

티타늄 지대주와 비귀금속 합금사이의 갈바닉 부식에 의한 표면 거칠기 변화 평가

이정진 · 송광엽 · 안승근 · 박주미*

전북대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실

연구 목적: 이 연구의 목적은 티타늄 지대주와 비귀금속 보철물이 접촉한 경우를 가정하여 이종 금속간 접촉에 의한 갈바닉 부식으로 인해 발생하는 표면 거칠기 변화를 비교, 평가하고자 하였다.

연구 재료 및 방법: 성분과 조성이 다른 3종의 Ni-Cr 합금 (T3, Bella bond plus, Tilite)과 cp 티타늄 Grade 2를 이용하여 $13 \times 13 \times 1.5$ mm의 크기로 시편을 각 군당 6개씩 제작하였다. 연마과정 후 절연 테이프로 직경 6 mm만을 노출시켜 potentiostat (Parastat 2273A)를 이용하여 동전위 분극 시험과 갈바닉 부식 시험을 시행하였으며, 표면 거칠기 측정기 (SurfTester SV-3000)를 이용하여 부식 전·후 거칠기를 평가하였다. 측정값을 paired t-test와 One-way ANOVA로 분석하였다.

결과: 티타늄과 접촉한 모든 Ni-Cr 시편의 표면 거칠기는 통계적으로 유의하게 증가하였다. 증가량은 베릴륨을 포함한 T3합금 ($0.016 \pm .007 \mu\text{m}$)이 가장 컸으며, 베릴륨을 포함하지 않은 Bella bond plus ($0.012 \pm .003 \mu\text{m}$), 티타늄을 첨가한 Tilite ($0.012 \pm .002 \mu\text{m}$)는 큰 차이를 보이지 않았다. 금속 종류에 따른 거칠기 증가는 유의한 차이를 보이지 않았다.

결론: 티타늄과 접촉한 비귀금속 합금은 갈바닉 부식에 의해 표면 거칠기가 증가하였다. (대한치과보철학회지 2011;49:65-72)

주요단어: 갈바닉 부식, 표면 거칠기, Ni-Cr 합금, 티타늄 지대주

서론

최근 보철치료에 전통적인 의치 제작대신 임플란트 술식이 많이 사용 되며, 이에 따라 생체적합성 (biocompatibility)이 더욱 중요한 문제로 제기되고 있다. 티타늄은 표면의 산화피막층에 의한 뛰어난 내식성 (corrosion resistance)과 생체적합성 때문에 임플란트 매식체에 주로 사용된다. 그러나 높은 산소 친화성으로 인한 불량한 주조성이 임상과정에는 불리하게 작용할 수 있다.

상부구조물 제작시 사용되는 지대주는 매식체와 동종금속인 티타늄으로 사용되나, 최종 보철물은 주조성이 우수한 다른 금속으로 제작된다. 귀금속 합금은 우수한 생체적합성, 부식저항성을 가지지만 높은 가격으로 인해 비귀금속을 이용한 보철물의 비중이 증가하고 있다. 비귀금속은 강도, 비용 면에서 장점을 가지나, 부식저항성이 귀금속에 비해 낮다.¹ 이런 비귀금속이 티타늄 지대주와 접촉할 경우 이종금속 간의 전기화학적 반응으로 인해 부식 발생 가능성이 더욱 높아질 수 있다.

갈바닉 부식 (galvanic corrosion)은 이종금속간 접촉으로 인해 발생하는 전기화학적인 과정으로, 전위가 다른 금속이 접촉하여 전해질에 의해 연결되었을 때 발생한다. 전위차가 클수록

더 빨리, 많이 발생하며, 점액성 피막으로 덮여있거나, 온도가 높고 습한 경우 가속화 될 수 있다.¹

구강내 환경은 37℃ 온도와 높은 습도를 유지하고 있으며, 타액이라는 전해질이 항상 존재한다. 또한, 음식 섭취는 타액 내 전해질의 양이나 pH를 변화시킬 수 있기 때문에, 치과보철물은 부식이 발생하기 쉬운 환경에 항상 노출되어 있다.

