

## 도재전장관용 Opaque 도재에 관한 연구 - paste opaque을 중심으로 -

동우대학 치기공과<sup>1</sup>, 연세대학교 치과대학 치과재료학교실 및 치과재료학연구소<sup>2</sup>, (주)알파덴트 기술연구소<sup>3</sup>

김 사 학<sup>1,2</sup>, 고 대 진<sup>2,3</sup>, 이 용 근<sup>2</sup>, 김 광 만<sup>2</sup>, 김 경 남<sup>2</sup>

=Abstract=

### A Study on Opaque Porcelain for P.F.M Crown - Focused on Paste Opaque -

Sa-Hak Kim<sup>1,2</sup>, Dae-Jin Ko<sup>2,3</sup>, Yong-Keun Lee<sup>2</sup>, Kwang-Mahn Kim<sup>2</sup>, Kyoung-Nam Kim<sup>2</sup>

*Department of Dental Laboratory Technology, Dong-U College, Sokcho 217-711, Korea<sup>1</sup>  
Department and Research Institute of Dental Materials, Yonsei University College of Dentistry, Seoul 120-752, Korea<sup>2</sup>  
Institute of Alphadent Technology, Paju 413-850, Korea<sup>3</sup>*

The purpose of this study was to analyze the commercial paste opaque products currently available in domestic of foreign as well as domestic, such as Duceram Plus(DU; Ducera Dental GmbH, Germany), VMK 95(VM; Vita Co., Germany), Noritake EX-3(EX; Noritake Co., Japan) and Ceramax(CE; Alphadent Co., Korea). They were characterized in thermal expansion coefficient, particle size distribution, viscosity and solvent using thermomechanical analyzer, particle size analyzer, rheometer and infrared spectrophotometer.

Experimental results are as follows;

Firstly, thermal expansion coefficients were determined  $13.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  for DU,  $14.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  for VM,  $13.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  for EX, and  $14.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  for CE.

Secondly, percent of partice size below  $1 \mu\text{m}$  were 12% for DU, VM and CE, and 13% for EX, percent between  $1 \mu\text{m}$  and  $5 \mu\text{m}$  were 42% for DU, 42% for VM, 38% for EX, and 61% for CE, percent between  $5 \mu\text{m}$  and  $10 \mu\text{m}$  were 21% for DU, 24% for VM, 20% for EX, and 18% for CE, and over  $10 \mu\text{m}$  were 25% for DU, 22% for VM, 29% for EX, 9% for CE.

\* 본 논문은 2001년도 동우대학 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

**교신** · 성명: 김 사 학 · 전 화: 033-639-0660 · E-mail: kdtpksh@unitel.co.kr  
**저자** · 주 소: 강원도 속초시 노학동 산244번지 동우대학 치기공과

Thirdly, the basic composition of the solvent in all of the commercial paste opaques were determined as ethylene glycol from FT-IR investigation.

Lastly, measured viscosities were 1798 cp for DU, 536 cp for VM, 1110 cp for EX, and 721 cp for CE.

\* Key world : opaque porcdain, PFM crown

## 1. 서 론

최근 경제적, 문화적 발전과 더불어 심미성에 관한 관심이 고조되고 있어 도재전장 주조관은 현재 임상에서 널리 사용되고있으며 이에 따른 새로운 심미도재도 많이 개발되고 있는 실정이다.

도재전장 주조관이 임상적인 성공은 도재와 금속의 결합강도와 적합성 및 심미성에 달려있으며, 결합강도는 합금의 구성성분, 도재의 종류, 합금표면의 도재 소성전처리, 도재의 용융온도로 부터의 냉각비, 도재소부용 합금의 표면상태, degassing의 조건, opaque 도재의 소성온도등에 의하여 다양하게 영향을 받을 수 있고 심미성에 영향을 미치는 요소는 임상적요인, 기공적요인 및 제조자적 요인으로 대별해 볼 수 있다(Bower 등, 1985; Malhotra, 1980; Caputo, 1978).

