

## 심미보철 치료의 경향과 이해 : part 1. IPS e.max

강정인 · 허유리 · 이명선<sup>1</sup> · 손미경조선대학교 치의학전문대학원 보철학교실 · <sup>1</sup>서영대학교 치위생과

## Understanding and trends of esthetic treatment in prosthodontics : IPS e.max

Jung-In Kang · Yu-Ri Heo · Myeong-Seon Lee<sup>1</sup> · Mee-Kyoung SonDepartment of Prosthodontics, Graduate School of Dentistry, Chosun University · <sup>1</sup>Department of Dental hygiene, Seoyeong University**Received** : 2 May, 2014  
**Revised** : 6 August, 2014  
**Accepted** : 12 August, 2014**Corresponding Author**

Mee-Kyoung Son

Department of Prosthodontics

Graduate School of Dentistry

Chosun University

303, Pilmun-daero, Dong-gu

Gwangju, 501-140, Korea,

Tel : + 82-62-220-3825

+ 82-10-8604-3290

Fax : + 82-62-234-2119

E-mail : son0513@chosun.ac.kr

**ABSTRACT**

With the increase of esthetic demands, most patients want to have restorations which are not only functional but also esthetic. For the esthetic restoration, many ceramic systems have been introduced and applied in dentistry. Among those ceramic restorations, IPS e.max system composed of lithium disilicate glass ceramic is one of the most commonly used systems because it has strength and esthetic characteristics. IPS e.max system is divided into IPS e.max Press and IPS e.max CAD according to the manufacturing methods. IPS e.max Press is fabricated through heat-pressed technique with ceramic ingot, which is very simple. The restorations which are made using IPS e.max system can apply to 3 units restoration for the anterior teeth and premolar, and single posterior tooth restoration. Cementation is one of the most important clinic procedure for the longevity of the restorations. All ceramics are bonded by resin cements, it is classified into three groups including adhesive, self-adhesive, and conventional. Variolink N, which is an adhesive resin cement and manufactured by same company with IPS e.max, is recommended for the bonding of IPS e.max restoration. Conventional and self-adhesive resin cement is also available. The aim of this review article is to provide the understanding of material properties, production procedure and clinical application of IPS e.max system.

**Key Words** : ceramic restoration, esthetic restoration**색인** : 심미보철, 전부 도재관

## 서론

인류의 역사에서 건강한 치아는 단순히 저작을 위한 기능이나 아름다움의 표현을 위한 목적 외에도 종교적인 목적, 힘과 권위의 상징과 같은 다양한 의미를 나타내왔다. 특히 아름다움을 강조하기 위한 심미적인 목적에서 치아의 사용은 치아에 다양한 장식을 한 동서양 유물의 역사적 고증을 통해서도 알 수 있다<sup>1)</sup>. 아름다움에 대한 추구는 동서고금을 막론

한 인간의 기본적인 욕구이다. 특히, 최근에는 미적 기준이 높아지고 의료기술이 발전함에 따라 심미치료에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다<sup>2)</sup>. 이러한 경향은 치과치료에서도 뚜렷이 나타나고 있으며, 특히 치아우식증이나 치주병과 같은 질환으로 인하여 치과치료가 필요할 때 과거에는 상실된 기능의 회복이 우선시 되었지만 최근에는 기능 회복에 더하여 심미적인 치료가 동시에 이루어져야 환자를 만족시키는 성공적인 치료라 할 수 있다<sup>3)</sup>.