이런 갈바닉 전류는 임플란트 주위 골파괴, 주위조직의 완충능 감소,² 부식으로 인한 수복물 약화,³ 이온 용출에 의한 생리적 부작용 발생 가능성이 있다는 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다. Schmalz 등⁴은 치과용 주조합금의 부식에 의한 이온 용출로 치은 부종, 발적, 알러지 등의 부작용이 발생할 수 있다고 하였으며, Wylie 등⁵은 부식에 의한 섬유모세포 증식 감소를 보고하였다. Gil 등⁶은 Ni-Cr합금은 내식성, 강도 향상을 위해 다양한 원소를 첨가해 사용되나, 부식에 의한 이온 용출 가능성도 보고하였고, Venugopalan 등⁷은 티타늄과 접촉한 Ni-Cr의 갈바닉 부식 현상으로 인한 부작용을 언급한 바 있다.

Quirynen 등⁸은 거친 표면이 치태 형성과 성장을 촉진하며, Bollen 등^{9,10}은 거친 표면이 biofilm의 유지에 영향을 줄 수 있다고 하였다. 부식에 의한 보철물의 표면 거칠기 변화는 치태침착에 영향을 줄 수 있으며, 이로 인해 임플란트 주위염이 발생할

*교신저자: 박주미

561-756 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14 전북대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실 063-250-2118: e-mail, jmpark@jbnu.ac.kr

원고접수일: 2010년 12월 29일 / 원고최종수정일: 2011년 1월 12일 / 원고채택일: 2011년 1월 13일

수 있다.

이에 본 연구는 티타늄 지대주에 비귀금속 합금으로 상부 보철물을 제작한 경우를 가정하여, 성분과 조성이 다른 3종의 Ni-Cr 합금을 이용하여 금속 간 접촉에 의한 전기화학적 부식으로 인해 발생하는 미세구조, 표면 거칠기의 변화를 관찰하여 부식으로 인한 표면 특성 변화를 평가하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

1. 연구재료

1) 금속시편

본 실험에 사용된 Ni-Cr계 비귀금속 합금은 T3 (Ticonium, NY, USA), Bella bond plus (Bego, Bremen, Germany), Tilité (Talladium, Valencia, USA)을 사용하였고, 지대주로 사용되는 티타늄 합금은 cp Ti grade 2 (Hyundai titanium, Incheon, Korea)를 사용하였다. 각 금속의 조성은 Table 1에 표시하였다.

2) 전해액

ISO 10271:2001 (E) 치과용 금속 부식 시험기준"에 따라 전해액을 준비하였다. 전해액의 조성은 Table 2에 표시되어 있으며, 실험 동안 전해액의 온도는 실온으로 유지하였다.

2. 연구방법

1) 금속 시편 제작

금속 시편을 제작하기 위해 13×13×1.5 mm 크기로 베이스플레이트웍스 (Daedong industry, Daegu, Korea) 패턴을 제작하였다. 인산염계 매몰제 (CB-30, Ticonium, Albany, USA)로 매몰한 후 통상적인 lost-wax법을 이용하여 주조하였다. Cp Ti 합금 시편은 비귀금속 시편과 동일한 크기로 절단하여 제작하였고, 각 군당 6개씩 총 24개의 시편을 제작하였다 (Fig. 1).

Table 1. Materials used in this study

Group	Composition (wt %)	Manufacturer
Ti	Fe: 0.03, O: 0.25, C: 0.1, N: 0.03, H: 0.015, Ti: bal.	Hyundai titanium, Korea
NB	Ni: 76.5, Cr: 14, Mo: 4.5, Be: 1.8	T3, Ticonium, USA
N	Ni: 65.2, Cr: 22.5, Mo: 9.5	Bella bond plus, Bego, Germany
NT	Ni: 76, Cr: 13.5, Mo: 6, Ti: 4	Tilité, Talladium, USA

Table 2. Constituents of Electrolyte

Constituent	Concentration (g/L)
DW	bal.
Lactic acid	10
NaCl	5.85

2) 금속시편의 마무리와 연마

모든 금속 시편에 대해 Tungsten carbide bur (HP194GH50, Bredent, Senden, Germany), Stone point (Dura-Green stones, Shofu, Koyto, Japan), Polishing wheel (Polisoft, Renfert, Hilzingen, Germany), silicone point (Greenie HP PC025, Shofu, Kyoto, Japan)을 이용하여 20,000 rpm 하에서 순차적으로 마무리를 시행하였다. 이후 동일한 표면 거칠기를 얻기 위해, 주수 하에 #800 - 1500 크기의 연마지를 이용하여 연마를 시행하고 15분간 초음파 세척하였다.