도재전장 주조관에 사용되는 세라믹은 불투명 도재, 상아질 도재, 법랑질 도재로 구성되어 있는데 이 중 불투명도재는 금속과 도재의 결합에 중요한 역할을하며 또한 opaque층은 도재와 금속 층 사이에서 투명도가 높은 전장용 도재 층에 대해 빛을 차단하고 반사시키며 부분적으로 분산하는 기능을 하기 때문에 0.2-0.3mm의 얇은 층이지만 최종도재의 자연감과 심미성에 큰 영향을 미친다.

불투명 도재의 주성분은 장식과 석영 및 점토로서 다른 치과용 도재와 기본적인 조성은 같으

나 소성후 금속색을 차단하기 위하여 불투명성을 갖도록 산화주석이나 산화티타늄등의 성분이 다량 함유하고 있고 금속 면에 융착이 잘 되도록 입도를 보다 작게 제작한다(김 등, 2000).

불투명 도재의 형태는 분말형과 연고형의 두 가지가 있으며 분말형을 이용한 도포방법은 통상적으로는 한번에 축성하는 방법과 두번에 나누어 축성하는 방법(Mclean, 1983)이 혼용되고 있으나 많은 양의 도재전장 주조관을 제작해야 되는 경우에는 시간을 좀더 절약하기 위한 1회 축성법이 많이 이용되고 있다. 또한 분사법으로 불투명 도재를 도포하는 방법(김, 2000)도 있는데 많이 사용하지 않는다. 최근에는 분말형 보다 쉽게 도포 할 수 있는 연고형 불투명 도재가 연구 개발되어 시판되고있으나 대부분 수입품에 의존하고 있는 실정이다.

심미보철은 많은 관심과 주목의 대상이 되어 활발히 연구가 진행되고 있으며 불투명 도재에 관한 연구로는 주로 분말형에 관한 것으로 Opaque 도재의 도포방법에 따른 결합강도에 미치는 영향(김, 2000), 불투명 도재에 의한 최종 수복물의 색에 대한 영향(Oregon 등, 1981; Yaman 등, 1997), 축성방법에 따른 불투명 도재의 비교 결과(Aranda 등, 1988), 불투명 도재를 두 단계로 나누어서 도포하는 방법이 결합강도에 미치는 영향(Mclean, 1983)등에 관한 것이 주류를 이루고 있고 연고형 불투명 도재에 관한

연구는 희귀한 실정이다.

본 연구에서는 시중에 수입 시판되는 3종의 연고형 불투명 도재와 국산 연고형 불투명도재의 열팽창계수, 점도, 입도분석 및 용매분석을 비교 평가하여 입상에 적용 가능한 자료를 제공하여 임상사용에 도움이 되고자 한다.

## II 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

연구재료로 시중에 수입 시판되는 3종의 연고형 불투명 도재와 국내에서 생산되는 1종의 연고형 불투명 도재를 사용하였다(표 1).

표 1. Materials used in this study

Name	Shade	Code	Manufacturer
Duceram Plus	A3	DU	Ducera Dental GmbH, Germany
VMK 95	A3	VM	Vita Co., Germany
Noritake EX-3	A3	EX	Norirake Co., Limited, Japan
Ceramax	B3	CE	Alphadent Co., Limited, Korea

### 2. 연구방법

#### 1) 열팽창계수

연고형 불투명 도재의 열팽창계수를 측정하기 위하여 300°C의 항온기에서 3일간 완전히 건조하여 얻어진 분말을 증류수와 혼합한 후 내경 4mm, 높이 5mm의 분리형 몰드에 주입하여 축성, 유리판으로 응축된 시편의 표면을 평평하게 맞추어 건조한 후 몰드를 분리하여 시편을 꺼낸 다음 전기 도재로를 이용하여 제조회사의 소성 프로그램에 따라 소성 하였다. 소성 후 상하면 이 평행이 되도록 SiC 연마지(#1200)로 연마하였으며, 각 연고형 불투명 도재별로 1개씩, 총 4개의 시편을 제작하였다.

