

반복사용된 IPS-Empress ceramic의 물리적 성질에 관한 연구 Part II:굽힘강도에 관한 연구

원광대학교 치과대학 보철학교실

진태호 · 김희진

I. 서 론

심미적 수복을 위한 전부도재관(all ceramic crown)의 종류로는 백금박을 이용하는 알루미늄 강화 코어계와 내화다이법을 이용하는 Hi-Ceram, In-Ceram, Optec등과 왁스소환법을 이용하는 IPS-Empress, Dicor, Cerapearl의 방법등을 들 수 있다.

1990년에 소개된 IPS-Empress system은 single unit crown, inlay or onlay, laminate veneer 등을 제작할 수 있는 all ceramic crown system의 한 방법으로 자연치와 유사한 투명도를 갖으며, 심미성이 우수하고 변연 적합성이 뛰어나며, 부가적인 도재 축성과 소성과정이 없어 제작과정이 간편하고 색조 선택이 용이하며 치아의 재현성이 높다. 그리고 Staining & Glazing firing과정을 통하여 보강재 역할을 하는 leucite 양의 증가로 인해 충분한 강도를 지닌 치아 수복물의 제작이 가능하다. 또한 ingot 은 미리 색조를 띠고 있으므로 shade guide에 의한 색조선택이 가능하다는 장점이 있다.

1992년 Luthy등¹⁾과 Probster등²⁾은 IPS-Empress ceramic의 강도에 관하여 연구하였고, Molin과 Karlsson³⁾은 금인레이와 세라믹 인레이의 적합도를 비교연구하였으며, 1994년 Myers등⁴⁾은 IPS-Empress ceramic의 피로강도에 관하여 연구하였다. Ratledge등⁵⁾은 범랑질에 대한 IPS-Empress ceramic

의 마모도를 비교연구하였으며 1995년 Sjogren⁶⁾은 여러 세라믹 인레이의 적합도에 관하여 연구하였다.

치과용 재료의 발달과 더불어 사용된 재료의 재사용(recycling)에 대한 연구가 미약하나마 시작되어 왔는데 교정치료용 니켈-티타늄 합금^{7,8)} 및 브라켓⁹⁻¹²⁾의 재활용에 관한 연구가 있었으며, 보철치료용 재료의 재활용과 관련된 연구로는 Henriques 등¹³⁾이 코발트-크롬합금에 관하여, Khamis 과 Seddik¹⁴⁾이 치과용 비귀금속에 관하여연구하였고 기타 Jochen 등¹⁵⁾, Reisbick과 Brantley¹⁶⁾의 합금에 관한 연구등이 있다. 그러나 합금을 제외한 기타 재료에 관하여서는 그 재활용에 관한 연구가 미흡한 실정이다.

앞서 언급한 IPS-Empress system은 높은 가격의 기공장비 및 재료를 요구하므로 이에 따른 환자의 경제적인 부담이 증가되는 단점이 있어 치과 보철 영역에서 널리 사용되지 못하는 아쉬움이 있는 형편이다.

본 연구의 목적은 IPS-Empress ceramic재료의 재활용의 가능성을 연구하여, 이를 통한 치료비의 절감등으로 심미적인 장점등을 지닌 지닌 IPS-Empress system을 치과보철임상에 널리 적용하고자 ingot의 재활용시 제반 물리적 성질의 변화에 관한 연구의 일환으로 재활용시의 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도에 관하여 연구한 바, 이에 보

“이 논문은 1997년도 원광대학교의 교비지원에 의하여 연구됨”

고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 시편 제작

Base plate 왁스를 사용하여 직경 12mm의 왁스 시편을 제작한 후 IPS-Empress system에서 사용되는 layering technique용 매몰재(Ivoclar Co.)와 plastic ring base, IPS-Empress paper investment ring, investment gauge, ring stabilizer을 사용하여 진공매몰 하였으며 제조회사의 지시에 따라 소환하였다.

A-shade의 ingot을 사용하고 IPS-Empress system의 Pressing furnace (Ep500, Ivoclar Co.)를 이용하여 pressing하였으며 pressing이 끝난 후 서서히 냉각시킨 다음 Pen-blaster(Shofu Co,Japan)를 이용하여 devesting하였다.

처음의 ingot을 사용하여 10개의 왁스시편을 pressing한 후 1차로 10개의 시편을 얻었으며 이때 devesting후 남은 부분을 재 사용하여 10개의 왁스 시편을 pressing함으로 또 다른 2차의 10개의 시편을 얻었다. 같은 과정을 통하여 3차의 시편 10개를 제작하였다. Pressing 후 서냉시킨다음 Pen-blaster를 이용하여 50~100 μ m의 glass beads로 devesting하였다. Stone point등을 이용하여 시편을 연마한 후, 각 시편의 표면 거칠기와 두께를 균일하게 하기 위하여 400grit 에서부터 1,000grit까지의 사포를 이용하여 직경 12mm, 두께 1.5mm의 시편을 제작하였다.

