

임플란트 지대주와 주조 금합금과의 접합 및 부식에 관한 연구

조선대학교 치과대학 치과보철학교실

· 손미경 · 마장선 · 정재현

I. 서 론

근래에 환자의 의치사용의 기피, 기능 및 심미적 요구가 증대됨에 따라 치과 임플란트의 적용범위가 광범위 해짐으로서 수종의 치과 임플란트 시스템들이 개발되어 소개되고 있다. 더불어 각종 임플란트 시스템의 고정체 및 상부 보철을 위한 지대주 역시 재료 및 형태에서 다양한 변화를 보이며 임상진료에 많은 편리함을 제공하고 있다. 그러나 수종의 임플란트의 개발 및 기술의 증가와 함께 임플란트 실패에 관한 보고도 많아지고 있다. 이는 임플란트를 이용한 보철수복 역시 보철물 제작과정과 유지관리 기간중에 보철과 관련된 여러 문제가 야기될 수 있기 때문이다. 결국 임플란트를 이용한 구강재건은 여러 단계를 거쳐야 성공적으로 마무리 될 수 있다. 즉 임플란트 보철의 제작시와 매번 정기 검진시 임플란트의 위치와 축 방향, 지대주 고정나사의 풀림과 파절, 교합면 나사의 풀림과 파절, 고정체의 파절, 상부 지대주의 파절, 교합면 재료의 소실, 이중 금속 사용에 의한 부식, 심미적 문제, 기능적 문제, 구강청결위생의 용이성, 골흡수 정도와 양태등에 대한 검진이 요구된다^{2,4,14}. 특히 임플란트 상부 보철물을 제작하는 동안 임상 및 기공과정에서 당면할 수 있는 문제점으로 인상용 핀과 고정체의 부적합, 인상재료의 변형이나 부적절한 인상채득법, 작업모형과 매물재의 팽창, 금속의 주조수축 등의 기공적인 오차는 궁극적으로 주조의 실패를 야기하고 더 나아가 주조금속과 지대주 사이의 완전하지 못한 기계적 결합을 야

기할수 있다.

나사유지형 임플란트 보철물(screw retained implant prosthesis) 제작시 주로 사용되는 premachined abutment coping의 경우 상부에 납형이 제작된 후 주조합금을 이용하여 주조됨에 따라 주조시 오차가 발생됨에도 불구하고 제조회사로부터 사용시 주의에 대한 설명이 미비하고 지대주와 주조 합금사이의 금속 접촉면(metal interface)에 대한 자세한 정보도 부족한 실정이다. 이러한 주조시 오차 및 주조 합금과 지대주의 결합에 대한 연구로 Yoshitaka 등²⁴은 상부 보철물의 제작과정에 있어서 많은 기공적 오차가 발생할 수 있으며 주조시 gold coping은 plastic coping에 비해 오차 발생 가능성이 높으므로 주의해야 하며 특히 Steri-Oss system의 gold coping은 길이가 길기 때문에 주의를 요한다고 보고하면서 각각의 주조조건을 제시한 바 있다.

최근 premachined abutment coping에 치과용 합금의 주조에 대한 보고중 Patrick¹⁹은 티타늄 합금이 티타늄 지대주 위에 주조될 때 접합면(interface)을 가로질러 분자결합(molecular bonding)이 발생하는 반면, 고용용 금합금(high fusing noble metal alloy)이 금합금 지대주(high fusing noble metal alloy cylinder)위에 주조될 때 기계적 결합(mechanical bonding)이 발생된다고 언급했다. 이와 대조적으로 Carr와 Brantley^{5,6}는 고용용 금합금이 금합금 지대주 위에 주조될 때 합금과 지대주의 미세구조를 유지하는 우수한 금속간 결합(metal to metal bonding)이 발생하고 기포나 금속구조의 변화는 없었다고 보고

하였다.

임플란트 구성 재료 및 주조시 결합에 의해 야기되는 또 다른 중요한 문제 중의 하나가 부식이다. 부식이란 어떤 물질, 특히 금속이 환경과 반응하여 파괴되는 것으로 정의할수 있다^{1,10)}. 치과 영역에서는 40여년 전 치과용 합금의 갈바닉 부식에 대한 과학적인 연구¹³⁾가 발표된 이후 부식에 대해 고려하기 시작하였으며 이들 대부분의 초기연구들은 아말감과의 고전적인 결합에 의한 부식을 언급하였다. 임플란트에 대한 부식은 고정체와 상부 구조물 간의 이종금속으로 인한 갈바닉 부식에 대한 연구^{8,9)}가 활발히 진행되어왔고, 최근에 이르러 지대주와 상부 구조물의 재료에 따른 갈바닉 부식에 대한 연구가 보고되고 있다^{11,12)}. 그러나 이러한 갈바닉 부식에 관한 많은 연구와 대조적으로 단일치아 임플란트에서 상부구조에 사용된 합금과 지대주의 접촉으로부터 야기된 갈바닉 부식 및 주조시 발생하는 틈으로 인한 틈부식(crevise corrosion)에 대한 연구는 미비하며 지대주와 주조합금의 결합에 관한 몇몇 논문들^{5-7,19)}도 지대주와 주조합금 사이의 적합의 오차로 인해 야기되는 틈부식의 위험성에 대해서 언급하지 않았다.

따라서 본 연구에서는 임플란트 상부 보철물의 제작을 위해 사용되는 Steri-Oss 시스템의 HL Hexed abutment의 두가지 형태 즉, gold coping과 gold/plastic coping을 Type III gold를 이용하여 주조 전과 주조후의 양극 분극 실험과 갈바닉 부식 실험을 통해 비교하고, 주조후 절단한 시편에서 틈부식 실험을 한 후 이를 주사전자현미경을 통해 관찰함으로써 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

Table 1. The composition of abutments and casting gold alloy using in this study

Samples	Composition	Melting Point
Steri-Oss gold alloy coping	Au 60%	1400-1460℃
	Pt 25%	
	Pd 15%	
Type III casting gold alloy	Au 46%	877-963℃
	Pd 4.5%	
	Ag 40%	

Steri-Oss : Steri-Oss, Yorba, Linda. USA.

Type III gold alloy : We Dong Myung Dental Alloy, Co. LTD. Korea.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 시편의 준비 (Fig. 1)

본 연구에서는 상부 지대주로 Steri-Oss system에서 단일치아의 수복시 임상에서 널리 사용되는 HL Hexed abutment의 두 가지 형태, 즉 gold coping과 gold/plastic coping 형태의 지대주를 선택하였다.

주조 금속인 Type III 금합금과 coping용 금합금의 구성 및 용융온도는 Table 1 과 같다. 주조 전의 양극분극 거동 및 갈바닉 부식 거동 실험을 위해 두 가지 형태의 지대주와 주조용 금합금을 준비하였다.

주조 후 부식실험을 위한 시편은 각각의 지대주에 소구치 모양으로 납형제작후 인산염계 매몰재인 Denti vest(Sinji, Korea)에 매몰하고 소환로에서 600℃로 소환한 후 gas- oxygen torch를 이용하여 주조하였다. 주조된 각각의 시편은 임상에서와 동일한 조건을 부여하기 위해 주조 후 연마를 시행하였다.