심미보철 치료는 주로 전치부에 사용되며 장식계 도재

(feldspathic porcelain)가 많이 활용되어왔다. 치과 재료로서의 도재는 1728년 프랑스 치과의사인 Fauchard가 처음 언급하였으며, 1774년에 프랑스 약사인 Duchateau가 이를 이용해 의치를 제작하였다. 1789년에 이 두 사람이 프랑스에서 특허를 취득하면서 치과에서 응용되기 시작되었다. 이 후 1889년 Land는 도재 자켓관(porcelain jacket crown)을 소개하였으나, 물성이 약한 한계에 부딪혀 임상적으로 널리 활용되지는 못했다<sup>4)</sup>. 도재의 약한 강도를 보강하기 위해 내부에 금속구조를 갖는 금속도재관(Porcelain Fused Metal; PFM)은 1950년대 Brecker에 의해 개발된 이후<sup>5)</sup> 지금까지 보편화되어 사용되고 있다. 이후에도 도재가 가지는 취약한 물성을 극복하기 위한 많은 연구들을 바탕으로 다양한 심미보철 및 기공재료들이 소개되어왔다. 국내에서는 1970년대부터 금속도재관이 도입되어 현재까지 치과임상에서 사용되고 있다<sup>6)</sup>.

금속도재관은 강도와 심미성 모두에서 장점을 갖지만 내부 코어로 금속을 사용하기 때문에 시간이 지나면서 금속변연 노출, 치은조직 착색, 투명도 감소 등이 단점으로 제기되었다<sup>7,8)</sup>. 이와 같은 금속도재관의 심미적 한계점을 해결하기 위해 1980년대 이후부터 고강도 도재나 주조가 가능한 도재와 같은 새로운 도재에 의한 연구가 활발히 이루어지면서 다양한 전부 도재 시스템(all ceramic system)들이 개발되어 사용되어왔다. 전부 도재(또는 올세라믹) 시스템은 세라믹 코아(core)의 유무에 따라 두 가지로 구분할 수 있다. 주조용 유리 도재인 Dicor(Dentsply International, USA)와 백류석을 첨가한 열가압 도재인 IPS Empress는 코아를 포함하지 않고 전체 수복물을 세라믹으로 주조하거나 가압하여 제작하는 전부 도재수복물 시스템이다. 반면, 알루미늄이나 혼합물로 코어를 제작한 후 유리질을 침윤시켜 만든 고강도의 하부구조 위에 도재를 축성하여 제작하는 In-Ceram(Vita Zahnfabrik, Germany)이나 리튬 다이실리케이트를 함유한 세라믹 잉곳으로 코어를 형성한 후 도재를 축성하거나 전체 크라운을 통째로 제작하는 IPS e.max(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), 그리고 지르코니아 코아를 제작하여 도재를 축성하거나 전체 크라운을 지르코니아로 제작하는 시스템들은 고강도 코아 세라믹을 포함한 전부 도재 시스템이다<sup>9-12)</sup>.

코아가 없는 전부 도재관은 금속도재관에 비교하여 심미적으로 우수한 장점이 있는 반면, 기공과정이 복잡하거나 물성이 약한 단점이 있었다<sup>13)</sup>. 반면, 고강도 세라믹 코아를 갖는 IPS e.max 나 지르코니아 보철물은 기공과정이 비교적 간단하고 심미성이 뛰어나며 해 강도가 강한 장점이 있어<sup>12,14)</sup> 최근 전치부뿐 아니라 구치부 보철에도 사용되고 있다.

심미치료에 대한 환자들의 요구도와 치료 수요가 증가함에 따라 치과위생사들도 현재 치과에서 많이 사용되고 있는 심

미보철 재료에 대한 이해가 필요하며 이를 환자에게 설명할 수 있어야 할 것이다. 이에, 본 논문에서는 최근 심미 보철치료에 가장 많이 사용되고 있는 전부 도재 시스템 중 심미성이 우수하고 강도가 강한 IPS e.max Press 시스템의 특징과 제작과정, 그리고 치아에 합착과정 및 주의사항에 대해 소개하고자 한다.

