아니라 심미적인 수복을 위해서는 색이 큰 변화 없이 안정적이어야 한다. 물체의 색이란 주어진 광원이 물체에 조사될 때 반사, 투과, 산란, 또는 흡수 될 때 반사되는 빛을 관측자의 눈이나 측정기의 감각소자가 감지하는 것으로⁴¹⁾ 색을 측정하는 방법에는 시각적 색측정법, 물체의 삼자극치를 측정하는 자극치 직독방법과 분광학적인 특성을 측정하는 방법 등이

있다.

시각적 측정방법은 술자의 심리적이고 정신적인 상태에 따라 다른 매우 주관적 표현이라 측정하는 술자에 따라 다른 결과가 나와 오차의 범위가 크다고 볼 수 있다.^{42,43)}

자극치 직독방법으로는 CIE 시스템과 Munsell 시스템이 광범위하게 이용되고 있는데 Munsell 시스템은 색상, 명도, 채도의 3가지 변수에 의해 3차원 좌표로 표현해 색을 정의하는 것으로 표준화된 색을 이용하여 육안적으로 색을 규명하는 것이다. CIE 시스템은 가시광선영역의 스펙트럼에서 XYZ의 3자극치를 구해 색조분석기에 의해 3차원의 색공간에서 좌표화하여 색을 규정하는 것으로 1976년 국제조명 위원회에서 채택되었으며 색조는 CIE-Lab색측도를 이용한다.^{41,43,44)} 여기서 L*(Luminance)은 명도를 나타내며 0부터 100까지의 수로 표시하며 0은 완전한 검정색이며 100은 완전한 백색으로 나타낸다. a*는 적색과 녹색의 정도를 나타내는 지표이며 -60부터 80까지로 값이 양일 때 적색, 음의 값일 때 녹색에 가까우며, b*는 황색과 청색의 정도를 나타내는 지표로서 그 범위는 -80부터 60까지이며 양의 값이면 황색, 음의 값이면 청색에 가까움을 나타낸다.

심미적인 수복재료에서 색의 안정성은 매우 중요한 요소이며 인체의 구강내 환경은 자주 변화하며 특히 환자가 섭취하는 여러 음식물의 색소등에 의한 염색으로 구강내 보철물들의 심미성이 감소될 수 있다고 사료되기 때문에 본 연구에서는 반복 pressing된 IPS Empress 2의 색변화를 측정하였고 이를 0.05% 메틸렌 블루 용액에 담근 후 염색 후의 색변화를 측정하였다.

본 연구에서 2차 pressing시편은 1차 pressing시편에 비해 3.25의 색변화량(ΔE)의 차이를 보이고 3차 pressing시편은 1차 pressing시편에 비해 3.63의 색변화량의 차이를 보인다. 또한 1차 pressing시편의 염색전후 색변화량 차이는 1.43, 2차 pressing시편의 경우 2.64, 3차 pressing시편의 경우는 1.45로 나타났다. Goldstein과 Schmitt⁴⁵⁾는 고도로 훈련받은 술자는 0.4의 ΔE^* 값의 변화를 인지할 수 있다고 하였고, O'Brien⁴⁶⁾은 ΔE^* 값의 변화가 1일 때 우수하며, 2일 때 임상적으로 수용가능하며, 3.7이상이면 임상적으로 문제가 있다고 하였다. 그러나 ADA는 2이내의 ΔE^* 값을 shade guide를 위한 한계로 정하였

다.⁴⁷⁾ 본 연구에서의 색 변화는 O' Brien등의 기준으로 볼 때 모두 3.7이하로 수용할 만한 것으로 사료된다.

본 연구결과, 반복 사용된 IPS Empress 2의 굽힘강도 및 색변화 측면에서 재사용 가능성을 신중하게 시사하고 있다.

그러나 구강 내에서의 만성적 스트레스와 급격한 온도변화와 같은 환경이 고려되지 못했다. 따라서 적절히 고안된 실험적인 비교연구와 임상연구가 계속 이루어져야 할 것으로 생각된다.

이러한 IPS Empress 2의 재사용은 pressing후 주괴의 형태가 처음의 실린더 형태와는 다르게 납땜으로 인해 가열, 가압 시 매물재의 파절 및 기포의 발생으로 실패하는 경우가 종종 있었다. 특히 남은 주입선을 추가하여 사용한 경우가 주입선을 절단하고 남은 주괴를 다듬은 후 추가하여 사용한 경우보다 더 많은 문제점이 나타남을 볼 수 있었다. 본 실험의 경우 먼저 기존의 주괴모양으로 제작한 2차, 3차 주괴를 사용하였으나 임상활용에서는 이와는 달리 남은 주괴를 이용해야 하므로 재사용 시에는 주입선을 절단하고 가능한 한 플런저에 맞는 형태대로 다듬어 줘야 pressing시 실패를 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 사용상의 위와 같은 어려움은 있지만 재활용을 통해 고가의 재료를 절약하게 된다면 이는 IPS Empress 2의 임상적 활용 확대에 도움을 줄 수 있으리라 사료되는 바이다.