2) 부식액

생체의 실험을 할 경우에는 실제 환경과 유사한 조건을 제공하는 체액을 모방한 전해액의 활용이 중요하다. 치과재료로 이용되는 금속의 부식은 일반적으로 염소이온의 존재 및 활동과 관련이 있고 부동태의 파괴에 관여하는 이온도 신체와 타액에 존재하는

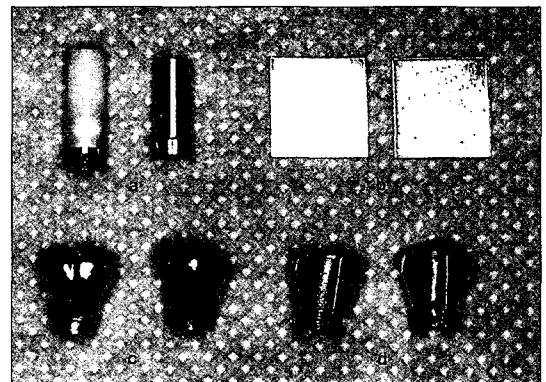


Fig. 1. Samples for this study.

a: Steri-Oss HL-Hexed abutment(gold/plastic coping & gold coping)

b: Type III casting gold alloy

c: Casting samples

d: Sectioned samples for crevice corrosion

Table 2. Constituents of modified Fusayama's artificial saliva

KCl	0.4gm/l
NaCl	0.4gm/l
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	0.6gm/l
Na ₂ S · 5H ₂ O	0.0016gm/l
Urea	0.5gm/l

Table 3. Electrode and scanning conditions in this study

Counter electrode	: High density Carbon(C)
Reference electrode	: Saturated calomel electrode
Working electrode	: sample
Scanning range	: -1500mV~+1500mV
Scan rate	: 100mV/min
Electrolyte	: modified Fusayama's artificial saliva
Temperature	: 37±1°C

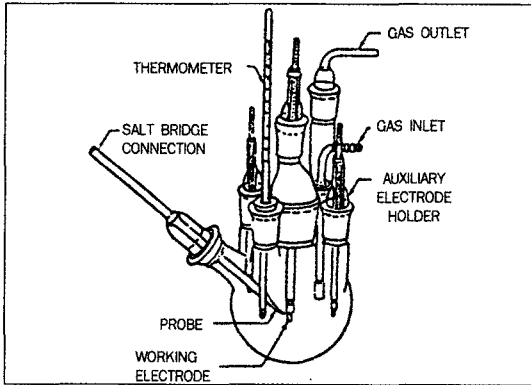


Fig. 2. Schematic diagram of the corrosion cell.

염소 이온이라는 보고가 있다^{3,23)}. 따라서 본 연구에서는 염소이온을 포함한 부식액으로 자연타액과 성분이 가장 비슷한 인공타액을 사용하였다. 이는 치과용 합금의 부식실험 용액으로 주로 사용되고 있으며 측정을 위해 신선하게 보관되었고 37±1°C의 온도로 유지한 후 실험에 사용하였다. 변형인공타액(modified Fusayama's artificial saliva)의 조성은 Table 2 와 같다.

2. 연구 방법

1) 하중조건

임플란트에 대한 구강내 동하중을 적용하기 위해 레진 블럭에 매몰된 직경 3.8mm의 Steri-Oss 고정체에 10Ncm의 회전력으로 지대나사를 조인다음 Larry 등²⁶⁾의 실험자료를 참고로 하여 6kgf의 하중을 임플란트의 장축방향으로 1/0.7sec로 1000회로 가하였다.

2) 부식실험

(1) 양극 분극 실험

주조전, 주조후 각각의 시편을 인공타액에서 전기화학적 부식실험을 행하였으며 1000ml의 용량을 가진 분극실험용기(multineck beaker)에 전해액 600ml를 넣고 부식실험 30분전 부터 argon gas를 흘러보내 전해액내의 용존산소를 제거해 비산화성 환경을 형성한후 부식 측정 장비인 Potentiostat(model 273A EG&G, U.S.A.)에 연결하였다. 시편과 기준전극(reference electrode)간의 거리는 대략 1mm로 조절하였다. 이때 기준전극은 SCE(saturated calomel electrode)로 구성되고 보조전극(counter electrode)은 고밀도 탄소전극(high dense carbon electrode)을, 작업전극(working electrode)으로는 각각의 시편을 사용하였다(Fig. 2).

양극 분극곡선을 얻기위해 Potentiostat에 연결한 전위차 발생장치에서 전위주사속도(potential scan rate)를 100mV/min 으로 전위주사범위(potential range)는 -1500mV~+1500mV까지 측정하였고, 실험시마다 시편과 부식액을 교환하였다. 본 실험에 사용된 실험전극과 주사조건은 Table 3과 같다.

Fig. 3은 양극 분극 시험에 의해 나타나는 전형적인 곡선의 형태를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 금속은 부식전위에서 부식이 발생되어 금속이온이 용출되다가 부동태화 임계전류 i_{crit} 에 도달하면 용액 내 산소와 반응하여 일시적인 보호막인 부동태 피막이 형성되어 더 양분극시켜도 일정 전위범위인 E_R - E_T 간에서는 양극전류가 증대되지 않고 거의 일정한 부동태 전류(passive current) i_p 가 흐른다. 그러나 일정전위 E_T 이상으로 분극시킬때는 금속이 고원자 이온으로 용해하는 과부동태영역으로 들어가고 더 양분극시키면 산소발생영역으로 들어간다. 이 부동태 특성곡선에서 임계전류 i_{crit} 를 부동태화 전류(passive current) 그 전위 E_R 를 부동태화 전위(passive

vation potential) 혹은 Flade 전위라 하고, 부동태 영역과 과부동태 영역의 경계전위 E_T 를 관통전위 (break-through potential)라 하며 과부동태 영역에

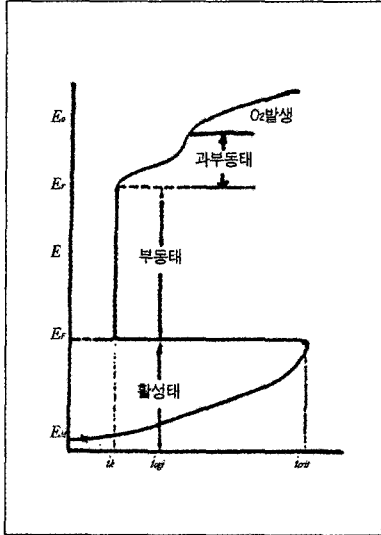


Fig. 3. Schematic presentation of Anodic polarization curve.

서 공식이 생길때는 특히 이 경계전위를 공식전위 (pitting potential)라고 한다.

(2) 갈바닉 부식 실험

주조전 갈바닉 부식 실험은 gold/plastic coping과 gold coping을 각각 주조용 금합금과 연결하여 시행하였고 (Fig. 4-a), 주조후 갈바닉 부식 실험은 주조후 시편에서 gold/ plastic coping과 gold coping에 해당되는 부위와 주조 금합금부위에 전선을 각각 따로 연결하여 시행하였으며 각각의 접촉 전류밀도의 측정은 potentiostat을 이용하였다.

