

## V. 치과용 도재의 최근경향 Recent Trend of Dental Ceramics

연세대학교 치과대학 치과재료학교실

조교수 金 璟 南

우리 인체내에서 가장 단단한 조직이 치아이며 이 치아가 손상되었을 때의 수복 방법은 상당한 고도의 연구가 필요하다. 수복할 때에 여러가지 사항이 고려되겠지만 무엇보다도 중요한 것이 치과재료의 선택일 것이다. 손상된 치질의 수복에 필요한 이상적인 재료의 개발은 계속되고 있어서 각종 합금, 아말감, Composite, 도재등 광범위한 재료가 연구대상이 되고 있다. 그러나 이상적인 치과수복 재료라는 것은 심미성, 기능성, 생물학적 친화성등 3가지의 요구조건이 충족되어야 하는데, 즉 자연치아의 물리적 성질과 모양이 비슷하며 교합력에 견디어야 하며 구강내 조건에서 물성 변화가 없어야 하는데 여기에 부합되는 재료는 아직 없는 실정이다. 특히 전치부 수복시에는 3가지 요구조건중 심미성이 매우 강조되고 있어서 상당한 연구가 필요하겠다. 금합금이나 비귀금속합금은 심미적 문제점이 있어서 전치부에 사용하기가 곤란하고 resin은 심미성은 어느 정도 만족시켜 주나 강도가 약하고 물을 흡수하고 유리monomer에 의한 치수손상 위험이 있는 등 여러가지 단점을 갖고 있다. 이런 단점들을 보완하고 있어서 최근 많이 사용하고 있는 재료가 도재이다. 도재는 1903년 Land가 처음 개발한 이래 치과영역에서 많은 연구와 개발이 이루어져 왔고 지금도 계속 새로운 형태의 도재가 소개되고 있다.

Ceramic (porcelain : 도재)이란 그리스어의“keramikos”에서 나온 말로 “흙으로 만든” “도재의”라는 뜻을 갖고 있다. ceramic은 한개 이상의 금속원소와 비금속원소가 결합하여 이루어져 있는데 보통은 산소원자가 기질로 존재하고 그 사이에 금속원소가 박혀있으며 서로 공유결합이나 이온결합을 이루고 있어 강력한 결합을 가지며 경도나 강도가 높

게 된다. 아울러 열이나 화학적 안정성이 강하지만 brittle한 성질을 갖는다.

### 도재의 분류

형태에 의하여 regular felspathic porcelain, aluminous porcelain, metal bonding porcelain으로 분류할 수 있으며 이를 재래형 도재 (conventional ceramic)라고 볼 때 최근 개발되어 임상응용이 시도되고 있는 구조에 의하여 제작할 수 있는 도재를 구조형 도재 (castable ceramic)라고 할수 있겠다. 또한 maturing temperature에 따라 high temperature maturing porcelain (1288~1371°C), medium temperature maturing porcelain (1093~1260°C), low temperature maturing porcelain (871~1066°C)으로 분류할 수 있다.

### 도재의 구조

산소원자가 주된 원자이며 Si, B등과 매우 안정된 결합을 이루고 있고 비결정구조 (noncrystalline structure)를 갖는다. 주성분은 SiO<sub>2</sub>와 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이며 여기에 CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O를 넣어 용융온도를 낮춰 주고, 점주도를 증가시켜 주며 결정구조로 바뀌는 것을 막아준다. 또한 경도와 점주도를 증가시키기 위하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 첨가시킨다. 그리고 자연치아와 비슷한 색조를 갖도록 하기 위하여 iron 또는 nickel oxide (갈색), copper oxide (녹색), titanium oxide (황갈색), manganese oxide (붉은 자주색), cobalt oxide (청색) 등을 첨가한다. enamel check line이나 hypocalcification area, 기타 결함을 재현하기 위하여 완성된 도재치판에 부가적인 색을 부여해 주는 stain kit도 별도로 있게 된다. 여기에 사용되는 도재는 medium temperature maturing porcelain 이나 low temperature maturing porcelain이며 aluminous

porcelain crown은 alumina의 조성을 40~50%로 증가시켜 강도가 보장된 것이다. metal-bonding porcelain에 사용되는 도재는 Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O의 양을 증가시키는 데 Na<sub>2</sub>O는 도재의 열팽창을 증가시켜 금속의 열팽창과 비슷하게 해 줌으로 도재와 금속의 결합력을 높혀 주며, K<sub>2</sub>O는 점주도를 증가시켜 pyroplastic flow(가열시 도재의 흐름성)를 저하시킴으로 firing시 도재관의 형태의 변형을 막아주는 역할을 한다.