## 본론

### 1. IPS e.max 시스템이란?

1990년대에 이르러 글라스 세라믹에 35%의 백류석(leucite)이 첨가된 Empress(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)가 소개되었다. Empress는 백류석으로 된 결정화 글라스를 가소상태로 만들어, 주형에 가압성형하여 제작하는 방법으로 제작 과정이 간단하고 우수한 투과성과 뛰어난 변연 적합성을 보여 전치부나 심미적 수복이 요구되는 부위에 사용되었다<sup>15)</sup>. 하지만 변색이 너무 심한 치아는 색상이 차단되지 않았으며, 160 MPa 정도의 굴곡강도로 강도가 낮아 파절에 취약한 단점이 있어 인레이, 온레이, 라미네이트, 심미적 부위의 단일관 수복에 주로 권장되었고<sup>16)</sup> 저작력이 크게 작용하는 구치부 위나 다수치 연결경계에는 사용이 추천되지 않았다<sup>17)</sup>. 이후 1998년 강도의 증가를 위해 백류석 대신 리튬 다이실리케이트(lithium disilicate; LS2)가 70% 이상 첨가된 Empress II(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)가 개발되었다<sup>18)</sup>. 2005년에 제품군이 크게 시스템 화되면서 백류석이 첨가되어 심미적이며 160 MPa 정도의 강도를 갖는 기존의 EMPRESS는 가압성형법인 IPS EMPRESS<sup>®</sup> Esthetic 과 캐드캠으로 제작하는 IPS EMPRESS<sup>®</sup> CAD로 분류되었고 리튬 다이 실리케이트로 구성된 EMPRESS II는 IPS e.max 시스템으로 제작방법에 따라 IPS e.max Press 와 IPS e.max CAD로 분류되었다. 이에 더하여 지르코니아 성분을 함유한 IPS e.max ZirPress와 IPS e.max ZirCad 도 소개되면서 IPS 올세라믹 시스템이 완성되었다. 이중 IPS e.max Press 시스템은 심미성과 강도가 우수하고 제작방법이 간단하고 전용 기기가 캐드캠 기기보다 상대적으로 저렴하므로 많이 사용되고 있다. IPS e.max 시스템을 이용한 보철물의 제작은 도재 블록인 잉곳(ingot)을 적절한 색상으로 선택함으로써 변색된 치아의 수복도 가능하며 360~400 MPa 정도의 굴곡강도를 가지므로 구치부 단일치관 수복과 전치부 및 소구치부 3분 계속가공의치(3 unit bridges), 임플란트 보철 까지 적용이 가능하다(Table 1). 하지만 1대구치를 가공치(pontic)로 갖는 구치부 계속가공의치나 4분 이상의 계속가공의치, 이같이 환자 등에서는 충분하지 않은 강도이

Table 1. Summary of strength and clinical indications of various ceramic systems<sup>19)</sup>

| Ceramic system   | Material           | Flexsural strength | Clinical indications                                                    |
|------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| IPS Empress      | Leucite            | 160 MPa            | Veneer, inlay, onlay, 3/4 crown, single crown                           |
| IPS e.max press  | Lithium disilicate | 360 to 400 MPa     | Inlay, onlay, 3/4 crown, single crown, short span FPD, implant abutment |
| In-Ceram Alumina | Alumina            | 450 MPa            | Single crown                                                            |
| Procera          | Alumina            | 600 MPa            | Single crown, anterior bridge                                           |
| Lava             | Zirconia           | 900 to 1200 MPa    | Single crown, implant abutment, anterior and posterior bridge           |

므로 사용이 권장되지 않는다.