접촉전류 밀도(contact current density)는 24시간 동안 측정하였고 수치는 30초 간격으로 기록되었다. 측정은 각 시편에 대해서 3번씩 반복하였다. 갈바닉 쌍(galvanic coupling)형성으로 인해 야기된 금속 유리량(global substance loss)은 Faraday's law에 따라 전류-시간 면적과 같으며 이는 전하량 Q로 나타낼수 있으며 이 값은 컴퓨터에서 자동으로 측정 기록하였다 (Fig. 4-b).

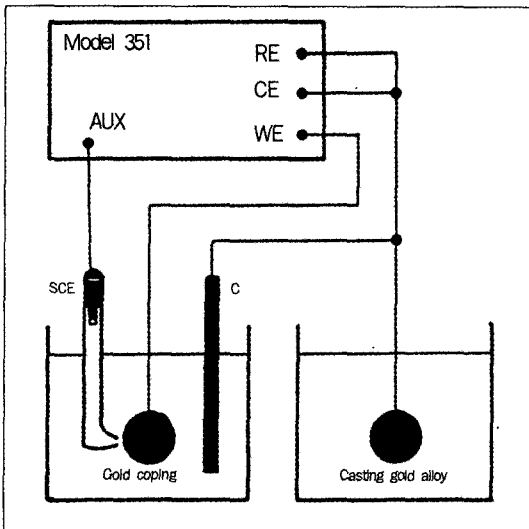


Fig. 4-a. Schematic presentation of the test set up.

- RE : reference electrode
- CE : counter electrode
- WE : working electrode
- C : graphite electrode
- SE : saturated calomel electrode

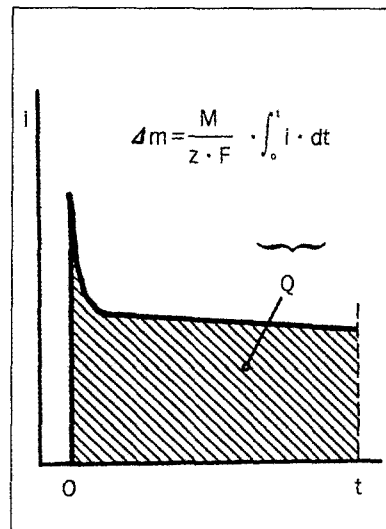


Fig. 4-b. Calculation of substance loss according to Faraday's law.

(3) 틈부식 실험

틈부식은 Cl⁻이온을 포함한 용액에서 그 정도가 심하고^{1,10)} 틈 내부에는 산소공급이 힘들어 잔존 산소가 고갈되면 더 이상 산소환원반응은 일어날 수 없지만 금속M⁺의 용해는 계속된다. 따라서 틈 내부의 용액 속에 금속이온 M⁺가 과도해 지면 평행유지를 위해 OH⁻이온도 이동하지만 Cl⁻의 이동속도가 더 빠르므로 결국 M⁺Cl⁻농도가 증가하게되고 Cl⁻는 부동태 피막을 쉽게 파괴시켜 부식의 속도는 가속도적으로 증가한다(Fig. 5). 따라서 본 실험에서는 Cl⁻을 함유한 인공타액을 이용하였다.

본 실험에서는 새롭게 준비된 각각의 시편을 지대주와 주조금속의 경계부를 관찰하기 위해 금속 디스크로 수직절단한 후 0.1μmAl₂O₃로 절단부를 미세 연마하고 염소이온이 포함된 인공타액에 위치시킨 후 지대주와 주조 금 합금사이의 틈이 부식에 미치는 영향을 조사하기 위해 CPPT (cyclic potentiodynamic polarization test) 방법을 사용하였다.

주사조건은 인공타액에서 1.67mV/sec의 전위주사 속도로 -1500mV에서 최대전위 (E_{max}) 1.000mV까지 정방향주사(forward scan)를 행한후 같은 전위주사 속도로 역방향주사(reverse scan)시킨 다음 부동태 영역과 만나는 점인 재부동태화 전위(E_r: repassivation potential)와 부식전위(E_{corr}: corrosion

potential)와의 차이(|E_r-E_{corr}|)로 틈 부식저항 정도를 평가하였으며 |E_r-E_{corr}|의 값이 클수록 틈부식 저항은 좋다(Fig. 6).

Ⅲ. 연구성적

1. 양극 분극 거동

1) 주조전 각각의 시편의 양극 분극 곡선(Fig. 7).
두가지 형태의 지대주 즉, gold/plastic coping 과 gold coping을 인공타액 내에서 부식시킨 결과 분극의 거동은 비슷하지만 면적의 차이로 인하여 gold로만 이루어진 지대주의 경우가 면적의 차이만큼 분극 곡선이 오른쪽으로 이동된 형태를 보였다. Type Ⅲ 주조용 합금의 경우는 부식전위가 지대주의 경우보다 훨씬 낮고 부동태 피막의 영역이 크게 감소함을 보였다.

2) 주조후 시편의 양극 분극 곡선(Fig. 8)
gold/plastic coping을 이용해 주조된 시편의 부식 전위는 -347.9mV로 gold coping으로 주조된 시편의 부식전위 -475.5mV와 비교시 다소 높지만, 부동태 피막영역이 감소하고 부동태 영역에서 전류밀도가 증가함으로써 내식성이 비교적 낮음을 보였다.

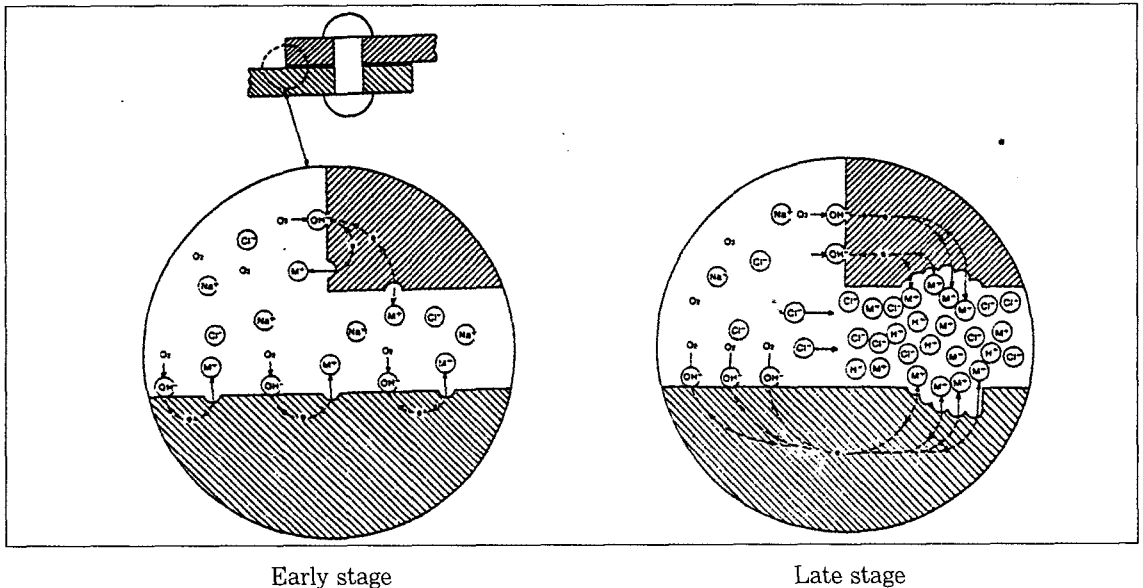


Fig. 5. Schematic diagram of crevice corrosion.