열팽창계수는 Thermomechanical Analyzer(TMA 2940, TA Instrument, U.S.A.)를 이용하여 상온에서 500°C까지 10°C/min의 속도로 승온하여 온도 변화를 측정한 후, 다음 식으로 열팽창계수를 계산하였다.

$$\alpha = \frac{(l_2 - l_1) / l_1}{\Delta T}$$

여기서,  $\alpha$  : 열팽창계수(1/°C),  $l_1$  : 시편의 처음 길이(mm),  $l_2$  : 시편의 나중 길이(mm),  $\Delta T$  : 온도차(°C)를 의미한다.

#### 2) 입도 분포

각 연고형 불투명 도재의 함유된 세라믹 분말의 입도 분포는 Particle Size Analyzer(Analysette 22 Compact, Fritsch, Germany)를 사용하여 입도 분포곡선과 1 $\mu$ m이하, 1~5 $\mu$ m, 5~10 $\mu$ m, 10 $\mu$ m이상으로 나누어서 입도 분포율을 구하였다.

#### 3) 용매 성분분석

연고형 불투명 도재의 유기용매 성분을 알아보기 위하여 적외선을 투과하는 KBr 분말 300mg을 10,000psi의 압력으로 3분간 진공상태에서 성형하여 직경 1cm의 pellet을 2개 제조한 다음, 연고형 불투명 도재를 KBr pellet 위에 살짝 얹고 다른 하나의 KBr pellet으로 덮어 FT-IR Spectrophotometer(Avatar 360, Nicolet, U.S.A.)

로 흡수파크를 측정하였다.

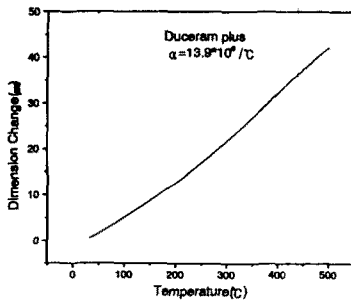
4) 점도 측정

점도는 Rheometer(DV-III+, Brookfield, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. 연고형 불투명 도재 0.5g을 시편 컵에 넣고, 상온에서 0.1rpm의 속도로 시작하여 30초후 점도를 측정한 후 10rpm까지 회전속도를 상승하면서 전단응력에 따른 점도를 측정하였다.

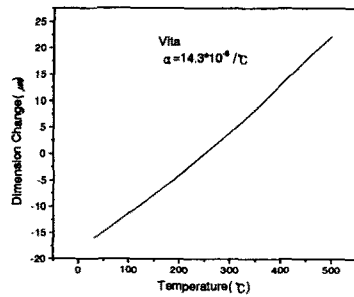
III. 연구결과

1. 열팽창계수

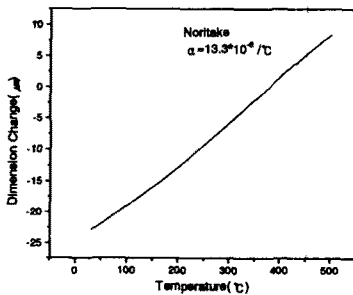
온도 증가에 따른 단위길이 시편의 길이증가로 표시되는 연고형 불투명 도재 열팽창 곡선을 그림 1에 나타내었고 각 연고형 불투명도재의 열팽창계수는 측정온도구간 30°C~500°C에서 표 2의 결과와 같이 DU  $\alpha=13.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , VM  $\alpha=14.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , EX  $\alpha=13.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , CE  $\alpha=14.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다.



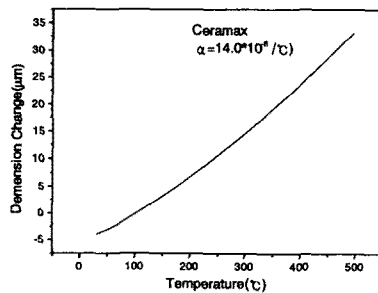
Duceram Plus(a)



VMK 95(b)



EX 3(c)



Ceramax(d)

그림.1. Diagram showing the thermal Expansion Coefficient of paste opaque porcelains.

a) DU b) VM c) EX d) CE

표 2. Thermal Expansion Coefficients

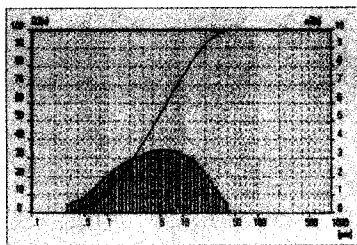
Code	Thermal Expansion Coefficient( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )
DU	13.9
VM	14.3
EX	13.3
CE	14.0