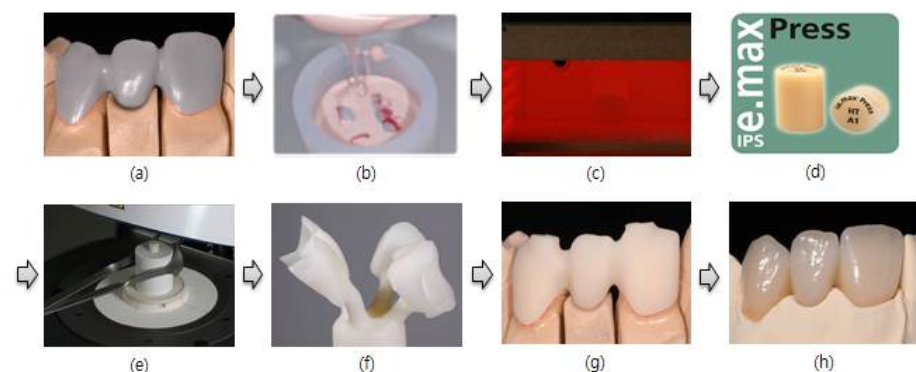
## 2. 제작방법

IPS e.max Press는 열가압 형성법으로 제작한다. 우선 치아의 모형에 왁스로 보철물의 형태를 납형제작하고 매물제를 이용해 납형을 매물한 후 소환하여 매물제 내부 왁스가 기화되면 전용 소결로(sintering furnace)에서 도재블록을 고온에서 녹여 매물제 내로 가압시켜 형성하는 방법이다(Fig. 1)<sup>20-23)</sup>. IPS e.max Press시스템을 사용한 도재관은 도재관 외형전체를 주조한 경우와 코어(core) 부분만 주조하고 상부에 전용 도재를 축성하는 경우로 나눌 수 있다<sup>24)</sup>. 치관 외형전체를 주조하는 경우는 채색법(Staining technique)을 이용해 치관의 색을 조절하므로 수복할 치아의 색이 단조로운 경우나 소구치와 같이 심미성이 많이 요구되지 않은 경우에 사용하는 반면, 코어부분만 주조하고 도재로 축성하는 방법(Layering technique)은 도재에서 다양한 색을 표현할 수 있어 치아의 다양한 색조 표현이 필요한 경우나 고도의 심미성이 요구되는 경우에 사용된다<sup>23-26)</sup>. 코어 상부에 도재를 축성할 때에는 IPS e.max ceram이라는 전용 축성 도재를 이용한다.

이 축성 도재는 불화인회석(fluorapatite) 결정이 포함되어 있어, 치아의 법랑질에서 나타나는 불화인회석 결정과 유사하고 광학적 특성이 자연치와 상당히 유사하여 매우 자연스러운 보철제작이 가능하다<sup>27,28)</sup>.

## 3. 합착(Cementation)

환자와 술자가 모두 만족할만한 보철물을 제작하였다면 합착과정을 시행한다. 전부 도재관 합착 시에 합착제(luting agent)의 종류와 합착 방법에 따라 보철물의 내구성과 강도가 달라질 수 있기 때문에 합착 과정은 특히 전부 도재관에서 중요하다<sup>29)</sup>. 합착제의 종류와 합착 방법이 잘못된 경우 보철물의 강도는 저하되고, 접착력이 소실되어 탈락하는 경우가 빈번하다. 전부 도재관은 자체가 투명성을 가지고 있고, 전부 도재관과 지대치간의 접착력을 향상시키기 위해 레진 접착제(resin cement)를 주로 사용하는데 레진 접착제에도 다양한 종류가 존재하고 각 종류마다 접착방법이 다르기 때문에 이를 숙지하고 전부 도재관의 종류에 따라 이에 맞는 접착제를 선택하고 적용해야 한다<sup>29)</sup>. 일반적으로 전부 도재수복물 시스템 각각의 제조회사에서 권장하는 레진 접착제를 선택하는


Fig. 1. Manufacture process of IPS e.max Press<sup>29)</sup>

(a) Wax-up, (b) Investing, (c) Preheating, (d) Selection of ingot  
(e) Pressing, (f) Divesting, (g) Prepared framework, (h) Porcelain veneering

Table 2. Classification of resin cement<sup>27,30,31)</sup>

| Type          | Cement(manufacturer)                                            |
|---------------|-----------------------------------------------------------------|
| Adhesive      | Variolink <sup>®</sup> N(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)       |
|               | Multilink <sup>®</sup> Automix(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) |
| Self-adhesive | RelyX <sup>™</sup> U200(3M ESPE, USA)                           |
|               | G-Cem(GC, Japan)                                                |
|               | Biscem(Bisco, USA)                                              |
| Conventional  | PANAVIA 21(Kuraray, Japan)                                      |
|               | Super Bond(Sun Medical, Japan)                                  |
|               | Clearfill Esthetic Cement(Kuraray, Japan)                       |

방법이 가장 효과적이다.