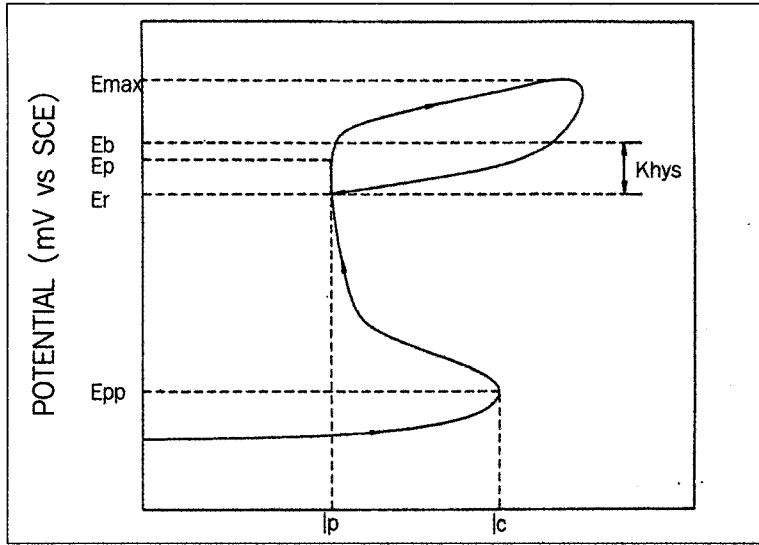


Fig. 6. Schematic presentation of cyclic polarization curve.

- E_{pp} : primary passive potential
- E_r : repassivation potential
- E_b : passivation breakdown potential
- E_p : potential at critical current density
- I_p : critical current density
- I_c : current density for passive film formation

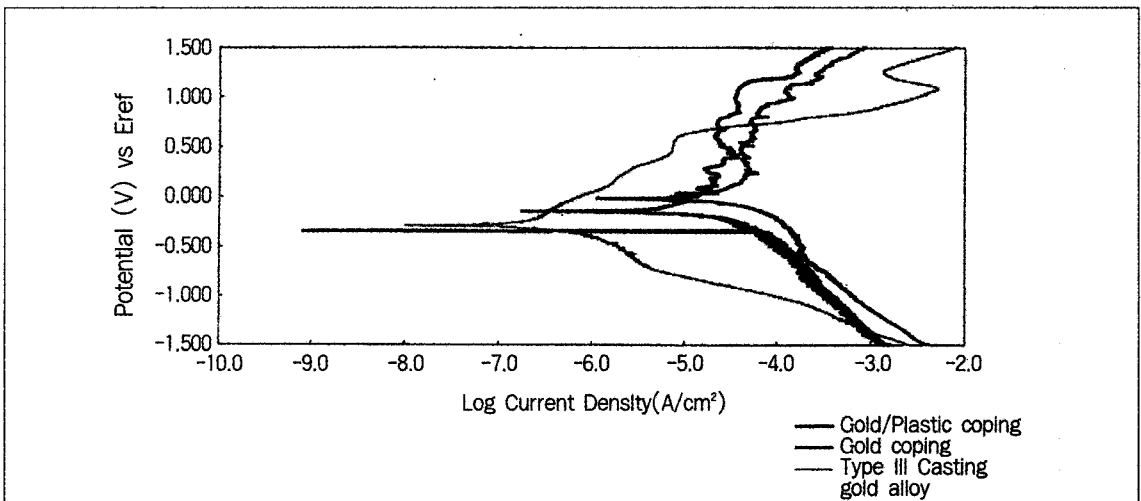


Fig. 7. Anodic polarization curves of samples(before casting)

2. 갈바닉 부식 양상

1) 주조전

각 시편을 주조하기 전에 각각의 전위차에 따른 부식을 관찰한 결과 gold/plastic coping과 주조용 금합

금 사이의 접촉 전류밀도는 $3.578 \times 10^{-3} \text{C/cm}^2$ 이고 coping부위의 부식이 관찰된 반면, gold coping과 주조용 금합금 사이의 접촉 전류밀도는 $3.208 \times 10^{-4} \text{C/cm}^2$ 으로 약간 더 작은 부식양상을 보이고 주조 금합금부위의 부식이 관찰되었다(Fig. 9-a, b).

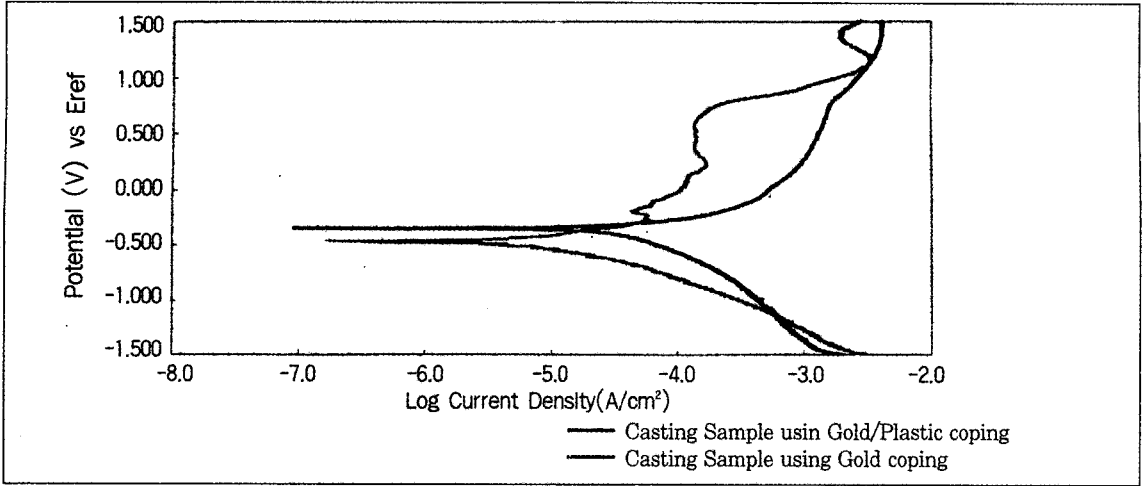


Fig. 8. Anodic polarization curves of samples(after casting).