2. 입도분포

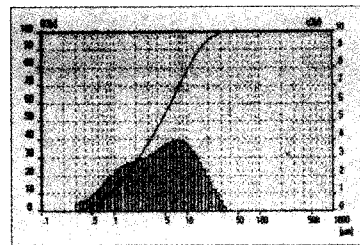
분석결과를 그림 2와 표 3에 나타내었다. 표 3에서 입도분포를  $1\mu\text{m}$ 이하,  $1\sim 5\mu\text{m}$ ,  $5\sim 10\mu\text{m}$  그리고  $10\mu\text{m}$  이상으로 분류하여 각 연고형 불투명도재의 입도를 보면  $1\mu\text{m}$ 이하에서는 DU:12%, VM:12%, EX:13%, CE:12%로 나타나 각 불투명 도재간에 별다른 차이를 보이지 않았다.  $1\sim 5\mu\text{m}$ 에서는 DU:42%, VM:42%, EX:38%, CE:61%로 나타나 CE에서 가장 많은 분포로 관찰되었고  $5\sim 10\mu\text{m}$ 에서는 DU:21%, VM:24%, EX:20%, CE:18%로 나타나 대체적으로 비슷한 분포를 보였다. 또한  $10\mu\text{m}$

$\mu\text{m}$  이상에서는 DU:25%, VM:22%, EX:29%, CE:9%로 나타나 EX에서 가장 많은 분포를 나타내었다.

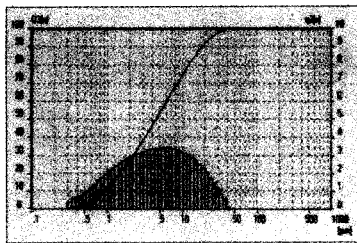
加藤一男(1954)의 입자 크기 분류에서  $10\mu\text{m}$  이하의 초미립,  $10\sim 30\mu\text{m}$ 의 미립,  $30\sim 50\mu\text{m}$ 의 중립,  $50\mu\text{m}$  이상의 대립등으로 나누어 볼 때 각 연고형 불투명도재의 입도분포는  $10\mu\text{m}$ 이하의 초미립에 해당되었으나 입도분포곡선(그림 2)과 표 3에서 관찰할 수 있듯이 CE에서는  $10\mu\text{m}$ 이하가 91%로 나타나 DU, VM, EX 보다 초미립의 입자가 많은 것으로 관찰되었다.



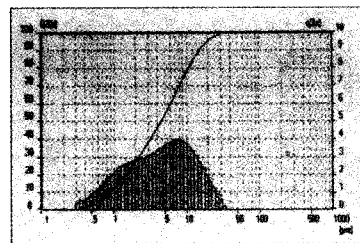
Duceram Plus(a)



VMK 95(b)



Duceram Plus(a)



VMK 95(b)

그림 2. Diagram showing the particle size distribution of paste opaque porcelains.  
a) DU b) VM c) EX d) CE

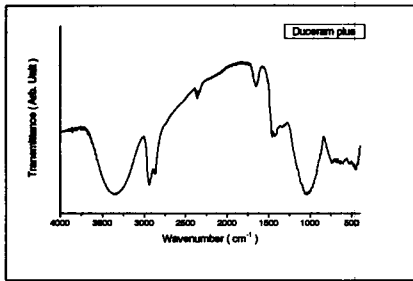
표 3. Result of Particle size analysis

Code	Particle size			
	1 $\mu$ m 이하	1~5 $\mu$ m	5~10 $\mu$ m	10 $\mu$ m 이상
DU	12%	42%	21%	25%
VM	12%	42%	24%	22%
EX	13%	38%	20%	29%
CE	12%	61%	18%	9%