레진 접착제의 종류로는 Adhesive, Self-adhesive, Conventional로 나눌 수 있다(Table 2). Adhesive 계열은 보철물과 지대치 사이에 화학적, 기계적 결합을 이루기 위해 보철물 내면과 지대치에 모두 전처리를 해주는 과정이 필요한 접착제이고 이 과정을 통해 합착 후에는 보철물 자체의 강도보다 더 큰 강도를 갖게 된다. Self adhesive 계열은 접착제 자체에 접착 능력이 있어 지대치에 전처리가 필요 없는 합착제로 합착 후에 전부 도재수복물의 강도를 향상시키지는 않는다. Conventional 계열의 접착제는 보철물과 지대치 간에 전처리 없이 화학적 결합을 없고 기계적인 결합으로만 접착을 시키는 접착제이다<sup>27)</sup>.

IPS e.max system으로 제작한 라미네이트, 인레이, 온레이, 부분관은 adhesive 방식의 합착이 추천된다. IPS e.max로 제작한 전장관은 세 가지 방식 모두 사용 가능하나 adhesive와 self adhesive 방법이 더 추천된다. IPS-Empress와 IPS e.max 두 가지 시스템 모두에 적용이 가능한 adhesive 접착제로서 추천되는 Variolink<sup>®</sup>N(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)은 불소를 함유하여 변연우식을 예방할 수 있으며, 방사선 불투과성으로 2차 우식이나 잉여 재료들과 구별할 수 있는 장점이 있다<sup>27,30)</sup>. 합착제 자체에 접착능력이 떨어지기 때문에 산부식(etching)과 접착(bonding) 과정이 반드시 필요하다. 즉, 보철물의 합착 시 수복물과 지대치 모두에 전처리를 시행해야 한다. 이 과정을 통해 단단한 압축 강도를 가지며 매우 뛰어난 접착 강도를 나타내게 된다. 보철물 전처리는 IPS Ceramic etching gel(5% hydrofluoric acid, 불산)을 이용하여 IPS e-max는 20초 간 산부식을 시행한다. 일정시간이 되면 수세하고 건조를 시행하고 Monobond(silane agent)를 도포 후 60초 후에 다시 건조시킨다. 이때 수세는 하지 않는다. Monobond는 실란(silane)으로 결합제 역할을 한다. 실란은 합착제와 수복물 사이에 내구성 있는 화학적 결합을 생성하는 역할을 한다. 다음으로, 지대치의 전처리는 보철물에 비해 번거롭다. 먼저 지대치에 법랑질 전체 산부식(37% phosphoric

acid, 인산)으로 상아질 15초, 법랑질 15-30초간 산부식을 시행하고 수세하고 건조한다. 이 때 표면을 과잉 건조시키면 지각과민이 발생할 수 있으니 주의하여야 한다. 그 후 합착제와 치질 사이에 화학적 결합을 얻기 위한 접착제 역할을 하는 Syntac system을 순서대로 적용한다. Dentin Syntac Primer를 치면에 15초 적용 후 건조시킨 후 Syntac adhesive를 10초 적용 후 건조시킨다. 마지막으로, 합착 직전에 보철물과 지대치에 접착제 역할을 하는 Heliobond를 얇게 도포하고 Variolink<sup>®</sup>N의 base와 catalyst를 1:1 비율로 혼합하여 합착한다. 1-2초간 짧게 광중합한 후 변연부위 시멘트를 제거하고 40초 정도 광중합하여 마무리한다. 이 때 주의사항으로 Variolink<sup>®</sup>N의 표면층은 중합 도중 대기 중의 산소와 접촉하면 중합되지 않을 수 있기 때문에, 과잉의 시멘트를 제거한 후 산소와의 접촉을 방지하기 위하여 글리세린 젤을 보철물 경계부에 도포할 것을 추천한다<sup>32)</sup>. Variolink<sup>®</sup>N는 결합력은 좋지만, 술식이 번거롭다.