3) 부식시험

(1) 동전위분극시험 (Potentiodynamic polarization)

절연테이프를 지름 6 mm 크기의 원형 (면적 0.28 cm²)만을 노출시켜 동일한 표면적을 얻었으며 1,000 ml 용량의 용기에 전해액 700 ml를 넣고 정전위장치 (Parastat 2273, AMTEK, Oak Ridge, USA)에 연결하였다. 포화 칼로멜전극 (saturated calomel electrode: SCE)을 참조전극 (reference electrode), 백금을 보조전극 (counter electrode)으로 하여 시편과의 거리를 약 1 mm로 조절하였다.^{12,13} 매 시편마다 전해액을 교환하였다. 본 실험에서 사용된 실험 전극과 주사 조건은 다음과 같다 (Table 3).

(2) 갈바닉 부식 시험

분극시험과 동일한 방법으로 시편을 준비하고 티타늄과 대응하는 시편을 1,000 ml 전해액에 약 3 cm의 거리를 두고 위치시켰다. 음극에 cp Ti, 양극에 시편을 연결하고 1시간 동안 유지하였으며, 이때 발생하는 갈바닉 전류를 정전위장치로 측정하였다.

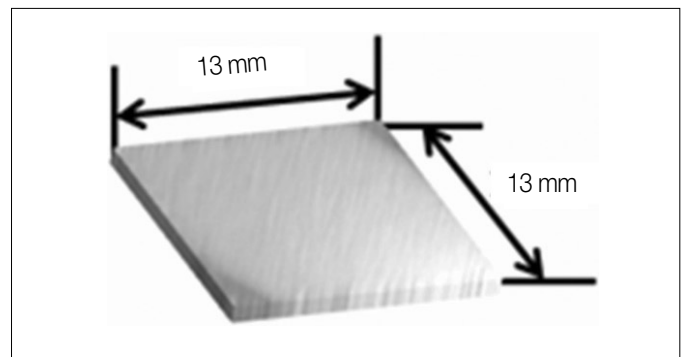


Fig. 1. Diagram of specimen.

Table 3. Electrode and scanning conditions in this study

Counter electrode	Platinum (Pt)
Reference electrode	Saturated calomel electrode
Working electrode	Specimens
Scanning range	-1.5 V - 1.5 V
Scanning rate	1 mV/s
Electrolyte	Lactic acid 10 g/L + NaCl 5.85 g/L + DW
Temperature	37 ± 1 °C

4) 표면 분석

90 mm 마크로 렌즈 (Tamron 90 mm 1 : 2.8 Macro ϕ 55)를 장착한 Nikon D80 (Nikon, Japan)을 이용하여 표면 양상을 관찰하고, 보다 자세한 금속의 미세조직 관찰을 위해 시편을 10% H_2SO_4 에 30분간 부식한 뒤, 광학현미경 (316398, Nikon, Japan)을 이용하였다. 갈바닉 부식 전·후 표면 변화를 관찰하기 위해, 각 군에 속하는 시편을 1개씩 무작위로 선정하여 주사전자현미경 (JSM-6400, JEOL Ltd, Tokyo, Japan)을 이용하였다. 동시에 전자주사현미경에 부착된 EDX (energy dispersive X-ray spectroscopy)를 이용하여 시편 표면의 성분을 분석하였다.

5) 표면 거칠기 측정

모든 연마과정 후 표면 거칠기 측정기 (SurfTest SV-3000, Mitutoyo, Tokyo, Japan)를 이용하여 표면 거칠기를 각 시편당 3회씩 측정하였다. 측정길이 0.25 mm, 측정속도 0.1 mm/s로 하여 Ra (average roughness)값을 측정하였다. 부식 시험 후 모든 금속 시편을 동일한 조건으로 표면 거칠기를 측정하였다 (Fig. 2).

