

## Gold Electroforming System(GES)를 이용한 도재관 제작

신홍대학 치기공과 부교수

신 종 우

### I. 서 론

Electroforming의 대표적인 제품들은 크라운, 인레이, 온레이 등과 같은 일반적인 보철물 외에도 브릿지나 스프린트나 bar supportings, cone 또는 telescopic 케이스 등과 같이 다양한 부분까지도 포함하고 있다. 지난 수년간 우리는 급격하게 늘어난 알러지로 인하여 여러 종류의 금속에 민감해진 환자들이 꾸준히 늘었고 그로 인하여 우리의 “진보적인” 산업 사회의 환경압력이 증가하여 아말감이나 레진 수복물에 대한 해결법을 좀 더 많이 요구하는 상황에 직면해 왔다.

Electroforming technology는 자연 그 자체가 하나의 이상적인 해결법으로 제시되고 있는데 이의 장점들은 순도 99.9%의 순금과 부식되지 않음을 수 세기에 걸쳐 증명해 온 재료들을 사용하는 것(최대 개당 0.5그램의 무게에 대한 최소화, 아무리 깊은 인접 box 외동이어도 완벽한 접합 마진)과 마지막으로 구강 내 내구력이 좋은 인산아연 시멘트로 시멘팅 할 수 있다는 점들이 장점들이라고 할 수 있다.

Electroforming은 정밀보철 재료 중 하나로

서 적합 정밀도와 업무 효율화 그리고 비용(약 크라운 한 개에 0.3~0.4g 정도 필요)과 심미성을 재현할 수 있는 적절한 재료와 방법이라고 할 수 있으며, 특히 금속의 알러지 등에 민감하므로 생체 친화성이 높은 순금이 주목 받으면서 근래 구라파를 중심으로 전 세계적으로 치과 임상에 폭 넓게 적용될 것으로 내다 볼 수 있다. 전기주조를 영어로는 “Electroforming” 독어로는 “Galvanofarming” 국문으로는 “전기주조”라고 부르고 있기 때문에 앞으로 전기주조를 줄여서 전주법이라고 명칭을 통일하고자 한다.

치과 보철물을 제작하는 데에는 내면과 외면의 정밀도가 중요하며, 전기전주상을 제작하려면 점막면뿐만 아니라 외측의 정밀도가 매우 중요하다. 그리 크게 연마하지 않고도 양호한 면을 얻어야 하기 때문에 치과기공과정에서는 특히 전기전주 금속의 내외면 정밀도가 필요하다고 할 수 있다. 일반적으로 “전기주조”와 “전착”으로 구분하는데 일본의 가나가와 치과대학에서는 20년 동안 박리하는 장치는 전기주조라고 부르며, 모재에 부착된 경우는 전착(deposit=전기 분해에 의하여 전해질이 갈라져 나와 전극의 표면

교신  
저자

■성명 : 신 종 우

■전화 : 031-870-3430

■E-mail : Attach@shinbiro.com

■주소 : 경기도 의정부시 호원동 117 신홍대학 치기공과

에 들러붙는 일을 말하며, 일반적으로 전기 도금이나 전기 주조술에서 주로 이러한 현상을 이용)이라고 부르고 있다.

도금과 비교하여 보면 전착은 두껍고 사용목적이 다른 반면에 도금은 강도를 높이거나 장식성을 중요시한다. 두께로 구분하여 보면 1.50 $\mu$ m 까지를 도금이라고 하며, 100 $\mu$ m 이상을 전기주조라고 볼 때 치과 보철물에 이용되는 범주는 "Electroforming"에 가깝다고 할 수 있다.