2. 굽힘강도 측정

만능시험기(Zwick 145641, Zwick, Germany)를 이용하여 분당시험속도를 1.0mm로 하여 파절순간의 하중치(N)를 구한후에 아래와 같은 공식을 이용하여 시편하부의 중심점에서의 파괴응력인 굽힘강도(σ)로 환산하였다.

각 시편의 두께를 측정된 다음 원통형 지그를 이용하고 직경 3.15mm의 금속볼을 이용하여 3점에서 지지토록하였다. 만능시험기의 분당시험속도는 1mm로 하였고 피스톤의 끝이 시편중앙에

오도록 하여 파절순간의 하중(N)을 구하였다. 얻어진 값을 다음의 공식들을 이용하여 시편하부의 중심점에서 파괴응력인 굽힘강도(σ)를 환산하였다.

$$\sigma = AP / t^2$$

$$A = (3/4 R_0^{*2}) [2(1+\nu) \ln(a/R_0^*) + (1-\nu) (2a^2-r_0^2)/2b^2 + (1+\nu)]$$

$$R_0 = (1.6 R_0 \alpha 2 + t^2)^{1/2} - 0.675 t$$

P = 파절시 적용된 하중(N)

ν = Poisson's ratio(0.25)

a = support circle의 반지름(mm)

t = 원형시편의 반경(mm)

R_0 = 피스톤 말단강구의 반지름(mm)

R_0^* = 피스톤 말단강구가 시편에 접촉되는 면의 반지름(mm)

3. 통계처리

얻어진 측정치들을 one way ANOVA test와 Scheffe test로 유의성을 검증하였다

III. 연구성적

Table 1에서와 같이 1차 열가압시의 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도는 124.81MPa로 나타났으며 2차 열가압시는 135.30MPa, 3차 열가압시의 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도는116.30MPa로 나타났다. 2차 열가압시의 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도가 135.30MPa로 가장 높게 나타났으나 1차, 2차 열가압시의 굽힘강도와 통계학적인 차이는 없었다($P>0.05$, Table 2).

Table 1. Mean and S.D. of flexure strength.

Pressing	Mean	S.D.
1st pressing	124.82	23.13
2nd pressing	135.30	32.86
3rd pressing	116.30	25.27
P	$P>0.05$	

Table 2. Comparison of flexure strength.

Pressing	1st	2nd
2nd	NS	NS
3rd	NS	

NS : not significant

IV. 총괄 및 고찰

치과보철학 분야에서 치과용 재료의 반복사용에 관한 연구는 그리 흔치 않다. 1990년 정등¹⁷⁾은 반복주조된 합금의 접착강도에 관하여 보고하였는데 금속표면의 처리방법에 따라 다소 차이가 있었으나 대부분에서는 차이가 없다고 보고함으로써 금속의 신중한 재사용 가능성을 시사하였다. 또한 Reissbick 과 Brantley¹⁶⁾은 재사용한 저금합금(low-gold alloy)의 물리적 성질과 미세구조를 연구하여 재사용된 금속에서 증가된 주조결함을 관찰하였고, Henriques등¹³⁾은 코발트 크롬합금의 재사용시 fatigue strength는 변화가 없어 재활용의 가능성을 제시하였다. Jochen등¹⁵⁾은 사용된 은-팔라듐합금에 50%의 새 합금을 첨가하여 사용함으로써 도재와의 결합강도가 유지된다고 하였다.

1990년에 소개된 IPS-Empress system은 single unit crown, inlay or onlay, laminate veneer 등을 제작할 수 있는 all ceramic crown system의 한 방법으로 자연치와 유사한 투명도를 갖으며, 심미성이 우수하고 변연 적합성이 뛰어나며, 부가적인 도재 축성과 소성과정 없이 제작과정이 간편하고 색조 선택이 용이하며 치아의 재현성이 높다. 그리고 Staining & Glazing firing과정을 통하여 보강재 역할을 하는 leucite 양의 증가로 인해 충분한 강도를 지닌 치아 수복물의 제작이 가능하다. 또한 ingot 은 미리 색조를 띠고 있으므로 shade guide에 의한 색조선택이 가능하다는 장점이 있다.

이러한 IPS-Empress system에 관하여 많은 연구가 있어왔는데 강도등과 관련된 연구에서 Ergle등¹⁸⁾은 IPS-Empress의 굽힘강도를 평균 135.7 MPa로 측정하였으며, Cattell등¹⁹⁾은 Empress의 굽힘강도가 117.3MPa로 Cerinate porcelain과 더불어 높게 나타났으나 Corum porcelain, Alpha porcelain등 다른 실험군과의 유의한 차이는 없

었다고 하였다.