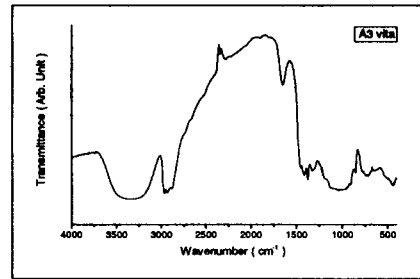
3. 적외선 분광분석

연고형 불투명 도재 내에 함유된 용매 성분의 FT-IR 분석 결과는 그림 3과 같다. 4가지 제품 모두 주성분은 ethylene glycol임을 알 수 있었으며, 국산제품인 CE는 DU와 가장 유사한 피크를 나타내었다. VM의 경우에는 1500-1300 cm<sup>-1</sup>에

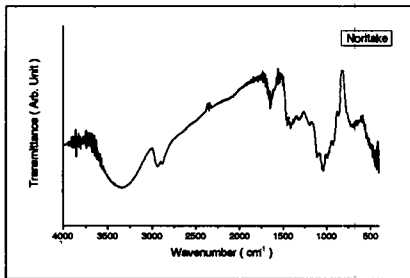
서의 피크 강도가 큰 것으로 보아 1,2-Butanediol 과 같은 분자량이 큰 물질이 혼합되어 있는 것으로 생각되며, EX는 1100 cm<sup>-1</sup> 부근의 피크가 넷으로 분리되는 것으로 보아 다른 3가지 제품과는 다른 조성의 용매가 혼합되어 있는 것으로 추정된다.



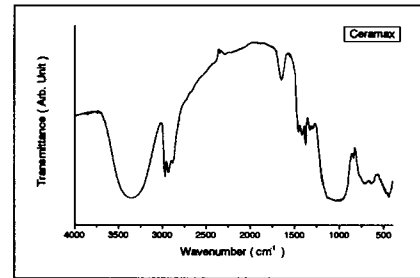
Duceram Plus(a)



VMK 95(b)



EX 3(c)



Ceramax(d)

그림 3. The diagram of FT-IR spectroscopy of solvent for paste opaque porcelains. a) DU b) VM c) EX d) CE

4. 점도 측정

점도 분석결과를 표 4와 그림 4에 나타내었다. 표 4에서 알 수 있듯이 DU:355866 cp,

VM:90132 cp, EX:119140 cp, CE:78736 cp로 DU가 가장 높게 나타났고 CE가 가장 낮았으며 EX는 VM과 유사한 점도를 보였다.

표 4. The viscosity of paste opaque porcelains

Code	Viscosity(cp)
DU	355866
VM	90132
EX	119140
CE	78736

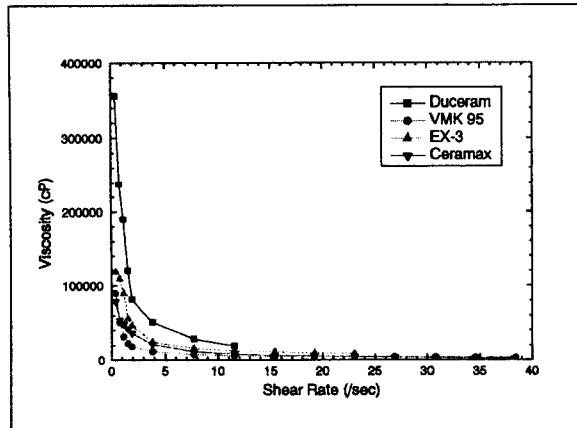


그림 4. Diagram showing the viscosity of paste opaque porcelains

IV. 고찰

도재 전장 구조관은 도재의 심미성, 내부 금속의 견고성, 색채 재현성 및 재질의 안정성을 함께 갖춘 우수한 수복물로, 1950년대 초 도재를 금합금에 용착하는 방법이 개발되면서 크게 발전하여 현재 고정성 보철물 중 가장 널리 사용되고 있다(Johnston 등, 1956; Christensen, 1986; Olin 등, 1989; Mclean, 1988).