6) 통계 처리

실험에서 각 단계에 3회씩 측정된 표면 거칠기 값의 평균을 이용하였고, 각 군의 유의성을 검증하기 위해 SPSS 통계 프로

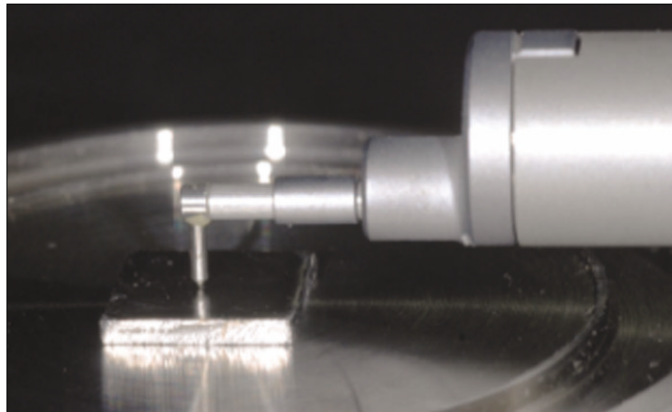


Fig. 2. Measurement of surface roughness.

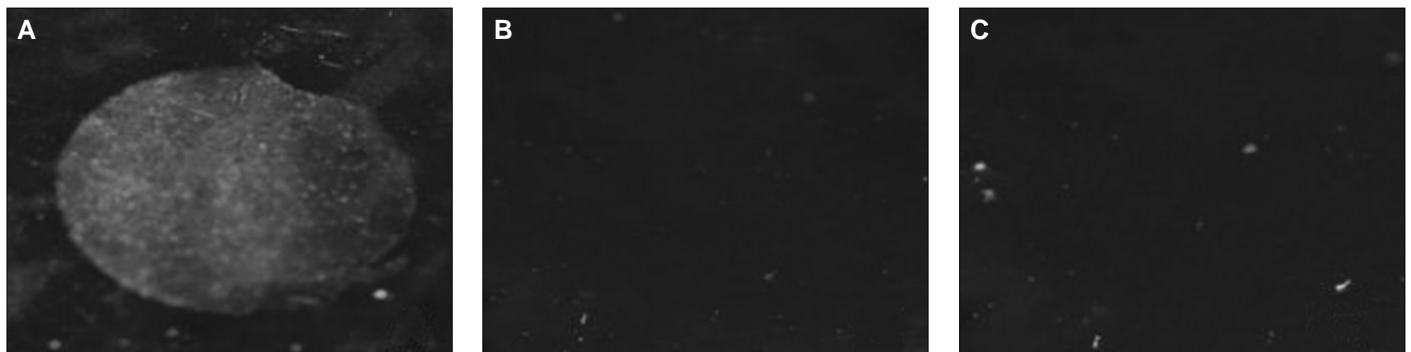


Fig. 3. Surface photos of metal specimens. A: Ni-Cr-Be, B: Ni-Cr, C: Ni-Cr-Ti.

그램 (SPSS 18.0 for Windows, SPSS Inc., Illinois, USA)을 이용하여 paired t-test를 시행하였고, 사후 검증법으로 Scheffé, Dunnett's T3 다중 검증법을 이용하였다. 모든 통계적인 유의 수준 95%에서 검증하였다.

결과

1. 표면특성 평가

부식 시험 후 각 금속 시편의 표면을 관찰한 결과, NB군은 부식 후 전해질에 노출된 표면의 광택이 감소하였으나, 다른 군에서는 부식 전과 큰 차이를 보이지 않았다 (Fig. 3).

10% H_2SO_4 부식액으로 상온에서 30분간 부식시킨 뒤 광학현미경으로 금속의 미세조직을 관찰하였다. N군은 NB, NT군과 달리 조밀한 금속 결정상을 보이고 있으며, 모든 시편에서 부식 전·후에 금속 결정상의 경계가 보다 명확해진 것을 볼 수 있었다 (Fig. 4).

표면을 전자주사현미경으로 관찰한 결과 표면으로 광학현미경 소견과 유사하게 부식 전·후 결정상의 경계가 명확해졌다 (Fig. 5).

EDX를 이용한 표면성분 분석 결과, NB, N군에서는 성분, 함량에 있어 제조사에서 제시한 성분과 큰 차이를 보이지 않으며, NT군에서는 Ti의 함량에서 표시된 4%보다 적은 0.47%만이 검출되었다 (Fig. 6, Table 4).