대체적으로 실제 복잡한 장식품 등은 대부분 전기주조로 제작되고 있는데 그 제작과정을 살펴보면 왁스로 몰드를 제작하고 그 위에 두껍게 도금한 다음 뜨거운 물로 녹이거나 파낸 후 내부를 빈 공간으로 만들면 이렇게 복잡한 형태가 간단하게 완성시킬 수 있다. 그리고 실제로는 사용된 골드의 양이 상당히 많아 보이지만 실제로는



〈그림 1〉 전기주조에 의해 제작된 장식품

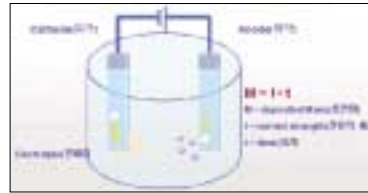
그렇게 많이 이용되지 않고 있다.

전기주조란 모재 표면을 두껍게 도금하는 것으로서 이것을 모재에서 박리한 다음 모재와 전혀 다른 형상의 제품을 완성하거나 그 제품 표면에 박리 처리하여 똑같이 두껍게 도금하므로 모재 표면과 동일한 요철 제품을 얻어내는 방법을 말한다(그림 1). 1988년에 GAMMAT가 최초로 출시되었을 때 이는 하나의 혁명과도 같았다. 오늘날, GAMMAT 장비는 전 세계의 많은 치과기

공소의 표준화된 장비의 일부가 되어 가고 있다.

따라서 생체 적합성이 우수한 Gold Electroforming System(GES)의 이론적인 배경과 각 보철물(본 장에서는 single crown)의 전 제작과정을 알아보고자 한다.

## II. 본 론



〈그림 2〉 전기주조의 원리

### 1. 전기주조의 원리

페러다이 법칙을 따르는데 간단하게 소개해보면, 통전된 전착량이 전기량에 비례하는 이론을 이용하고 있다. 비이커에 골드가 녹아있는 골드용액을 넣고 그 내부에 전기주조할 다이를 넣으면 균일한 골드 코핑을 얻을 수 있다. 즉, 비이커 내의 골드용액은 전해액으로 + - 극으로 되어 있지만 그림 2와 같이 전류를 통하면 은이 발라진 다이 위에 + 극인 골드가 전기전착되면서 치밀하고 균일한 골드 코핑을 얻게 된다.

### 2. 장점

전기주조의 의미는 대표적으로 생체 적합성(Biocompatibility), 심미성(Esthetics), 신뢰성(Reliability), 뛰어난 적합 정확도(Excellent fitting precision) 등을 들 수 있다.

첫째, 생체 적합성은 순금(24K)을 이용하기

때문에 최대한의 생체 적합력을 지니고 있어 알러지 등을 유발하지 않으며, 최종 합착 시는 기존의 인산아연 시멘트(Zinc-Phosphate Cement)를 사용할 수 있다. 따라서 전기주조된 수복물은 에칭법을 사용하지 않고 기존의 시멘트를 사용하여 치아에 합착시킬 수 있다

둘째, 순금(24K)의 풍부한 색조는 포세라린이나 아크릴릭 재료의 심미적인 접면(facing)을 가능하게 해주기 때문에 심미적이라고 할 수 있다. 전기주조된 재료는 불과 200um의 wall thickness를 보유하므로, 완벽한 심미적인 facing을 하게 할 수 있어 치관 형태 및 색조 재현성이 우수하다고 할 수 있다.

셋째, 뛰어난 적합 정확도는 자연치아의 완벽한 재현. 전기주조 수복물의 경우 사용된 뛰어난 정확도로 인해 우수한 내구성을 제공한다. 24K 순금의 자동 갈바닉 제련으로 함유물이나 주조 문제는 발생하지 않는다. 보철물의 질은 항상 어떠한 수준에서도 동일한 높은 수준에서 존재하게 된다. 전기주조된 수복물은 뛰어난 적합 정확도로 구분되며, 이는 장기간의 내구력을 보장하는 중요한 특성이다.

넷째, 일반적인 주조방법(납형채득, 소환, 주조과정 생략)이 아니기 때문에 주조 시 열팽창 변화가 없으며, 도가니에 의한 오염이 등을 막을 수 있다.

다섯째, 제작과정이 간단하기 때문에 기존방법에 의해 환경 친화적인 우수한 보철물 제작이 가능하다.