도재 전장 구조관에서 금속에 제일 먼저 도포

되는 불투명 도재는 금속색의 투시를 방지하고, 금속의 산화막과 견고한 화학적 결합을 이루고, 도재의 기초 색을 형성하여 준다. 불투명 도재의 도포는 보통 1, 2차로 나누어서 시행하며 1차 도포를 wash opaque으로 metal coping의 표면에 얇게 발라 금속과의 결합을 증가시킨다. Stein과 Kuwata(1977)는 도재 금속 수복물에 있어서 도재층이 처리된 합금에 제일 먼저 축성되기 때문에 젖음의 역할이 매우 중요하며 금속과 opaque의 계면이 결합강도를 결정하므로 최소한 2층의

opaque 도재를 도포해야 하며 도재의 젖음을 위한 얇은 층을 먼저 소성하고 금속 색조를 차단하기 위한 층을 도포하여 소성하는 방법이 도재와 금속 접촉의 긴밀함을 얻을 수 있어 결합력 증진에 도움을 줄 것이라고 보고하였다. McLean(1983)도 도재와 금속 사이의 결합을 증진시키기 위해 불투명 도재를 두 단계로 나누어 도포하는 방법을 제시했다. 첫번째 층은 금속에 대한 도재의 젖음(wetting)을 향상시키기 위해 불투명 도재를 물계 혼합하여 얇게 도포한 후 제조자가 추천한 소성 온도보다 20°C 높은 온도에서 소성하고, 두번째 층은 불투명 도재의 본래 목적인 금속이 투시되는 것을 방지하기 위한 두께로 축조하여 제시된 소성 온도에서 소성 한다고 보고하였다.

불투명 도재의 도포 방법 중 가장 많이 이용되는 방법은 붓을 이용해 불투명 도재를 두 단계로 도포하는 방법과 한번에 도포하는 방법 등이 있다. 다른 방법으로는 분사에 의해 불투명 도재를 도포하는 방법이 있다.(Paige, 1988) 분사법을 이용한 불투명 도재의 도포방법은 기포가 적은 얇고 균일한 층의 형성, 표면의 질감조절, 색조 수정 도재(color modifier)의 세심한 혼합 등을 가능하게 하기 위하여 소개되었다. 그러나 초기의 불필요한 재료 낭비와 도포 부위 조절의 어려움 등의 문제가 개선되고 있음에도 불구하고 아직까지 널리 사용되고 있지 않다. 또 다른 방법으로 불투명 도재를 몸체 도재와 동시에 축성하는 방법이 소개되어 실험적으로 좋은 결과를 보였으나, 역시 많이 사용되고 있지는 않다. 반면에 연고형 불투명 도재를 이용한 도포 방법은 기존에 분말형 불투명 도재의 분말과 액을 직접 혼합하여 점조도를 적절히 조절한 후 붓으

로 반죽된 불투명 도재를 떠올려서 도포 하는 번거로운 방법보다 누구나 쉽게 사용할 수 있다는 이점 때문에 가격이 높다는 단점에도 불구하고 최근에 많이 사용되고 있다.

본 연구에서는 시중에 수입 시판되는 3종의 연고형 불투명 도재와 국산 연고형 불투명도재의 기본적인 물성을 비교 평가하기 위하여 열팽창계수, 입도분석, 용매분석 및 점조도를 측정하였다.

연구 결과 열팽창계수는 도재와 금속간의 열팽창 차이에 나타날 수 있는 응력( $\alpha$ )의 양은 VM이  $\alpha=14.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 로 가장 큰 수치를 보였으며 CE  $\alpha=14.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , DU  $\alpha=13.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , EX  $\alpha=13.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 순으로 나타나 큰 차이는 보이지 않았다. 도재-금속간의 결합은 도재-금속간의 열팽창계수 차가  $\alpha=1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  정도 금속이 도재보다 클 때 압축응력이 이상적으로 일어나며(Anusavice, 1983) 만약  $\alpha=5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  이상 차이가 나면 도재가 실온까지 냉각될 때 응력이 발생하여 파절 된다고 볼 때 본 실험에 사용된 수입제품을 포함한 국산 연고형 불투명 도재는 시판되는 금속의 열팽창계수차이에 의한 문제는 없을 것으로 사료된다.