Wagner와 Chu²⁰⁾는 AllCeram, InCeram, Empress 간의 굽힘강도를 연구하였는데 Empress의 경우 134MPa로 가장 낮게 나타났음을 보고하였다. 본 연구의 결과에서도 이와 유사한 정도의 굽힘강도가 측정되었다. Luthy등¹⁾은 veneering, glazing에 의한 heat-pressed ceramic의 강도의 차이를 연구하였는데 159, 175MPa로 두 방법에 따른 강도의 차이는 없다고 보고하였으며 Dong등²¹⁾은 pressing에 따른 IPS-Empress의 굽힘강도에 관하여 연구한 결과 heat pressing이 굽힘강도를 증가시킨다고 하였고 최종강도는 160-180MPa로 다른 all-ceramic system과 견줄만 하다고 하였다. 또한 heat pressing에 의해 glass matrix내의 백류석(leucite) 입자의 분산이 잘됨으로 IPS-Empress ceramic의 굴곡강도가 증가된다고 하였으나 Mackert와 Russell²²⁾은 열처리후 굴곡강도의 변화에도 불구하고 leucite의 양의 증가는 일정하였다고 하였다. 본 연구에서도 2차 열가압시의 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도가 1차 열가압시의 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도보다 높게 나타나 동등의 연구에서와 일치하는 양상을 보이는 듯하였으나 3차 열가압시는 가장 적은 수치를 나타냈다.

송등²³⁾은 재 사용된 IPS-Empress ingot의 pressing accuracy에 관하여 연구한 결과 1차, 2차, 3차 반복 사용한 경우에서, pressing accuracy는 세가지 경우 모두 95%이상의 높은 정확도를 보임으로 재 사용시 pressing accuracy에는 별 문제가 없을 것으로 사료된다고 보고하였으며 진등²⁴⁾은 IPS-Empress ingot의 반복사용시의 색안정성에 관하여 연구하였는 바, 다소의 색 변화를 보였으나 미세하여 임상적으로 재 사용이 가능하리라고 보고하였다. 본 연구에서 2차 또는 3차로 재 사용할 때의 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도에는 유의한 차이를 보이지 않으며 모든 경우에서 110MPa 이상의 수치를 보임으로 사용가능성을 암시하였다. 그러나 IPS-Empress ceramic의 재 사용은 pressing후 ingot의 형태가 처음의 실린더 형태와는 다르게 남게 됨으로인해 재차 pressing시 plunger에 맞는 형태대로 바꿔줘야 하는 불편과 남은 조각을 여러개를 이용해야한다는 불편이 있다. 그러나 이러한 불편은 IPS-Empress ceramic을 재활용하여 고가의 재

료를 절약할 수 있다는 점에서는 충분히 그 불편을 감수하여 재활용 할수 있으리라 사료되는 바이다. 또한 IPS-Empress ingot의 재활용을 위해서는 재활용된 IPS-Empress ceramic의 강도등을 포함한 제반 물리적 성질등에 관한 연구가 보안되어야 할 것으로 사료되는 바이다.

V. 결론

본 연구는 심미적으로 우수한 IPS-Empress System의 임상보철학적 사용의 확대를 꾀하고자 사용된 IPS-Empress ceramic의 재활용에 관하여 연구하고자 하였다. 재활용된 IPS-Empress ceramic의 물리적 성질중 하나인 굽힘강도에 관하여 비교 연구한 결과 IPS-Empress ceramic의 굽힘강도는 1차 열가압시, 2차 열가압시, 3차 열가압시 차이가 없게 나타나($P>0.05$) 재활용의 가능성을 시사하였다.