그리고 금속의 투명성을 막아 주기 위하여 사용되는 opaque porcelain에는 metallic oxide opacifier를 많이 넣어 opaque의 두께를 최소로 해 준다.

## 도재의 특성

### 1. 수 축

재래형 도재의 가장 큰 특징중의 하나가 수축율이 크다는 것이다. 선수축률이 low temperature maturing porcelain은 14%, high temperature maturing porcelain은 11.5%이며 부피수축률은 low temperature maturing porcelain이 32~37%이며 high temperature maturing porcelain이 28~34%가 된다. 이 수축의 주원인은 도재 축성시의 condensation 부족이다. 도재 분말은 증류수와 혼합하여 축성을 하게 되는데 이때 증류수는 도재 입자를 결합시키는 역할만 하지 화학적 결합은 하지 않게 된다. firing할 때 이 증류수가 증발하여 도재에 수축이 야기되므로 충분하고 정밀한 condensation을 하고 압지에 의해 충분한 양의 물이 제거되어 도재 입자가 다져졌을 때 수축양을 최소한 줄일 수 있게 된다. 단순한 건조에 의해서는 수축양을 줄일 수 없다.

### 2. 기 포

완성된 도재관에 기포가 많이 있게 되면 표면이 거칠어 짐은 물론이려니와 투명도가 감소되고 강도도 감소된다. 이러한 기포는 도재분말을 증류수와 혼합할 때나 firing시 공기의 유입으로 생길수 있으며 도재firing의 부산물에 의해 생기기도 한다. high temperature maturing porcelain보다는 low temperature maturing porcelain에서 더 많이 생긴다. 도재관 제작시 진공상태에서 그리고 압력을 가한 상태에서 firing을 함으로 기포를 감소시킬수 있다. 또한 충분한 condensation으로 기포를 감소시킬수 있으며 여러 크기의 입자로 된 도재를 사용함으로 줄일

수 있다.

### 3. 물리적 기계적 성질

도재의 각 원소들은 공유결합이나 이온결합을 이루고 있어 (표)에서 보듯이 경도(KHN)가 상당히 높아 마모에 대한 저항성이 우수하다. 인장강도와 압축강도도 상당히 높은 편이지만 도재 축성때 또는 냉각과정에서의 잘못으로 도재표면에 미세한 crack이나 기포등의 결함이 있게 되고 이때 인장응력을 받게 되면 crack의 깊이가 증가되어 도재의 파절이 야기된다. 그러나 압축응력을 받게 될 때는 crack의 진행이 이루어 지지 않아 파절에 충분히 견딜 수 있게 된다. 도재금관 수복시 표면결합은 항상 생길 수 있으므로 구강내에서 인장응력을 받지 않도록 설계해야 치료에 성공할 수 있게 된다. 도재의 용해도는 4% acetic acid에서 0.1~0.3%이지만 구강내 타액에서는 거의 녹지 않는다. 또한 변색도 되지 않는다.

재래형 도재에서 porcelain jacket crown은 심미적인 면은 우수하나 쉽게 파절이 오며 정확도가 떨어지는 단점이 있어서 이에 대체된 것이 porcelain fused to metal (PFM) crown이다. PFM crown은 metal coping에 의하여 도재가 지지되므로 강도와 정밀도에서 porcelain jacket crown보다 더 우수한 효과를 얻을 수 있지만 금속과 도재간의 결합에 문제점이 남아있다. 그리고 합금 선택에 상당한 어려움이 있어서, 고금합금은 도재-금속간의 결합력은 우수하지만 rigidity가 약해서 long span bridge에는 사용하기가 어렵고 가격도 비싸다. 이에 비해 대용합금으로 사용하는 비귀금속합금은 rigidity는 좋아서 long span bridge에 사용하기 좋고 가격이 싸지만 구조수축이 크고 도재-금속간의 결합력 약화, 금속색의 노출 및 금관 변연부의 bluish line, metal allergy등의 문제점을 갖고 있다.

이러한 단점들을 보완하기 위해 새로이 개발되고 있는 것이 구조형 도재(castable ceramic)이다.

### 구조형 도재

현재 구조형 도재로 개발되고 있는 재료는 여러 가지가 되지만 여기서는 대표적인 것 3가지만 소개한다.