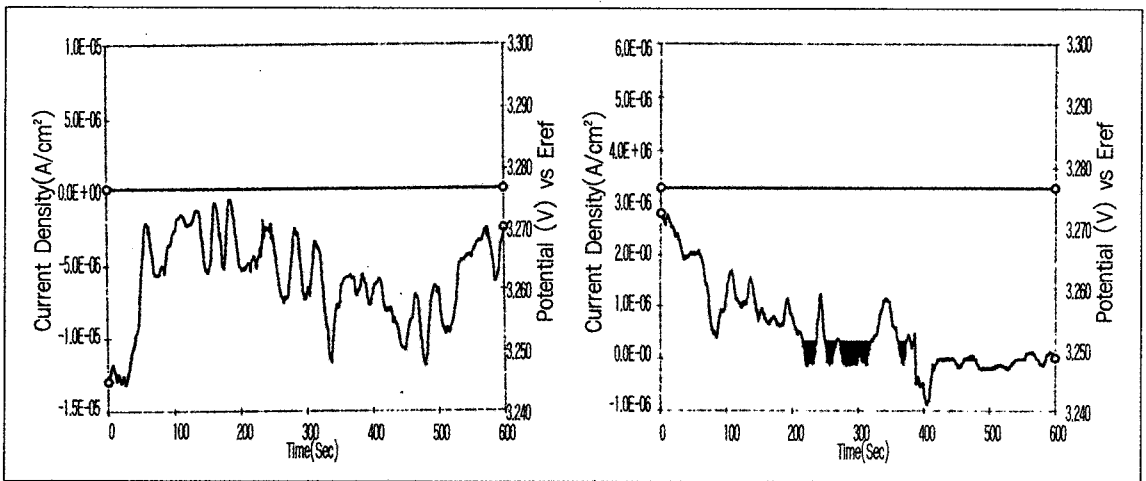


Fig. 9-a. Galvanic corrosion between gold/plastic coping and casting gold alloy(before casting).

Fig. 9-b. Galvanic corrosion between gold coping and casting gold alloy(before casting).

2) 주조후

각각의 주조체를 24시간동안 갈바닉 부식 실험을 시행한 결과 gold/plastic coping위에 주조용 금합금으로 주조한 시편의 접촉 전류밀도는 5.725 C/cm^2 로서 하부 지대주축의 부식양상이 관찰된 반면, gold coping위에 주조용 금합금으로 주조한 시편의 경우엔 역시 지대주 부위의 부식이 관찰되며 접촉 전류밀도는 7.940 C/cm^2 으로 약간 더 높은 Q값을 보였지만 이 차이는 실험적 오차한계에 포함된다고 할 수 있다 (Fig.10-a,b).

4. 틈부식 양상

1) CPPT 실험 결과

소구치 모양으로 주조한 각각의 시편을 수직 절단한 후 전해액 내에서 CPPT (cyclic potentiodynamic polarization test) 방법을 사용해 지대주와 주조 금합금사이의 틈이 부식에 미치는 영향을 조사한 결과 gold/plastic coping을 이용해 주조한 시편의 경우 부식전위는 -311.6mV 이고 재부동태화 전위는 339mV 로 $|E_r - E_{corr}|$ 가 605.6mV 로서 틈부식 저항 범

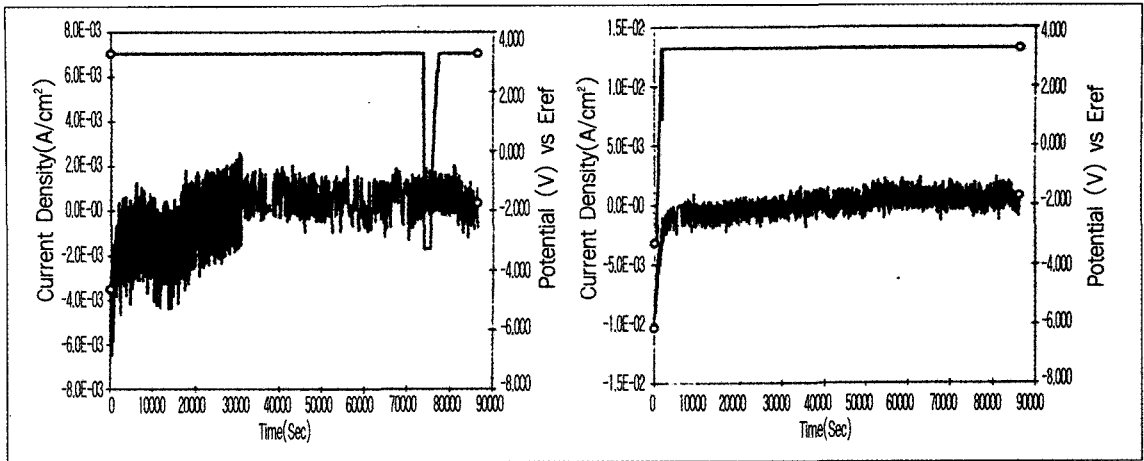


Fig. 10-a. Galvanic corrosion between gold/plastic coping and casting gold alloy (after casting)

Fig. 10-b. Galvanic corrosion between gold coping and casting gold alloy (after casting)

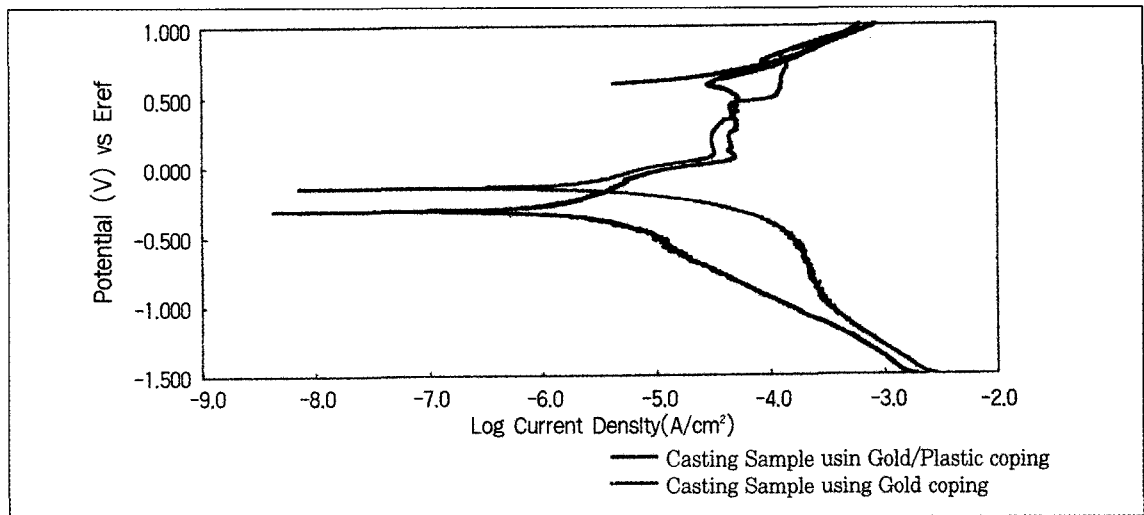


Fig. 11. Cyclic Polarization Curves of Samples.

위가 큰 반면, gold coping을 이용해 주조한 시편은 부식전위가 -149.5mV 이고 재부동태화 전위가 307.9mV 로 $|E_r - E_{corr}|$ 가 465.5mV 로 작게 나타나 상대적으로 많이 노출된 틈이 부식에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다(Fig. 11).