V. 결 론

본 연구는 심미적으로 우수한 장점을 가지고 있어 최근 점차적으로 사용이 증가하고 있는 IPS Empress 2 시스템의 임상적 활용을 돕기 위하여 IPS Empress 2의 재활용에 관하여 연구하고자 하였다. 1차, 2차, 그리고 3차 반복 사용된 IPS Empress 2로 직경 10mm, 두께 1.5mm의 원판형의 시편을 제작하고 만능시험기(Zwick 145641, Zwick, Germany) 상에서 분당시험속도 0.5 mm/min의 조건으로 이축 굽힘강도를 측정 비교하였다. 또한 측색 색차계(Model TC-6FX, Denshoku Co., Japan)를 이용하여 pressing에 따른 색안정성을 측정하였고, 염색저항성을 알아보기 위해 0.05%의 메틸렌블루 용액으로 염색한 후 염색전후의 색변화를 측정하여 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 반복사용된 IPS Empress 2 시편의 굽힘강도는 1차 pressing한 경우 236.78 MPa, 2차 pressing한 경우에서 247.16 MPa, 3차 pressing한 경우에서 220.72 MPa로 나타나 2차 pressing한 경우에서 다소 높았으나 통계학적인 차이는 없었다($p>0.05$).
2. Pressing에 따른 색변화는 1차와 2차 pressing간에는 3.25, 1차와 3차 pressing간에는 3.63의 차이를 보였다($P<0.05$).
3. 염색 전후의 색변화는 1차 pressing 군에서 1.43, 2차 pressing군에서 2.64, 3차 pressing군에서 1.45로 나타나 2차 pressing한 경우에서 높게 나타났다($p<0.05$).

이상에서의 결과와 같이 IPS Empress 2의 굽힘강도와 염색저항성은 1차 pressing한 경우와 2, 3차 pressing한 경우에서 유사하였으나 pressing에 따라 다소의 색변화가 나타남으로써 부분적인 재사용의 가능성을 제시할 수 있는 것으로 사료된다.

Reference

1. Westman JF. Recycling amalgam and keeping in sample. Northwest Dent 1997; 76:19-24.
2. Reisbick MH, Brantley WA. Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy. Int J Prosthodont 1995;8:34-50.
3. Henriques GE, Consani S, Rollo JM, Andrade E, Silva F. Soldering and remelting influence on fatigue strength cobalt-chromium alloys. J Prosthet Dent 1997; 78:146-52.
4. Jochen DG, Caputo AA, Matyas J. Reuse of silver-palladium ceramic metal. J Prosthet Dent 1991;65:588-91.
5. Hesby DA, Kobes P, Garver DG, Pelleu GB. Physical properties of a repeatedly used nonprecious metal alloy. J Prosthet Dent 1980;44:291-3.
6. Kim TK, Lee SH, Yang JH, Chong HY. An experimental study on the bond strength at the interface between porcelain and suc-

- cessively recast palladium-silver ceramic alloy. *J Korean Acad Prosthodont* 1989; 27:31-47.
7. Jung KT, Yang JH, Lee SH, Jung HY. An experimental study on the bond strength of adhesive resins to successively recast alloys for resin-bonded restorations. *J Korean Acad Prosthodont* 1990;28:53-66.
 8. Kim I, Yang HS. A study on the bond strength between reused dental alloys and porcelain. *J Korean Acad Prosthodont* 1993;31:181-190.
 9. Becham G. IPS-Empress. A new ceramic technology. Ivoclar-Viavadent report 1991;100:404-408.
 10. Machert JR, Russel CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont* 1996;9:261-265.
 11. 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.
 12. Jin TH, Park HB. Physical properties of the reused IPS Empress ceramic. Part I. Color stability. *J Wonkwang Institute Dent Res* 1997;7:133-138.
 13. 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.
 14. 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.
 15. 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.
 16. Park EE, Oh SC. Biaxial flexure strength of reused IPS Empress Cosmo ceramic. *J Wonkwang Institute Dent Res* 2000;10:83-90.
 17. Schweiger M, Holand W, Frank M et al. IPS Empress 2. A new pressable high-strength glass-ceramic for esthetic all ceramic restoration. *Quintessence Dent Tech* 1999;22:143-151.
 18. 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.
 19. Southan DE, Jorgensen KD. Faulty porcelain jacket crowns. *Aust Dent J* 1973; 18:152-156.
 20. Oh SC, Dong JK. A study on the flexural strength of heat-pressed ceramics according to sprue designs. *J Korean Acad Prosthodont* 1997;35:130-143.
 21. IPS-Empress working procedures, Ivoclar AG, Schaan, Liechtenstein 1991.
 22. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics. Technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992;5:9.
 23. Krejci I, Krejci D, Lutz F. Clinical evaluation of a new pressed glass ceramic inlay material over 1.5 years. *Quintessence int* 1992;23:181-186.
 24. Sorensen JA, Fanuscu MI, Choi C, Mifo W. Status of clinical trial on Empress crown. *J Dent Res* 1995;74:159.
 25. Tidehag P, Gunne J. A 2-year clinical follow-up study of IPS Empress ceramic inlay. *Int J Prosthodont* 1995;8:456-460.
 26. Pröster L. Compressive strength of two modern all-ceramic crowns. *Int J Prosthet* 1992;4:409-414.
 27. IPS Empress 2 working procedures, Ivoclar AG, Schaan, Liechtenstein 1998.
 28. McLean JW. The science and art of dental ceramics. Volume 1 The nature of dental ceramics and their clinical use. Quintessence Publishing Co 1979.