도재 분말의 입도는 수복물의 투명도와 강도 등에 영향을 미치게 된다. 입자가 크면 투명해지나 강도는 약해지고, 입자가 작을수록 강도는 강해지고 투명도는 떨어지게 된다. 일반적으로 opaque powder에는 미립자를 많게 하여 효과적으로 금속색을 차단시키는 한편 축성이 용이하도록 하여 도재 수복물의 강도를 증가시키고, 금속에 강하게 밀착하도록 하는 효과를 얻고 있다. 본 연구에서 입도분포는 加藤一男(1954)의 입자 사이즈 분류에서 10 $\mu\text{m}$  이하의 초미립, 10~30 $\mu\text{m}$



의 미립, 30~50 $\mu$ m의 중립, 50 $\mu$ m 이상의 대립등으로 나누어 볼 때 각 연고형 불투명도제의 입도 분포는 10 $\mu$ m이하의 초미립에 해당되었으나 입도 분포곡선(그림 2)과 표 3에서 관찰할 수 있듯이 CE에서는 10 $\mu$ m이하가 91%로 나타나 DU, VM, EX 보다 초미립의 입자가 많은 것으로 관찰되었다. 1 $\mu$ m이하에서는 각 제품의 입도 분포도는 비슷했고 1~5 $\mu$ m 구간에서는 CE가 61%로 가장 높은 분포도를 보였으며 5~10 $\mu$ m 와 10 $\mu$ m이상 구간에서는 DU, VM, EX는 20%이상으로 비슷한 분포도를 보였다. 입도가 적은 것이 좋다는 점만 강조한다면 CE가 가장 우수한 연고형 불투명 도제가 될 것이다. 그러나 불투명 도제를 도포시 작업성을 생각한다면 다른 많은 요소를 고려해야만 한다.

연고형 불투명 도제 내에 함유된 용매 성분의 FT-IR 분석 결과는 그림 3과 같다. 4가지 제품 모두 주성분은 ethylene glycol임을 알 수 있었으며, 국산제품인 CE는 DU와 가장 유사한 피크를 나타내었다. VM의 경우에는 1500-1300  $cm^{-1}$ 에서의 피크 강도가 큰 것으로 보아 1, 2-Butanediol과 같은 분자량이 큰 물질이 혼합되어 있는 것으로 생각되며, EX는 1100  $cm^{-1}$  부근의 피크가 넷으로 분리되는 것으로 보아 다른 3가지 제품과는 다른 조성의 용매가 혼합되어 있는 것으로 사료된다.

불투명 도제를 도포시 가장 대표적인 고려사항은 적절한 cream 상으로 연화하는 점도를 생각해 볼 수 있다. 기존의 powder opaque에서는 연고형 불투명 도제보다 점도를 조절하기가 어렵기 때문에 사용을 기피하는 실정이다. 점도가 너무 낮으면 흐름성이 좋아져 조작시 연화물이 흐르기 쉽고 정확한 축성과 응축을 할 수 없으

며 또한 도포시 sagging 현상 때문에 골고루 입혀지지 않고 어느 한쪽 방향으로 치우쳐지는 현상이 나타날 수 있다. 가장 적절한 점도는 금속 표면에 놓인 opaque 도제가 그 부분에 멈추어서 흘러버리지 않는 정도가 적당하다. 본 실험의 결과에서 연고형 불투명 도제의 점도는 표 4와 같았다. 점도는 DU가 355866 cp로 가장 높게 나타났고 CE가 78736 cp로 가장 낮았으며 VM이 90132 cp, EX는 119140 cp의 점도를 보였다. 점도를 도제 분말의 입도와 비교해볼 때 초미립이 (91%) 가장 많은 CE가 상대적으로 초미립이 적은 DU(75%), VM(78%), EX(71%) 보다 점도가 낮은 것으로 나타나 입도 크기가 점도를 좌우한다는 것을 알 수 있었으나 특이한 것은 DU와 VM이 비슷한 입도 분포를 보였는데도 DU가 점도에서는 아주 높은 값을 보여 입도 크기에 따라서도 점도가 좌우되지만 용매와 다른 요인에 의해서도 점도가 좌우된다는 것을 알 수 있었다.