2) 주사전자 현미경에 의한 틈부식 양상

gold/plastic coping을 이용해 주조된 시편의 틈부식 양상은 지대주와 주조 금합금의 경계부를 따라 틈이 존재한 부위가 집중적으로 부식된 양상을 보였

으며 또한 단면을 보면 원통형의 지대주와 금합금의 접촉부위에 연속되어 부식된 양상을 보였다(Fig. 12 - a, b, c, d). gold coping을 이용해 주조된 시편의 틈부식 양상은 접촉 하부에서 틈이 크고 상부로 갈수록 틈의 크기는 작지만 주조 금합금 부위에 다수의 기포(porosity)가 다량 존재하고 또 그 부위가 집중적으로 침식된 양상을 보였고 접촉하부의 큰 틈은 주조 금합금이 고온에서 냉각되면서 합금의 양이 많은 상부부위와 상대적으로 양이 적은 하부와의 열손실 차이로 인해 두꺼운 부분쪽으로 수축되어 발생되었

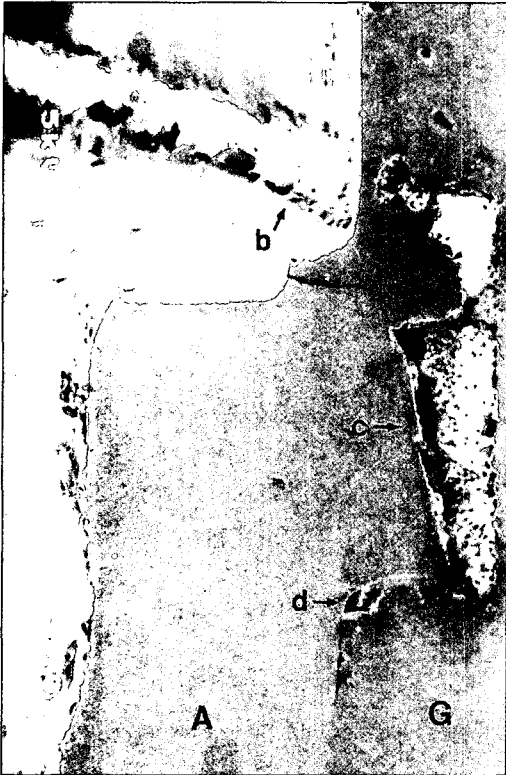


Fig. 12-a. SEM presentation after crevice corrosion of casting sample using gold/plastic coping.

A : premachined abutment coping
 G : casting gold alloy



Fig. 12-b. SEM presentation of "b" area of Fig. 12 a ($\times 200$).



Fig. 12-c. SEM presentation of "c" area of Fig. 12 a ($\times 150$).



Fig. 12-d. SEM presentation of "d" area of Fig. 12 a ($\times 1000$).



Fig. 13-a. SEM presentation after crevice corrosion of casting sample using gold coping.

A : premachined abutment coping
 G : casting gold alloy



Fig. 13-b. SEM presentation of "b" area of Fig. 13 a (×1000).



Fig. 13-c. SEM presentation of "c" area of Fig. 13 a (×1000).

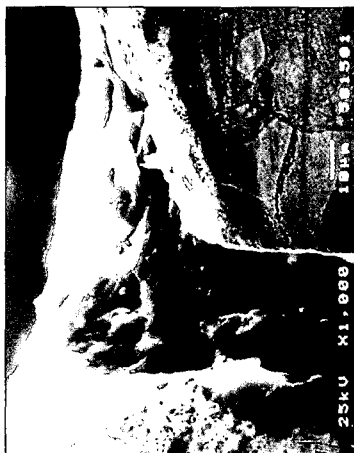


Fig. 13-d. SEM presentation of "d" area of Fig. 13 a (×1000).

다(Fig. 13 - a, b, c, d).

IV. 총괄 및 고찰

임플란트 상부 구조물의 재료에 대한 연구로 Tetsh 등²⁰은 임플란트 보철의 상부 구조물로서 부식에 대한 내식성, 생체 적합성 그리고 낮은 치태 침착을 갖는 재료들이 사용되고 개발되어야 하며 내식성 금속, 도재, 레진들이 상부 구조물로 적당하다고 보고한 바 있으며, 최근 임플란트를 위한 여러 시스템들이 소개되면서 상부 보철을 위한 지대주 역시 다양한 형태와 재료로서 보급되고 있다. 특히 나사유지형 임플란트를 위한 지대주는 각종 시스템에서 plastic coping과 주조용 gold coping으로 보급되고 있다. Steri-Oss 시스템에서는 과거에는 plastic coping과 주조용 gold coping으로 보급되었으나 최근에는 정밀성을 위해 고정체와 연결되는 부분은 금으로 hexed 구조가 되어있고 상부 납형제작 부위만 plastic으로 되어있는 gold/plastic coping이 보급되고 있다.

임플란트 부식에 관한 연구로는 주로 임플란트 고정체와 상부구조의 이종금속 반응에 대해 보고된 바 있다. 일부학자들은 갈바닉 부식에 의해 야기된 갈바닉쌍(galvanic coupling)이 고정체 주위의 골소실을 야기할수 있으며 임플란트 구조물의 파절에도 영향을 줄수 있으므로 임플란트는 체액과 관련된 생체적합성을 지니는 초경도 재료가 요구된다 하였다^{20,21}. 이와 같이 임플란트 상부 보철의 제작시 지대주의 재료의 변화와 이에 따른 고정체와의 갈바닉 부식에 관한 연구는 보고되고 있으나 지대주와 주조합금과의 주조오차로 인한 틈의 발생이나 이들의 합금 조성의 차이 및 상대적인 면적차이로 인한 내식성에 대한 연구는 미비하였다.

대부분의 부식현상은 전기화학적 부식평가법인 동전위 분극곡선법(potential-dynamic polarization method)을 이용해 평가되는데 이 방법은 일련의 전위를 일정한 속도로 시편에 가하여 흐르는 전류량의 변화를 관찰하여 전류밀도-전위관계를 측정함으로써 수용액 환경에서 금속시편의 부식 특성을 결정하는데 이용된다. 이러한 측정은 부식경향과 부식속도, 부동태의 형성과 그 피막의 용해, 공식경향(pitting tendency), 기타 중요한 자료에 관한 정보를 제

공하므로써 서로 다른 금속 및 합금의 부식거동을 합리적으로 비교할 수 있다. 이 방법의 장점은 신속성, 용이성, 반복재현성, 정확성등이 있는 반면 단점으로는 단기간의 검사이므로 임상적 연계성의 한계가 있다는 점이 지적되었다^{1,10}.

실험적으로 부식활성을 증명하기 위해서는 높은 임상적 관련성을 갖는 적절한 실험절차가 요구되는데, 특히 생체의 실험을 할 경우에는 실제 환경과 유사한 조건을 제공하는 체액을 모방한 전해액의 활용이 중요하다. 치과재료로 이용되는 금속의 부식은 일반적으로 염소이온의 존재 및 활동과 관련이 있고 부동태의 파괴에 관여하는 이온도 신체와 타액에 존재하는 염소 이온이라는 보고가 있다^{3,23}. 본 연구에서도 각각의 시편의 부식거동을 보기 위해 염소이온이 포함된 인공타액을 이용하여 양극분극 실험을 한 결과 Fig. 7에서 보는바와 같이 두가지 형태의 지대주 즉, gold/plastic coping과 gold coping은 동일한 구성성분을 가지므로 면적의 차이로 인해 분극곡선의 이동만을 보여주고 부식거동양상은 같은 반면 Type III주조용 합금의 경우는 부식전위가 지대주보다 훨씬 낮고 부동태 피막의 영역이 크게 감소함을 보여 내식성이 비교적 낮음을 보였다. 이는 모든 귀금속 합금들이 동일한 방법으로 전기 화학적으로 반응하지 않고 귀금속 함량에 의해 부식저항성에 영향을 받는다는 Meyer의 보고¹⁸와 일치하였다. 주조후 시편의 경우는 Fig. 8에서와 같이 gold/plastic coping을 이용해 주조된 시편이 -347.9mV로 gold coping으로 주조된 시편의 부식전위 -475.5mV와 비교시 다소 높지만 부동태 피막영역이 감소하고 부동태 영역에서 전류밀도가 증가함으로써 내식성이 비교적 낮음을 보였다. 이는 gold/plastic coping을 이용해 주조한 시편의 경우가 Type III 금합금의 표면적이 더 크므로써 이 역시 전체적인 금함량이 낮으므로써 야기되는 부식양상의 차이이다.