이런 번거로움을 줄이기 위해 self-adhesive resin cement인 RelyX<sup>™</sup> U200(3M ESPE, USA)을 사용하여 IPS e.max 보철물의 합착에 매우 간편하게 사용할 수 있다<sup>33)</sup>. 치아에 대한 전처리는 필요하지 않고, 보철물만 전처리가 필요하다. 보철물 전처리는 불산(Hydrofluoric acid)을 이용하여 60초 동안 산부식 후, 실란처리를 하고 60초 후에 건조시킨다. 합착제를 20초 안에 혼합하여 합착하고, 2~3분 기다리거나, 1~2초 광중합한 후에 잉여 합착제를 제거한다. 다시 한 번 20초간 중합하거나 6분 동안 기다려주면 모든 합착과정이 끝이 난다<sup>34)</sup>(Fig. 2).

이외에도 여러 가지 방법과 다양한 재료들이 있다. 가장 확실하고 정확한 합착 방법은 제조사에서 추천하는 방법이지만, 해당 재료가 없는 경우에는 상황에 따라 알맞은 방법을 선택하여 합착을 해야 한다. 레진 접착제의 종류와 적응증을 알고, 각 단계에 맞게 적용한다면 합착을 통해 보철물의 강도를 증가시킬 수 있고 영구합착 후 탈락하여 환자가 재내원하는 일도 없을 것이다.

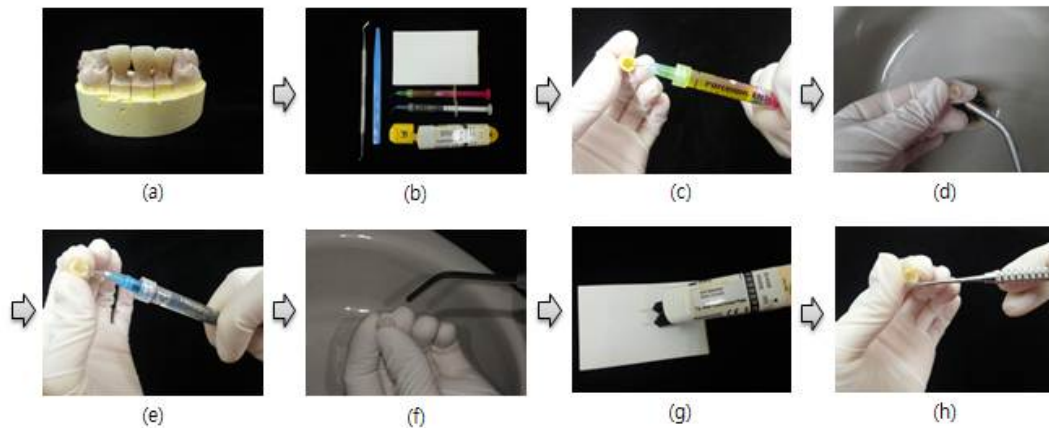


Fig. 2. Cementation process of IPS e.max Crown using RelyX™ U200

(a) IPS e.max restorations, (b) Cementation materials, (c) Pre-treatment(Hydrofluoric acid for 60 sec), (d) Rinse and dry, (e) Pre-treatment(Silane for 60 sec), (f) Dry, (g) Mixing, (h) Cementation