2. 전기화학적 평가

1) 동전위분극 시험

각 시편을 대상으로 동전위분극법을 이용하여 부식전위와 부식전류를 측정된 결과, N군이 NB, NT군보다 낮은 부식전위를 보이고 있으며, NB군과 NC군은 비슷한 양상의 곡선이 나타났다 (Fig. 7). Table 5는 동전위분극 실험의 부식전위값을 표로 정리한 것으로 0인 수소를 기준으로 모든 시편에서 음의 전위를 보였다.

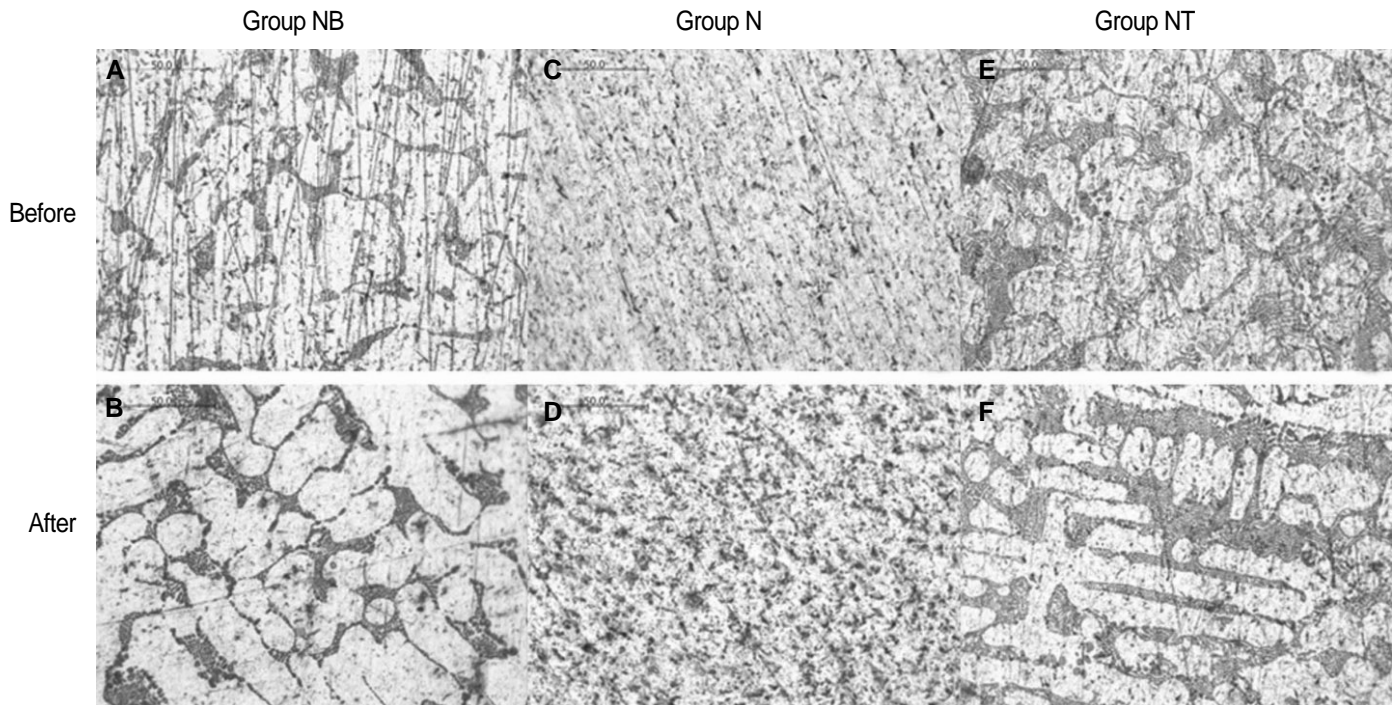


Fig. 4. Light micrographs of specimens (original magnification $\times 500$). All specimen (white area - Nickel, black area - Chrome). A, B: NB group had large grain size and well defined boundary. C, D : Crystal of alloy was distributed uniformly. E, F: Group NT had similar crystal structure.