29. Cattell MJ, Knowles JC, Clarke RL, Lynch E. The biaxial flexural strength of two pressable ceramic system. *J Dent* 1999;27:183-196.
30. Marshall DB. All improved biaxial flexure test for ceramics. *Am Ceram Soc Bull* 1980;59:551-553.
31. Shetty DK, Rosenfield AR, Duckworth WH, Held PR. A biaxial flexure test for evaluating ceramic strength. *J Am Ceram Soc* 1983;66:36-42.
32. Lamon J. Statistical approaches to failure for ceramic reliability assessment. *J Am Ceram Soc* 1988;71:106-112.
33. Eagan RJ, Swearingen JC. Effect of composition on the mechanical properties of aluminosilicate and borosilicate glasses. *J Am Ceram Soc* 1978;61:28.
34. Jones DW. The strength and strengthening mechanisms of dental ceramics. Quintessence Publishing Co 1983:83-141.
35. Myers ML, Ergle JW, Fairhurst CW, Ringle RD. Fatigue failure parameters of IPS Empress porcelain. *Int J Prosthodont* 1994;7:549-553.
36. Cattell MJ, Clarke RL, Lynch EJ. The transverse strength, reliability and microstructural features of four dental ceramics. Part I. *J Dent* 1997;25:399-407.
37. Kelly JR, Giordano R, Pober R, Cima MJ. Fracture surface analysis of dental ceramics. *Int J Prosthodont* 1990;3:430-440.
38. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont* 1995;8:239-246.
39. Kappert HF. Examination report to Ivoclar AG, Schaan, Liechtenstein 1998.
40. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT. Research evaluations of a lithium disilicate restorative system. *IPS Empress 2. Signature* 1999;4:4-10.
41. Jin TH. A study on the color stability and bond strength of denture base repair resins. *J Korean Acad Prosthodont* 1995;33:24-31.
42. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color difference on translucent dental porcelains. *J Dent Res* 1989;68:1760-1764.
43. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990;69:1180-1183.
44. Esquivel JF, Chai J, Wozniak WT. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. *Int J Prosthodont* 1995;8:479-485.
45. Goldstein GR, Schmitt GW. Repeatability of a specially designed introral colorimeter. *J Prosthet Dent* 1993;69:616-619.
46. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new small color difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990;69:1762-1764.
47. Esquivel JF, Chai J, Woznik WT. Color stability of low-fusing porcelain for titanium. *Int J Prosthodont* 1995;8:479-485.

Reprint request to:

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

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University
 344-2, Shinyong-Dong, Iksan 570-749, Korea
 Tel. 82-63-850-6638
 jintaiho@yahoo.co.kr

ABSTRACT

FLEXURE STRENGTH AND COLOR CHANGE OF REUSED IPS EMPRESS 2

Young-Kuk Song, D.D.S., M.S.D., Yu-Lee Kim, D.D.S., M.S.D.,
Sung-Hoon Kim, D.D.S., M.S.D., Hee-Young Ahn, D.D.S., M.S.D.,
Tai-Ho Jin, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Wonkwang Dental Research
Institute, Wonkwang University*

Development of new ceramic and esthetic need of patient increased the use of ceramic restorations. The purpose of this study was to confirm the possibility of recycling for IPS Empress2 which has a lot of advantages in esthetics.

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

Flexure strength was measured with universal testing machine(Zwick 145641, Zwick, Germany), and color change and staining resistance of specimens were evaluated with colorimeter (Model TC-6FX, Tokyo Denshoku Co., Japan).

The followings were drawn from this study :

1. Flexure strength of the 1st, the 2nd, and the 3rd pressed specimens showed 236.78 MPa, 247.16MPa, and 220.72MPa, respectively. Flexure strength of the 2nd pressed specimens was higher than others, but there's no statistical difference between them.
2. The color difference between the 1st and the 2nd pressed specimens was 3.25, and that between the 1st and the 3rd pressed specimens was 3.63(P<0.05).
3. The color change after staining of the 1st, the 2nd, and the 3rd pressed specimens were 1.43, 2.64, and 1.45, respectively.

In this study, reused IPS Empress 2 specimens showed insignificant change of flexure strength and stain resistance, but they showed some color change according to reuse. From this results, the limited possibility of reuse for IPS Empress 2 could be considered.

Key words : IPS Empress 2, Flexure strength, Color change, Stain resistance