#### 1. Injection molded core material

non-shrink ceramic 또는 Cerestore라고도 한다.

〈표〉 치아 및 치아수복용 재료의 물리적 기계적 성질

	density (g/cm <sup>3</sup> )	compressive strength (MPa)	KHN	coefficient of thermal expansion (x10 <sup>-6</sup> /°C)	thermal conductivity (Cal·cm/cm <sup>2</sup> ·sec·°C)
Enamel	3.0	390	340	11.4	0.0022
Dentin	2.2	280	70		0.0014
Amalgam	11.0	360	120	22-28	0.0540
Gold alloy	8-14.0		90-220	14.4	0.7
Composite	2.0	185	30	26-40	0.0026
Conventional porcelain	2.4	170	460	12.0	0.0030
Glass ceramic	2.7	828	362	7.2	0.0040
Apatite ceramic	2.9	590	350*	11.0	0.0023

\*wet condition

non-shrink alumina core를 주조하여 만들고 이 위에 종래의 방법으로 veneer porcelain을 축성하여 porcelain jacket crown을 제작하는 것이다. 이때 사용하는 coping재료는 aluminum oxide와 magnesium oxide가 주성분으로서, firing하게 되면 magnesium aluminate spinel (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)이 되어 상당히 팽창하게 되므로 수축에 보상형태로 나타나게 된다. 이따라서 coping이 상당히 정밀하게 되는 것이다.

지대치 사색하고 인상채득하여 만든 완전모형에서 wax로 coping을 조각하고 매몰한 후 wax를 제거한다. 이 형태의 도재를 180°C로 가열하여 공기압력을 이용하여 mold내로 주입하면 coping이 만들어 지는데 이것을 보통 하루밤 정도 1300°C에서 firing한다. 이 위에 종래의 방법으로 도재축성을 하여 도재관을 만든다. 이 형태는 상당히 정밀하게 되며 metal coping이 없어서 심미적으로 양호하고 생물학적 친화성이 좋은 장점이 있으나 제작과정이 복잡하고 PFM crown보다 가격이 비싸고 임상시험 보고가 없는 것이 단점이 되겠다.

## 2. SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O-MgF<sub>2</sub> glass ceramic

Dicor라고도 한다.

취사도구, 미사일 부품, 건축물의 내장재등 공업 분야에 사용되는 glass-ceramic을 조성의 조절, 결정화의 변화등을 통하여 새형태의 투명하며 기계적 작업이 가능한 수복재료로 개발한 것이다. 주성분이 SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, MgF<sub>2</sub>로서 비결정상태의 작은

주괴(ingot)로 공급되지만 주조후 열처리 과정 (ceramming)에서 결정상태로 바뀌고 mica-type crystal의 nucleation and growth가 일어난다. 이 crystal은 기질내에서 서로 엉켜 있게 되므로 강도가 좋아지고 파절저항성이 커진다. 〈표〉에서 볼수 있듯이 비중, 경도등이 치아와 비슷하고 압축강도는 어느 재료보다도 크며 투명도는 재래형보다도 더 자연치아에 가깝다. 제작과정을 보면, 인상채득하여 만든 완전모형에서 wax로 치관을 만들고 통상의 방법으로 특수한 phosphate-bonded investment에 매몰한다. 900°C로 가열하여 30분간 유지시킨 후 도재 재료를 1370°C로 6분간 가열하여 주조한다. 실온에서 냉각하여 매몰재를 제거하면 주조체는 amorphous, transparent한 상태이지만 ceramming을 하면 semi-crystalline상태가 되고 translucent하며 물리적 성질도 좋아진다. 기존의 staining kit를 이용하여 도재관 표면을 staining한다. 이때 통법대로 firing하면 완전한 도재관을 얻을 수 있다. 이 재료는 제작과정이 간단하며 변연접합성이 좋고 강도가 우수하고, 심미성도 우수하고, radiodensity도 enamel과 비슷한 것이 장점이어서 심미적 요구가 있는 전치부나 구치부의 단순치관 수복에 사용이 가능하지만 표면의 staining이 마모에 의해 소실될 우려가 있고 생물학적 친화성등 임상적 통계가 없는 것이 단점이 되겠다.

## 3. Apatite ceramic

Cera Pearl 이라고도 한다.