여섯째, 삭제되는 치질의 양(코핑의 두께)이 현저히 적어 건강한 치질의 보존이 가능하며, 우수한 변연 적합도를 얻어 낼 수 있다.

일곱째, 금의 생체 친화성과 정밀성으로 환자

에게 기능적으로 안정성을 제공할 수 있어 보철물의 수명이 장기적이다.

여덟째, 경제적이다, 작업과정이 복잡하지 않아 납형 형성 매물 주조, 금속삭제, 연마과정이 없기 때문에 이 과정에서 사용되는 많은 재료는 물론 시간관계에서의 경제성을 말한다. 9개에서 24개까지의 금관을 기계에 동시에 넣어 작업 할 수 있으며, 균일한 두께의 코핑 제작이 가능하기 때문에 삭제량이 전혀 없어 경제적이다.

아홉째, 기공조작이 실내의 작은 기계 안에서 이루어지기 때문에 조작과정에서 친환경적 이라는 것이다.

열번째, 합금을 사용하지 않기 때문에 도재가 올라 갔을 경우 합금의 성분에서부터 생기는 변색이 문제가 전혀 없는 것이다.

열한번째, 기존의 알로이(예를 들면 여러 이형 금속으로 제조되는 등)와는 대조적인 전기주조 골드의 가장 큰 장점은 순금(24 carat gold)을 이용하기 때문에 알러지 발생 위험을 최소화 해준다.

열두번째, 치은의 변색이 없다. 전기주조된 수복의 순금재질과 미세한 순금 마진으로 인해 주조금속(cast-alloy) 수복의 경우에서 흔히 볼 수 있는 변색이 없다.

열세번째, 전기주조 골드의 수복은 자동으로 처리되기 때문에 보철물의 수명이 장기적이며, 보철과 환자의 편안함을 위해 필요한 100%의 정확한 적합도를 제공한다.

열네번째, 신뢰성은 전기주조는 이미 수십 년간 치의학에서 사용되어 온 기법으로 여러 임상적인 장기간 연구를 통해 전기주조 수복물의 뛰어난 질이 입증되어 환자의 만족도 높은 보철물로 자리를 잡고 있다.

### 3. 전기주조를 이용한 단일 크라운 제작법

#### 1) 다이 제작

마스터 다이는 sealing varnish와 block-out wax를 이용하여 종래의 방법대로 준비한다 <그림 3>. 시멘테이션용으로 충분한 공간을 제공하기 위해서는 Gramm's Spacer를 사용하는 것이 중요하다.



<그림 3>  
주모형 다이에 spacer 도포

#### 2) 복제

복제용 실리콘으로 복제한 마스터 다이는 super hard plaster를 사용하여 복제 모델을 제작한다<그림 4>. 복제 다이는 전기주조시 하나가 이용되기 때문이다.



<그림 4>  
주모형 다이 복제

#### 3) 복제 다이

복제 다이를 최대한 경계까지 트리밍한 다음

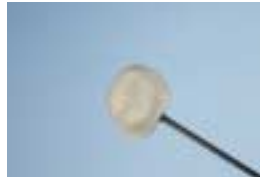
프렙라인 아래에 코팅된 동선(copper wire)용 구멍을 뚫고 순간 접착제를 이용하여 그 안으로 붙인다<그림 5, 6>.



<그림 5>  
복제 다이 제작



<그림 6>  
복제된 다이의 치경선 하방을 축소하고 구멍을 뚫어 동선을 부착



#### 4) Silver conduct varnish의 사용

동선의 코팅을 약 0.5mm 제거하고 동선에 연결되는 부위뿐 아니라 전기주조될 모든 표면을 포함하여 Silver Lacquer를 바른다<그림 7>. 결론적으로 Silver lacquer가 도포된 다이상 부분에만 전류가 통하여 골드 코핑이 전기전착이 된다.



〈그림 7〉  
Silver lacquer 도포

### 5) Plating head 장착

다이를 수용액의 흐르는 방향(시계방향)으로 전기주조되도록 위치시키고, 동선을 plating head내로 삽입한 다음 전류가 흐르는지 확인을 한다(그림 8).