본 연구에서 사용된 지대주의 경우가 주조용 금합금보다 귀금속 함량이 더 많으므로 두가지 금속의 접촉에 의한 갈바닉 부식의 영향을 살펴보았다. 각 시편을 주조하기 전에 각각의 전위차에 따른 부식을 관찰한 결과 Fig. 9에서 보는 바와 같이 gold/plastic coping은 접촉 전류밀도가 $3.578 \times 10^{-3} \text{C/cm}^2$ 이고 coping부위의 부식이 관찰된 반면 gold coping의 경우는 접촉전류 밀도가 $3.208 \times 10^{-4} \text{C/cm}^2$ 으로 주조합

금의 부식이 관찰되었다. 이는 gold/plastic coping은 소양극-대음극의 효과가 크게 작용하여 면적의 영향이 현저하고 주조 합금판과 유사한 면적을 갖는 gold coping의 경우는 합금원소의 영향이 더 현저하므로 나타나는 결과라고 사료된다. 주조후 각각의 주조체를 24시간동안 갈바닉 부식검사를 시행한 결과는 gold/plastic coping을 이용한 시편은 접촉 전류밀도가 5.725 C/cm^2 이고, gold coping을 이용해 주조한 시편의 경우는 접촉 전류밀도가 7.940 C/cm^2 으로 적은 차이만을 보이고 둘다 coping부위의 부식이 관찰되어 주조전에 비하여 주조후에는 거의 갈바닉에 의한 부식경향은 뚜렷하지 않게 나타났다(Fig.10). 이는 주조하기 전에는 합금성분의 차이나 면적의 차이에 의하여 뚜렷하게 나타나나 주조후에는 갈바닉 고유특성이 약간은 존재하지만 일부 합금화가 이루어지거나 틈이 존재함으로 인하여 그 영향이 뚜렷하게 나타나지는 않기 때문으로 사료된다.

Yoshitaka 등²⁰⁾은 gold coping의 경우 주조온도 및 coping에 의한 냉각작용으로 인하여 주조후 주조합금과 gold coping 사이에 불완전한 결합으로 인한 틈이 발생될수 있음을 보고한바 있다. 부식의 관점에서 이러한 틈은 틈부식을 야기할 수 있다. 틈부식이란 전해액에 노출된 금속 표면상의 어떤 틈 또는 가려진 부분내에서 국부적으로 심한 부식이 발생하는 것을 말하며 이러한 틈부식이 발생하는데에는 긴 잠복기간이 요구되는 경우가 많지만 일단 부식이 발생되면 그 속도는 가속도적으로 증가한다. 틈이 부식영역으로 작용하기 위해서는 용액이 들어갈수 있도록 충분히 넓어야 하고 또 들어온 용액이 간헐 정제되도록 충분히 좁아야 한다. 따라서 틈부식은 그 폭이 수천분의 1인치 이하인 곳에서 주로 발생한다. 또 틈부식은 Cl⁻이온을 포함한 용액에서 그 정도가 심하다¹⁰⁾. 따라서 본 연구에서도 각각의 시편을 절단한 후 Cl⁻이온을 포함한 인공타액에서 틈부식 실험을 시행한 결과 gold/plastic coping을 이용해 주조한 시편의 경우 틈부식 저항 범위가 605.6mV로 큰 반면 gold coping을 이용해 주조한 시편은 틈부식 저항 범위가 465.5mV로 부식시 주조용 금합금과의 접촉면적이 많은 gold coping의 경우가 하부만 metal인 지대주보다 상대적으로 많은 틈으로 인해 틈부식 저항정도가 낮았다.

부식실험후 관찰한 전자현미경 사진에서는

gold/plastic coping을 이용해 주조된 시편의 틈부식 양상은 지대주와 주조 금합금의 경계부를 따라 틈이 존재한 부위가 집중적으로 부식된 양상을 보이며 이는 주조 온도하에서 지대주는 고체상태지만 액상의 주조 금합금이 순간적으로 접촉되면서 부분적으로 냉각대(chill zone)가 발생되면서 주조 금합금이 수축되었기 때문인 것으로 사료된다. 부식은 주로 틈에서 발생하였으며 주조 금합금쪽이 부식된 양상을 보이는데 이는 순간적으로 발생된 냉각대로 인하여 주조 금합금 조직이 불균일하게 변화하기 때문이다(Fig 12 - a, b, c, d). Gold coping을 이용해 주조된 시편의 틈부식 양상은 접촉하부에서 틈이 크고 상부로 갈수록 틈의 크기는 작지만 주조 금합금 부위에 다수의 기포(porosity)가 다량 존재하고 또 그 부위가 집중적으로 침식된 양상을 보인다. 이러한 틈은 역시 냉각대(chill zone)가 발생되면서 주조 금합금이 수축되고 미세조직의 변화, 미세기포가 발생되기 때문으로 생각된다. 시편의 하부는 고온의 주조 금합금이 냉각되면서 합금의 양이 많은 상부부위와 상대적으로 양이 적은 하부와의 열손실차이로 인해 두꺼운 부분쪽으로 수축되어 큰 틈이 발생되었다(Fig. 13 - a, b, c, d).

이상의 실험에서 Type III 주조용 금합금을 이용해 상부 주조시 gold/plastic coping보다 gold coping의 경우가 주조전, 후 내식성은 더 우수하지만 주조시 발생할수 있는 틈이 부식에 미치는 영향에서는 gold/plastic coping이 더 우수했다. 이는 상부 보철물 주조시 지대주보다 더 금합량이 낮은 합금을 이용할 때 지대주가 긴 경우가 내식성에 있어서는 우수하지만 지대주 전체길이에 주조합금이 적합되므로 주조시 기공적인 기술에 따라 틈의 정도가 달라지고 따라서 틈부식도 여러 가지 양상을 보일수 있다고 사료된다.