연고형 불투명 도제가 사용시 편리성과 작업성이 만족하다 할지라도 금속과의 결합력과 경제적인 문제가 있으면 그 존속성에 문제를 줄 수 있다. 따라서 본 연구 결과에서 알 수 있듯이 국내에서 생산된 연고형 불투명 도제의 기본적인 성질은 매우 우수하므로 임상에 적용하여 심미 보철의 좋은 예후를 기대할 수 있으며 본 연구에서는 다루어지지 않았지만 연고형 불투명 도제의 금속과의 결합력 분석 그리고 점도에 따른 작업성과의 관계성 규명에 대한 연구가 앞으로 더 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 시중에 수입 시판되는 3종의 연고형 불투명 도재와 국산 연고형 불투명 도재를 선택하여 열팽창계수, 입도분석, 용매분석 및 점도측정 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열팽창계수에서는 DU의 경우  $\alpha=13.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , VM의 경우  $\alpha=14.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , EX의 경우  $\alpha=13.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , CE의 경우  $\alpha=14.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다.
2. 입도분포에서는  $1\mu\text{m}$  이하에서 DU:12%, VM:12%, EX:13%, CE:12%,  $1\sim 5\mu\text{m}$ 에서 DU:42%, VM:42%, EX:38%, CE:61%,  $5\sim 10\mu\text{m}$ 에서 DU:21%, VM:24%, EX:20%, CE:18%,  $10\mu\text{m}$  이상에서 DU:25%, VM:22%, EX:29%, CE:9%로 나타났다.
3. FT-IT분석결과에서는 모든 연고형 불투명 도재의 용매의 주성분은 ethylene glycol 이었다.
4. 점도측정에서는 DU의 경우 355866 cp, VM의 경우 90132 cp, EX의 경우 119140 cp, CE의 경우 78736 cp로 나타났다.

## 참 고 문 헌

김광만, 고대진, 김사학, 김경남. 연고형 불투명 도재의 분석. 대한치과기공학회지, 27(3) : 237-243, 2000.

김사학. Opaque 도재의 도포 방법에 따른 금속-도재의 결합강도에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과기공학회지, 22(1) : 43-51, 2000.

Anusavice KJ. Screening Tests for metal ceramic systems, proceedings of the first international symposium on ceramics. Quint Pub. Co. Inc, 371-410, 1983.

Aranda R, Barghi N. An evaluation of four techniques for condensation of three opaque porcelain. J Prosthet Dent, 60(1):29-31, 1988.

Bower JE, Vermilyea SG, Griswold WH. Effect of metal conditioners on porcelain-alloy bond strength. J Prosthet Dent, 54 : 201-203, 1985.

Caputo AA. Effect of surface preparation on bond strength of nonprecious and semiprecious alloy. J Calif Dent Assoc, November 42-46, 1978.

Christensen GJ. The use of porcelain-fused-to-metal restorations in current dental practice: A survey. J Prosthet Dent, 56 : 1, 1986.

Johnston JF, Dykema RW, Cunningham DM. The use and construction of gold crowns with a fused porcelain veneer. A progress report. J.P.D., 6 : 811, 1956.

Malhotra ML, Maickel LB. Shear bond strength of porcelain-fused-to-alloys of varying noble metal contents. J Prosthet Dent, 44 : 405, 1980.

McLean JW. The metal-ceramic restoration. Dent Clin North Am 27 : 747-761, 1983.

McLean JW. Ceramics in clinical dentistry. Br Dent J, 164 : 187-194, 1988.

Obregon A, Goodkind RJ, Schwabacher WB.

Effect of opaque and porcelain surface texture on the color ceramometal restoration. J Prosthet Dent, 46(3):330-340, 1981.

Olin PS, Clay DJ, Lood JO. Current prosthodontic practice: A dental laboratory survey. J Prosthet Dent, 61 : 742, 1989.

Paige GF. Spray Opaquing; A new method for an old technique. Perspectives in Dental Ceramics, Quint Pub Co Inc, 365, 1988.

Stein RS, Kuwata M. A dentist and a dental technologist analyze current ceramometal procedures. Dent Clin North Am, 21 : 729-49, 1977.

Yaman P, Qazi SR, Razzoog ME. Effect of adding opaque porcelain on the final color of porcelain laminates. J Prosthe Dent, 77(2):136-140, 1997.

加騰一男. 陶材の膨漲と收縮の機構. 齒科技工, 別冊 陶材 昭和 9月, 23-31, 1954.