〈그림 8〉  
동선을 plating head내로 삽입

### 6) 골드 용액 양의 결정

Bath volume, 즉, 필요한 골드용액의 양은 전기주조될 표면의 크기에 따라 결정된다. 대부분의 보편적인 용법은 모델의 측정에서 준비된다(그림 9). 그러나 금의 해당 양은 plinth(초석)에 각인되어 있다. 필요한 금 용액의 전체 용적은 한번에 같이 전기주조될 모든 재료들이 필요

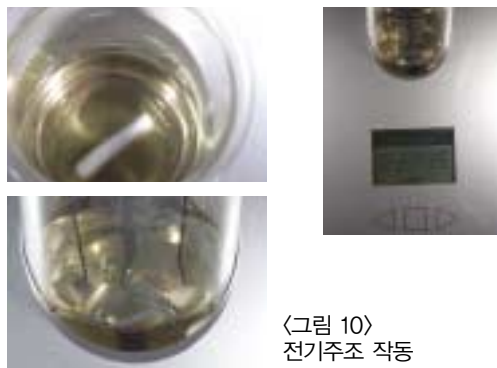
로 하는 금의 양을 더하여 결정된다. 좀 더 정확한 금 양의 결정을 위해서는 GAMMAT control을 사용하는 것이 권장된다. 커다란 노력 없이도 본 장비는 금 용액인 ECOLYT SG100 내에 함유된 금의 정확한 양을 계산하고 해당 금의 양을 디스플레이에 표시해 주기 때문에 매우 간편하게 이용할 수 있다.



〈그림 9〉  
샘플 모형을 참고하여 골드 용액 양을 결정

### 7) 전기주조

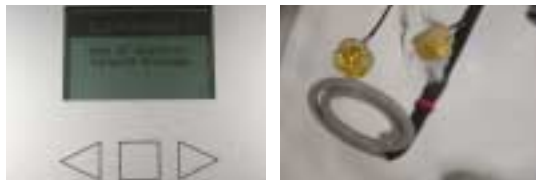
Gramm's GAMMAT electroforming unit을 작동시킨 후에는 다이에 자동으로 24K 골드가 전기전착 된다(그림 10). 작동 후 활성화간 30분을 거쳐 6시간 후에는 전자동으로 전기전착의 모든 공정이 완료된다.



〈그림 10〉  
전기주조 작동

8) 전착 후

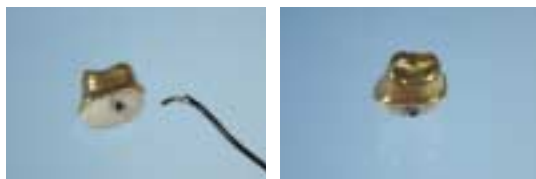
Refining process가 완료되면 기기는 자동으로 꺼진다. 전기주조된 다이들을 plating head에서 분리하고 흐르는 물에 헹구어준다<그림 11>.



<그림 11>  
전기주조 후 세척

9) 경석고 다이를 용해하고 Silver Lacquer 제거하기

경석고 다이는 플라스틱 용해제를 이용하여 제거하고 크라운 내에 남아있는 silver conduct varnish는 질산(nitric acid)을 이용하여 제거해 낸다<그림 12, 13>. 제거한 다음 코핑의 무게를 측정해보면 아주 적은 양에 놀라게 된다(약 0.2-0.3g 정도).