현재까지 지대주와 주조합금의 금 함량차이, 표면적의 차이 및 주조시 틈이 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 상태이지만 갈바닉 부식 및 틈부식이 지대주와 주조합금사이의 결합의 점차적인 파괴를 야기하고 결국 부식파괴등 임플란트의 내구성에 영향을 미칠수 있음을 간과해서는 안된다. 따라서 부식현상을 이해함으로써 임플란트의 설계, 적절한 내식성을 지닌 재료의 개발, 생체적합성의 개선 등에도 도움이 될 수 있으며 앞으로 주조합금의 금합량의 차

이 및 지대주의 표면적차이에 따른 부식양상에 관한 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 임플란트 상부 구조물의 제작을 위해 사용되는 Steri-Oss 시스템의 HL Hexed abutment의 두가지 형태 즉, gold coping과 gold/plastic coping을 Type III 주조용 금합금을 이용하여 주조전과 주조후 각각의 부식거동과 갈바닉 부식 거동 및 주조후 절단한 시편의 틈부식 거동을 전기화학적 실험 방법과 전자현미경을 사용해 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 양극 분극실험을 한 결과, 주조전에는 gold/plastic coping 과 gold coping은 유사한 부식양상을 보인 반면, Type III 주조용 금합금은 gold/plastic coping 과 gold coping보다 부식전위가 낮고 부동태 피막의 영역이 크게 감소되었다. 주조후에는 gold/plastic coping의 경우가 gold coping의 경우보다 부식전위는 다소 높지만 부동태 피막영역은 감소하였다.
2. 갈바닉 부식실험을 한 결과, 주조전 gold/plastic coping의 금속부와 주조용 금합금사이의 접촉전류밀도는 gold coping과 주조용 금합금 사이의 접촉전류밀도보다 더 큰 값을 보였다. 주조후 주조용 금합금에 대한 gold/plastic coping과 gold coping의 접촉전류밀도는 거의 차이가 없었다.
3. 주조후 절단한 시편의 틈부식 실험을 한 결과, gold coping의 경우가 gold/plastic coping의 경우보다 틈부식 저항이 작았으며, 틈부식 실험후의 전자현미경상에서는 지대주와 주조된 금합금사이의 틈이 존재하는 부위에 부식이 심하게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 이학열, 금속부식공학. 1995: 90-104.
2. 한중석, 임플란트 보철의 성공과 실패. 1997: 292-300.
3. Brown SA, Meritt K, Electrochemical corrosion in saliva and serum. J Biomed Mater Res 1980; 14 :173-175.

4. Burguete RL, Johns RB, Tightening characteristics for screw joints in osseointegrated dental implants. J Prosthet Dent 1994; 71 :592-599.
5. Carr AB, Brantley WA, Titanium alloy cylinder in implant framework fabrication: a study of the cylinder-alloy interface. J Prosthet Dent 1993; 69(4) :391-397.
6. Carr AB, Brantley WA, Characterization of noble metal implant cylinders: as-received cylinders and cast interfaces with noble metal alloys. J Prosthet Dent 1996; 75(1) :77-85.
7. Geis-Gestorfer J, Weber H, Fundamental aspects of the methodics of potentiodynamic polarization measurements on dental alloys in artificial saliva. Dtsch zahnartztl 1987; 42 :91-97.
8. Geis-Gestorfer J, Weber H, Corrosion Resistance of the Implant Materials Contimet 35, Memory and Vitallium in Artificial Physiological Fluids. Int J Oral Maxillofac Implants 1988; 3 : 135-140.
9. Geis-Gestorfer J, Weber H, In Vitro Substance Loss Due to Galvanic Corrosion in Ti Implant/Ni-Cr Superconstruction Systems. Int J Oral Maxillofac Implants 1989; 4 : 119-123.
10. Herbert HU, Revie RW, Corrosion and corrosion control. 1985.
11. Hulterstrom M, Nilsson U, Cobalt-Chromium as a Framework Material in Implant-Supported Fixed Protheses: A Preliminary Report. Int J Oral Maxillofac Implants 1991; 6 :475-480.
12. Hulterstrom M, Nilsson U, Cobalt-Chromium as a Framework Material in Implant-Supported Fixed Protheses: A 3-Year Follow-up. Int J Oral Maxillofac Implants 1994; 9 :449-454.
13. Lain ES, Schriever W, Caughron GS, Problem of electrogalvanism in the oral cavity caused by dissimilar dental materials. J Am Dent

- Assoc 1940; 27: 1765.
14. Lambert JS, Quon SJ, Adhesive abutment luting. *J Prosthet Dent* 1993; 69:398-400.
 15. Lang BR, Bernier SH, Giday Z et al, Tarnish and corrosion of noble metal alloys. *J Prosthet Dent* 1982; 48(3):245-252.
 16. Larry CB, Donna LD, Eric WN et al, Torque required to loosen single-tooth implant abutment screw before and after simulated function. *Int J Prosthodont* 1993; 5: 435-439.
 17. Lemons JE, Dental implant retrieval analysis. *J Dent Edu* 1983; 52:748-756.
 18. Meyer JM, Corrosion and Biocompatibility: 5Years of Reserch.
 19. Patric DR, Interfacial character/ strength between cast metals and implant prosthetic components. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992; 7 :127.
 20. Reclaru L, Meyer JM, Study of corrosion between a titanium implant and dental alloys. *J Dent* 1994; 22(3): 159- 168.
 21. Rubin, L.R.: "Biomaterials in reconstructive surgery", St. Louis CV Mosby Co., 145-228, 1983.
 22. Tetsch P, ackermann KL, Behreke N, Proceeding of a consensus conference on Implantology. *Int J Oral Maxillofac Implant* 1990; 5(2) :182-187.
 23. Van Order AC, Corrosive response of the interface tissue to 316 L stainless steel, titanium-based alloys and cobalt-based alloys In: Mckinney RV, Lemons MA, : PSG Publishing. 1985: 1-25.
 24. Yoshitaka A, Fumitaka T, Laboratory procedure of the restorations using osseointegrated Implants. *Quintessence* 1996; 2(12): 97-108.

ABSTRACT

A STUDY OF INTERFACE AND CORROSION BEHAVIOR BETWEEN IMPLANT ABUTMENT AND CASTING GOLD ALLOY

Mee-Kyoung Son, D.D.S., Jang-Seon Ma, D.D.S., M.S.D., Chae-Heon Chung, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Dept. of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to compare the casting problem and corrosion behavior in two types of HL Hexed abutments of the Steri-Oss system ; gold/plastic coping and gold coping.

The anodic Polarization behavior, the galvanic corrosion between abutments and Type III gold alloys, before and after casting were analyzed, and the crevice corrosion of casting samples was analyzed with the CPPT test and the SEM.

The results are as follows:

1. Anodic polarization behavior of samples :

Before casting, gold/plastic coping and gold coping was shown to have a similar corrosion patterns. Type III casting gold alloy was shown to have a lower corrosion potential and passivation film. Corrosion potential of the case of gold/plastic coping after casting was higher than that of gold coping, but the region of passivation film for gold/plastic coping was smaller than that of gold coping.

2. Galvanic corrosion behavior of samples :

Contact current density between casting gold alloys and gold/plastic before casting was higher than that between gold coping and casting gold alloy. Galvanic corrosion of samples after casting was shown to have similar contact current density.

3. Crevice corrosion behavior of samples :

Crevice corrosion resistance of casting sample using gold coping was lower than that of casting sample using gold/plastic coping, and a severe corrosion pattern was observed at the abutment-casting gold alloy interface by the SEM.

Key words : Gold coping, Gold/plastic coping, Casting alloy, Interface, Corrosion behavior crevice corrosion