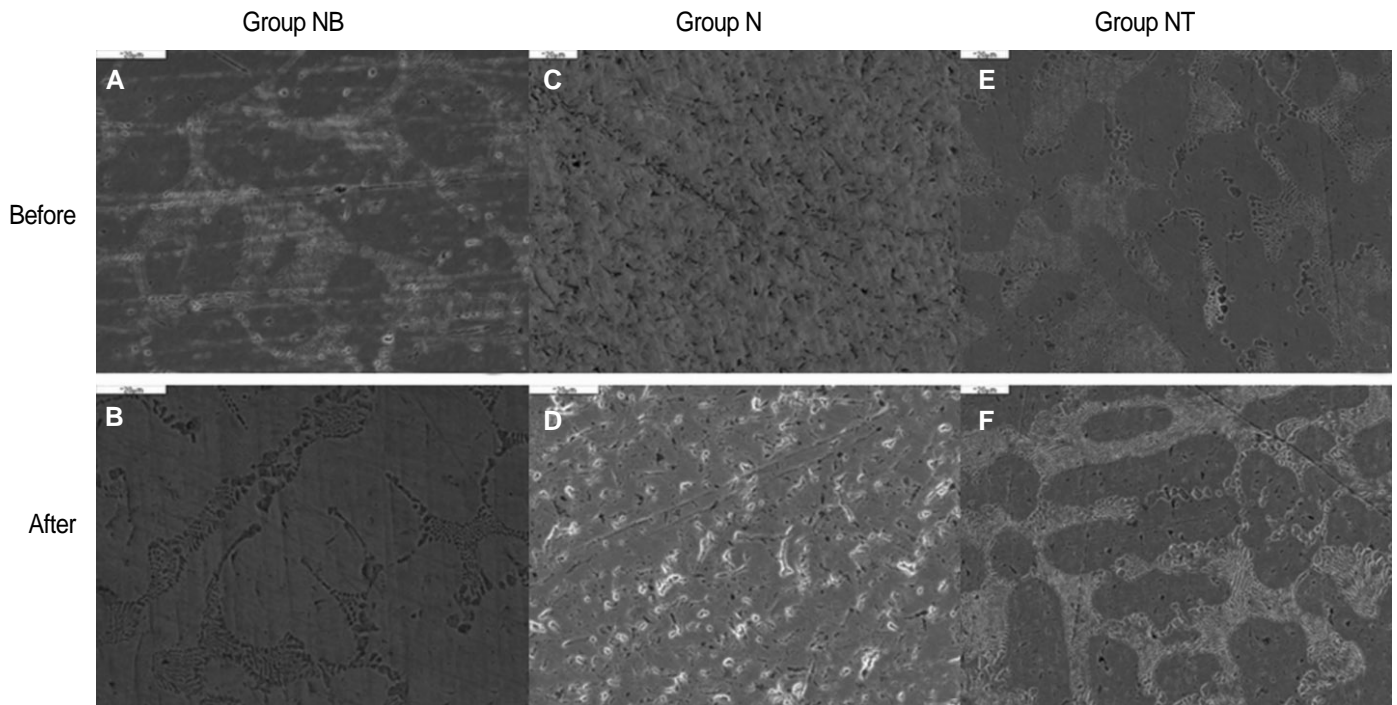


Fig. 5. SEM micrographs of specimens (original magnification $\times 1,000$). A, B: Group NB, C, D: Group N, E, F: Group NT.

2) 갈바닉부식 시험

cp Ti Grade 2와 각 Ni-Cr합금이 쌍을 이루어 발생한 갈바닉 부식의 결과는 그림에 나타나 있다(Fig. 8). N군은 가장 짧은 시간에 전류의 안정화를 보이고 있으며, NT군은 NB, N군에 비해 안정화까지의 시간이 오래 걸렸다. 안정화된 전류값도 N, NB,

NT군의 순서로 높게 나타났다.