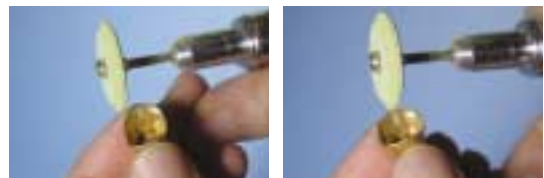


<그림 12>  
동선 제거

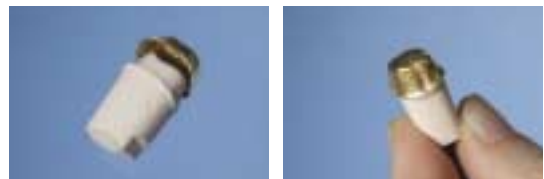


<그림 13>  
석고 용해제를 이용하여 경석고를 제거하고 질산으로 은을 제거

10) 마스터 다이에 장착하기



<그림 14>  
실리콘 폴리싱 휠을 이용하여 마진부 다듬질



<그림 15>  
마진 다듬질 후 주모형에 장착된 상태

실리콘 폴리싱 휠을 이용하여 약간 overhanging된 마진부를 트리밍하는데 마진부를 형성해주는 방법에는 두 가지가 있다<그림

14, 15). 첫 번째 방법은 전기주조되는 보철물의 마진은 삭제되어 후에 포세라인이나 아크릴로 facing이 될 수 있도록 해줄 수 있으며, 두 번째 방법은 facing으로 덮이지 않는 부위는 fine gold margin으로 남겨둘 수 있다.

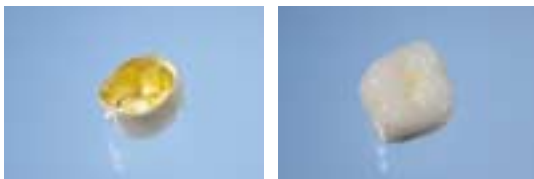
11) Galvano-Bonder 도포

전기주조되는 부분은 샌드 블래스팅하여 알코올로 세정한 다음 도재와의 화학적인 결합력을 높여 주기 위해 Galvano-Bonder를 바르고 소성한다<그림 16>.



<그림 16>  
Galvano-Bonder 도포

12) Porcelain facing 및 제작 완료



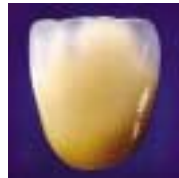
<그림 17>  
Porcelain facing 및 제작 완료

전기주조되는 보철물의 facing용으로는 고온용이나 저온용에 상관없이 모든 보편적인 포세라인 재료를 사용할 수 있다<그림 17>. 사용시는

각 포세라인 제조사의 사용법을 준수하면 되며, 제작 완료 후에는 뛰어난 심미성, 최적의 생체적 합성, 완벽한 적합 정확도를 얻을 수 있다.

4. 적용분야

크라운, 인레이, 온레이 등과 같은 일반적인 보철물 외에도 브릿지나 스프린트나 bar supportings, cone 또는 telescopic 케이스, 교정장치 등과 같이 다양한 부분까지도 포함하고 있다<그림 18-22>.



<그림 18> Single Crown의 임상증례



<그림 19> Inlays의 임상증례

<그림 20> Bridge의 임상증례



<그림 21>  
Telescoping bridge의 임상증례



<그림 22> 총의치의 금속상과 Partial framework에 gold plating

### Ⅲ. 결 론

Electroforming된 크라운은 메탈-세라믹 수복에 대한 또 다른 대안 이상이라고 할 수 있다. Electroforming 기술은 뛰어난 생체친화성, 필적할 수 없는 정확한 적합도, 완벽한 심미성을 위한 전제조건을 제공할 뿐만 아니라 쉬운 조작성과 기존의 기공소 시설에 과도한 투자 없이도 문제없이 용화되어 사용될 수 있는 장점을 제공한다 하겠다.

### 참 고 문 헌

- Source:Wirz, J. Biologic restorations in:  
“Electroforming in Restaurative Dentistry” Page 13-43, Quintessence Books 1999.
- Source:Wirz, J. Biologic restorations in:  
“Galvanoprothetik-neue Wege zum, biologischen Zahnersatz” Page 13-43, Quintess Verlag 1998.
- Hoffmann A. Lasern-Eine neue Technologie in der Zahntechnik. Quintessence of Dental Technology(1997).
- 신종우. 고급심미보철의 세계(the Arts of Electroforming Dentistry), 참윤 퍼블리싱, 2004.