참고문헌

- Luthy H, Dong JK, Wohlwend A, Schaerer P. Effect of veneering and glazing on the strength of heat-pressed ceramics. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1993;103:1257-60.
- Proebster L. Compressive strength of two modern all ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1992;5:409-414.
- Molin M, Karlsson S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems. A clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand* 1993;51:201-206.
- Myers ML, and et al. Fatigue failure parameters of IPS-Empress porcelain. *Int J Prosthodont* 1994;7:549-553.
- Ratledge DK, and et al. The effect of restorative materials on the wear of human enamel. *J Prosthet Dent* 1994;72:194-203.
- Spegren G. Marginal and internal fit of four different types of ceramic inlays after luting. An in vitro study. *Acta Odontol Scand* 1995;53:24-28.
- Kapila S, Haugen JW, Watanabe LG. Load-deflection characteristics of nickel-titanium alloy wires after clinical recycling and dry heat sterilization. *Am J Orthod dentofacial Orthop* 1992;102:120-6.
- Kapila S, Reichhold GW, Anderson RS, Watanabe LG. Effects of clinical recycling on mechanical properties of nickel-titanium alloy wires. *Am J Orthod dentofacial Orthop* 1991;100:428-35.
- Egan FR, Alexander SA, Cartwright GE. Bond strength of rebonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:64-70.
- Lew KK, Chew CL, Lee KW. A comparison of shear bond strengths between new and recycled ceramic brackets. *Eur J Orthod* 1991;13:306-10.
- Martina R, Laino A, Cacciafesta V, Cantiello P. Recycling effects on ceramic brackets: a dimensional, weight and shear bond strength analysis. *Eur J Orthod* 1997;19:629-36.
- Oliver RG, Miles A, Greenslade M, Harkness M. Patient and parent opinion of the use of recycled orthodontic brackets: an international comparison. *Br J orthod*. 1997;24:329-32.
- Henriques GE, Consani S, Rollo JM, Andrade e Silva F. Soldering and remelting influence on fatigue strength of cobalt-chromium alloys. *J Prosthet Dent* 1997;78:146-52.
- Khamis E, Seddik M. Corrosion evaluation of re-casting non-precious dental alloys. *Int Dent J* 1995;45:209-17.
- Jochen DG, Caputo AA, Matyas J. Reuse of silver-palladium ceramic metal. *J prosthet Dent* 1991;65:588-91.
- Reisbick MH, Brantley WA. Mechanical property and microstructural variations for recast low-gold alloy. *Int J Prosthodont* 1995;8:346-50.
- 정금태, 양재호, 이선형, 정현영. 반복구조된 치과용 합금의 피착면 처리방법에 따른 접착성 수지와와의 접착강도에 관한 실험적 연구. 대한

- 치과보철학회지 1990;28:53-66.
18. Ergle JW, Fairhurst CW, Ringle RD. Fatigue failure parameters of IPS-Empress porcelain. *Int J Prosthodont* 1994;7:549-553.
 19. 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.
 20. Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet dent* 1996;76:140-4.
 21. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Schaerer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992;5:9-16.
 22. Markert JR Jr, Russel CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont* 1996;9:261-265.
 23. 송병권, 박현배, 오상천, 진태호. 재 사용된 IPS-Empress ingot 의 pressing accuracy에 관한 연구. *대한치과보철학회지* 1997;35:357-364.
 24. 진태호, 박현배. 반복사용된 IPS-Empress ceramic의 물리적 성질에 관한 연구. Part I. 색안정성에 관한 연구. *원광치의학* 1997;7:133-138.
 25. Bondemark L, Kurol J, Wennberg A. Biocompatibility of new, clinically used, and recycled orthodontic samarium-cobalt magnets. *Am J Orthod dentofacial Orthop* 1994;105:568-74.
 26. Kapila S, Haugen JW, Watanabe LG. Load-deflection characteristics of nickel-titanium alloy wires after clinical recycling and dry heat sterilization. *Am J Orthod dentofacial Orthop* 1992;102:120-6.
 27. Kapila S, Reichhold GW, Anderson RS, Watanabe LG. Effects of clinical recycling on mechanical properties of nickel-titanium alloy wires. *Am J Orthod dentofacial Orthop* 1991;100:428-35.
 29. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: Volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994;71:453-61.
 30. Luethy H, and et al. Effects of veneering and glazing on the strength of heat-pressed ceramics. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1993;103:1257-1260.
 31. Luthy H and et al. Heat-Pressed Ceramics: Technology and strength. *Int J Prosthodont* 1992;5:9-16.
 32. Nakamoto H, et al. Microstructure of etched "IPS Empress" heat-pressed ceramics observed by SEM. *Nihon Univ Sch Dent* 1996;38:31-6.
 33. Oden A, Rowcliffe D. Flexure tests on dental ceramics. *Int J Prosthodont* 1996;9:434-439.
 34. Ruyter IE, Nilnet K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mast* 1987;3:246.
 35. Seghi R, Sorenson JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont* 1995;8:239-246.
 36. Uctasli S, Wilson HJ. Influence of layer and stain firing on the fracture strength of heat-pressed ceramics. *J Oral rehabil* 1996;23:170-4.
 37. Yoshinari M, Derand T. Fracture strength of all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1994;7:329-338.

ABSTRACT

**PHYSICAL PROPERTIES OF THE REUSED IPS-EMPRESS CERAMIC.
PART II : STUDY ON THE FLEXURE STRENGTH**

Tai-Ho Jin, Hee-Jin Kim

Department of prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University

The purpose of this study was to investigate the possibility on recycling of IPS-Empress ceramic for the wide use of IPS-Empress ceramic in prosthodontic treatment.

The flexure strength of first pressed, second pressed, and third pressed IPS-Empress ceramic were measured and compared. There was no statistical difference among three groups, and the result of this study implied the recycled IPS-Empress ceramic has enough flexure strength for clinical use.