## 결론

치과치료에 대한 환자의 심미적 요구도가 증가되면서 다양한 심미보철 치료방법들이 소개되어 사용되고 있다. 그 중 리튬 다이 실리케이트 성분을 포함한 IPS e.max 시스템은 심미적이며 360~400 Mpa 정도의 굴곡강도를 가짐으로써, 전 치부 및 소구치부 3분 계속가공의치 뿐만 아니라 구치부 단일 치관까지도 수복이 가능한 장점이 있다. 반면에, 이같이 환자나 구치부 계속가공의치, 4분 이상의 계속가공의치에서 사용하기에는 강도가 약하여 권장되지 않는다. 심미 보철 치료를 위해서는 재료의 심미적인 특성도 중요하지만 이와 더불어 구강내 기능을 고려하여 적응증에 맞는 적절한 재료를 선택하고 또 임상 적용 시 주의사항에 대한 충분한 고려가 이루어지지 않으면 실패를 야기할 수 있다. 임상 적용 과정에서 특히, 함착은 재료와 방법에 따라 보철물의 내구성과 강도에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 충분한 이해가 필요하다. 재료 자체가 투명성을 갖는 IPS e.max의 경우에는 레진 접착제를 사용해야 하며, 각각의 보철물 종류에 따라서 사용되는 레진 접착제가 다르기 때문에 적용 가능한 레진 접착제가 무엇인지 사전에 잘 파악해야 한다. 라미네이트, 인레이, 온레이, 부분관의 경우에는 adhesive 방식의 레진 접착제를 사용해야 하며, 전장관의 경우에는 adhesive 방식이나 self-adhesive 방식의 레진 접착제가 모두 사용될 수 있다.

환자가 치료를 선택하는 과정, 치료가 진행되는 동안, 그리고 치료가 완료되고 계속 관리가 시행되는 동안에 치위생사들은 환자로부터 치료방법과 재료에 대해 종종 많은 질문을

받는다. 따라서, 최근 치과에서 사용되고 있는 심미 보철 시스템이 갖는 재료 및 제작과정에 대해 충분히 이해하고 이를 바탕으로 환자에게 정확한 정보와 임상적용을 제공하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

## References

1. Vukovic A, Bajsman A, Zukic S, Secic S. Cosmetic dentistry in ancient times—a short review. *Bull Int Paleont* 2009; 3(2): 9–13.
2. Park EM, Yu SY, Jang JH. The effect of satisfaction of dental esthetics on life quality related to oral health(OHIP-14). *J Korean Soc Dent Hyg* 2011; 11(6): 863–70.
3. Kim JH, Kim WS, Kim KB. Evaluation of fitness of metal–ceramic crown fabricated by cobalt–chrome alloy. *J Korean Soc Dent Hyg* 2013; 13(2) : 361–8.
4. Kim SH. Understanding of all-ceramic restorations. *J Korean Dent Assoc* 2007; 45(9): 528–34.
5. Brecker SC. Porcelain baked to gold—A new medium in prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1956; 6(6): 801–10. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913\(56\)90077-4](http://dx.doi.org/10.1016/0022-3913(56)90077-4).
6. Kim KC. Analysis of the Bonding Abilities according to the Surface and Heat Treatments in the Porcelain Metals[Master's thesis]. Jinju: Univ. of Gyeongsang, 2005.
7. Christensen GJ. Ceramic vs Porcelain-fused-to-metal crowns: give your patients a choice. *J Am Dent Ass* 1994; 125: 311–4.
8. Anusavice KJ. Noble metal alloys for metal–ceramics restoration. *Dent Clin North Am* 1985; 29(4): 789–803.
9. Bona AD, Mecholsky JJ Jr, Barrett AA, Griggs JA. Characterization