자연치아가 hydroxylapatite  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  로 형성되어 있음에 착안하여 implant 계에서 꾸준히 연구되어 사용되었던 apatite를 도재분야에 응용한 경우이다. 주성분은  $CaO(45\%), P_2O_5(15\%), MgO(5\%), SiO_2(34\%)$  등이며 이중  $CaO, P_2O_5$ 는 hydroxylapatite crystal을 형성하는 필수성분이며,  $MgO$ 는 hydroxylapatite형성을 도와주며,  $SiO_2$ 는 기질로서 물리적 화학적 성질을 안정하게 해 주며 자연치아와 유사성을 갖게하는 역할을 한다. 이 재료를  $1460^\circ C$ 로 가열하여 주조한 후 다시  $870^\circ C$ 로 재가열 하면 결정형의 화학적으로 불안정한 oxyapatite ( $Ca_{10}(PO_4)_6 O$ )가 되지만 물과 접촉되면 결정형의 hydroxylapatite가 되어 자연치아와 유사하게 된다. 이렇게 된 도재는 <표>에서 볼 수 있듯이 밀도, 압축강도, 경도, 열팽창계수, 열전도율등 모든 성질이 자연치아의 enamel과 비슷해 진다. 또한 주조수축도  $0.53\%$ 이어서 적합도 역시 우수하며 생물학적 친화성도 좋은 것으로 보고되고 있다.

통상의 방법으로 wax조각해서 silicone rubber ring에 phosphate-bonded high heat investment로 매물한다. 1시간후 silicone rubber ring을 제거하고  $100^\circ C$  전기로에서 30분간 건조하고 다음 30분간  $500^\circ C$

로 올리고 다음 30분간  $800^\circ C$ 로 올린다. mold를 특별히 고안된 high heat processor에 옮기고  $1460^\circ C$ 에서 진공용융한 후 주조한다. 주조후 microcrystal이 형성되도록 (crystallization) 이 mold를 crystallization oven에 옮기고  $750^\circ C$ 에서 15분간 유지한 다음 분당  $50^\circ C$ 로 온도를 올려  $870^\circ C$ 가 되게 한다. 이 온도에서 1시간 후면 원하는 양의 apatite crystal이 형성된다.

주조한 도재의 주조체는 매우 희므로 stain을 해야 하는데 이때 특별히 제조된 CeraStain을 사용한다. 이 재료는 물리적 성질이 자연치아와 유사하고 적합성이 좋은 반면 stain의 마모가능성이 높고 시적시 파절위험성이 높으며, 제작시 몇 가지 특수한 장비가 있어야 하며, glass ceramic과 마찬가지로 임상적 통계가 없는 것등이 단점이 되겠다.

이상에서 볼 수 있듯이 도재금관을 만드는데 여러가지 새로운 재료와 기술이 개발되고 있다. 심미성, 기능성, 생물학적 친화성등에 주안점을 두면서 강도와 정밀도의 보강과 아울러 자연치아와 유사한 재료개발의 경향이 커지고 있다고 할 수 있겠다. 그러나 아직은 재래형의 약한 도재보다 새로운 고강도의 도재를 사용하는데 신중을 기해야 하며 장기적인 임상결과를 얻어야 할 것이다.

### 아세아·태평양지역 치과연맹 한국총회 준비위원장에 강효식교수 선임

치협은 지난 28일 열린 임시이사회에서 제14차 아·태 치과연맹 한국총회 준비위원장에 인제대의 치과학교실 주임교수인 강효식씨를 선임했다. 이로써 89년도에 우리나라에서 개최 예정인 제14차 아세아·태평양지역 치과연맹 한국총회의 준비작업이 구체적인 것으로 생각된다. 동 총회 준비위원회는 위원장 이하 9명의 위원을 두게되어 있는데 위원선정이 곧 있을 것으로 보인다.



<강효식교수>

강효식 제14차 아·태 치과회의 준비위원장은 올해 48세로 61년 서울치대를 졸업(15회), 61년 5월 사이공에서 열린 국제청년회의의 한국수석대표로 참여하는등 각종 청년관계 국제회의에 여러번 참가한 바 있으며 72년부터 80년까지 정부과전 치과의사로 선발돼 말레이시아에 근무하면서 구강외과 전문의 자격을 취득했다.

80년 귀국후 인제대의 치과학교실 주임교수로서 백병원 치과과장으로 봉직하고 있으며 84년 공직치과 의사회장을 역임하였고 현재는 대한치과교합학회, 서울시 골프협회 회장직무대리로 헌신하고 있다.