- of glass-infiltrated alumina-based ceramics, *Dent Mater* 2008; 24: 1568-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2008.06.005>.
10. Hornberger H, Marquis PM. Mechanical properties and microstructure of In-Ceram, a ceramic-glass composite for dental crowns, *Glastech Ber Sci Technol* 1995; 68(1): 188-94.
  11. Raigrodski AJ. Clinical and laboratory considerations for the use of CAD/CAM Y-TZP-based restorations, *Pract Proceed Aesthet Dent* 2003; 15: 469-76.
  12. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice, *Aust Dent J* 2011; 56(1): 84-96. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x>.
  13. Cha SR. Evaluation of bond strength and shade reproducibility of the porcelain fused to metal alloy made with by the laser selective melting [Master's thesis]. Busan: Univ. of Catholic, 2011.
  14. Niu E, Agustin M, Douglas RD. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: effects of foundation restoration, *J Prosthet Dent* 2013; 110(6): 501-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.09.004>.
  15. Marquardt P, Strub JR. Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study, *Quintessence International* 2006; 37(4): 253-9.
  16. Helvey G. A History of dental ceramics, *Compendium* 2010; 31(4): 310-1.
  17. Yoon BS, Lim MK, Lee YG. Effects of surface treatment and bonding agents on shear bond strength of the composite resin to IPS-Empress ceramic, *J Korean Acad Conserv Dent* 1998; 23(1): 413-23.
  18. Etman MK, Woolford MJ. Three-year clinical evaluation of two ceramic crown systems: a preliminary study, *J Prosthet Dent* 2010; 103(2): 80-90. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(10\)60010-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(10)60010-8).
  19. Noble WH, Gupta S, Vallee J, Schulze KA. Advances in all-ceramic restorations, *Dimens Dent Hyg* 2012; 10(5): 60-3.
  20. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Schärer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength, *Int J Prosthodont* 1992; 5(1): 9-16.
  21. 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(3): 524-9.
  22. Jin TH. Physical properties of the reused IPS-Empress ceramic Part IV: Hardness and fracture toughness, *J Korean Acad Prosthodont* 2003; 41(4): 532-7.
  23. The fixed prosthodontics professor association, fixed prosthodontics, 1st ed, Seoul: DaehanNarae Publishing Inc; 2012: 328-45.
  24. Yamazaki M. CAD/CAM · All ceramic restorations, 1st ed, Seoul: Korea Quintessence; 2007: 118-27.
  25. Yoo JH, Kim YC, Kang DW. A study on the marginal fidelities and fracture strength of IPS Empress 2 ceramic crowns, *J Korean Acad Prosthodont* 2000; 38(5): 606-17.
  26. Hata U, Sadamitsu K, Yamamura O, Kawauchi D, Fujii T. Chromatic study of all-ceramic crown—IPS Empress: difference of color by manufacturing technique and cements, *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi* 2004; 48(5): 703-12. <http://dx.doi.org/10.2186/jjps.48.703>.
  27. Ivoclar Vivadent(US). Download center, Instructions for use for dental technicians, IPS e.max Press [Internet]. [cited 2013 Nov 13]. Available from: <http://www.ivoclarvivadent.us/en-us/download-center>.
  28. Spohr AM, Sobrinho LC, Consani S, Sinhoreti MA, Knowles JC. Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 ceramic, *Int J Prosthodont* 2003; 16(3): 277-82.
  29. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature, *J Prosthet Dent* 2003; 89(3): 268-74. <http://dx.doi.org/10.1067/mps.2003.50>.
  30. Liu Q, Meng X, Yoshida K, Luo X. Bond degradation behavior of self-adhesive cement and conventional resin cements bonded to silanized ceramic, *J Prosthet Dent* 2011; 105(3): 177-84. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)60026-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(11)60026-7).
  31. Aguiar TR, Di Francescantonio M, Ambrosano GM, Giannini M. Effect of curing mode on bond strength of self-adhesive resin luting cements to dentin, *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010; 93(1): 122-7. <http://dx.doi.org/10.1002/jbm.b.31566>.
  32. Ivoclar Vivadent(Asia). Download center, Instructions for use for dentists, Variolink N [Internet]. [cited 2014 Feb 14]. Available from: <http://asia.ivoclarvivadent.com/en-as/download-center>.
  33. IADR. Bond strength of self-adhesive cements to enamel, dentin and ceramic, International association for dental research [Internet]. [cited 2013 Dec 7]. Available from: [https://iadr.confex.com/iadr/2010barce/preliminaryprogram/abstract\\_139456.htm](https://iadr.confex.com/iadr/2010barce/preliminaryprogram/abstract_139456.htm).
  34. 3M ESPE. Dental Manufacturers, Dental Indirect Restoratives, Dental Cement, Automix Cement, Downloads, Instructions for use [Internet]. [cited 2014 Feb 14]. Available from: [http://solutions.3mae.ae/wps/portal/3M/en\\_AE/3M\\_ESPE](http://solutions.3mae.ae/wps/portal/3M/en_AE/3M_ESPE).