3. 표면 거칠기 (Ra) 측정

부식 전 Ni-Cr 합금의 거칠기는 유사한 정도를 보이고 있

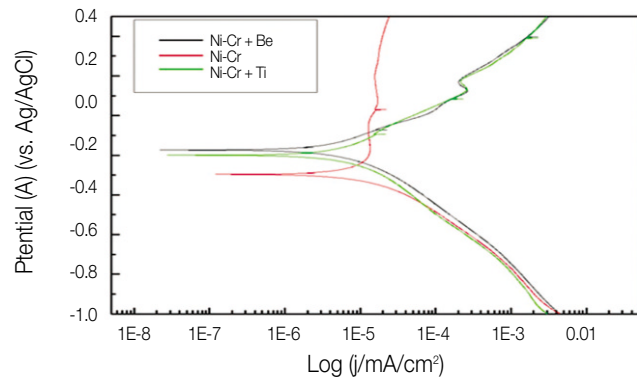
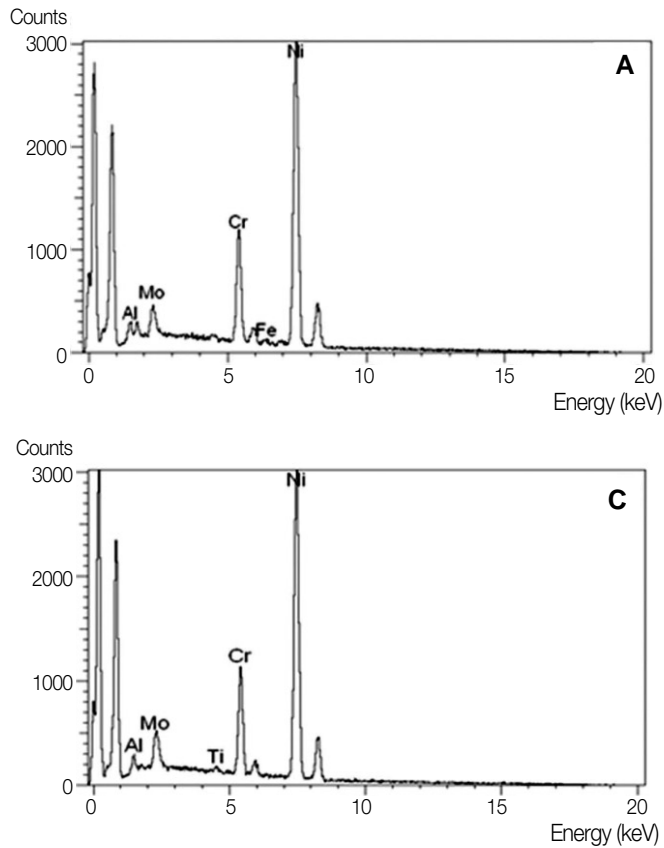


Fig. 7. Potentiodynamic curve of specimens.

Table 5. Value of corrosion potential (E_{corr}) voltage (V (SCE)) of Ni-Cr

Group	Corrosion potential (E_{corr})
NB	-0.173
N	-0.296
NT	-0.199

며, 티타늄을 포함한 모든 시편에서 부식에 의해 표면 거칠기가 증가하였다. 부식 전·후 거칠기는 세 군 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 증가량은 N군이 제일 컸으며, NB, NT

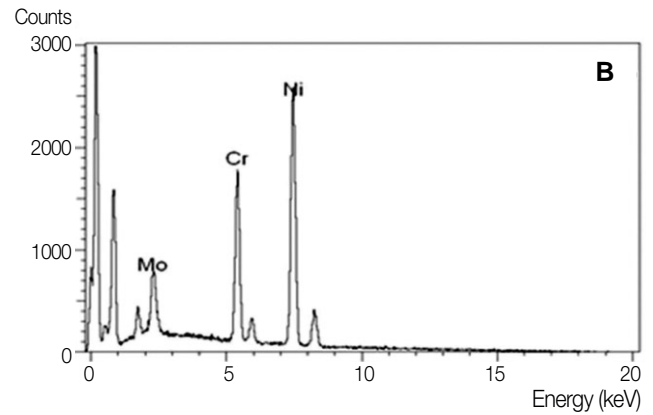


Fig. 6. EDX element profile for Ni-Cr alloy specimens. A: Ni-Cr-Be, B: Ni-Cr, C: Ni-Cr-Ti.

Table 4. Chemical composition of Ni-Cr alloys by EDX analysis (%)

	NB	N	NT
Ni	78.47	67.31	78.53
Cr	14.04	22.60	13.09
Mo	5.10	10.08	6.02
Al	1.88	-	1.90
Fe	-	-	-
Ti	-	-	0.47

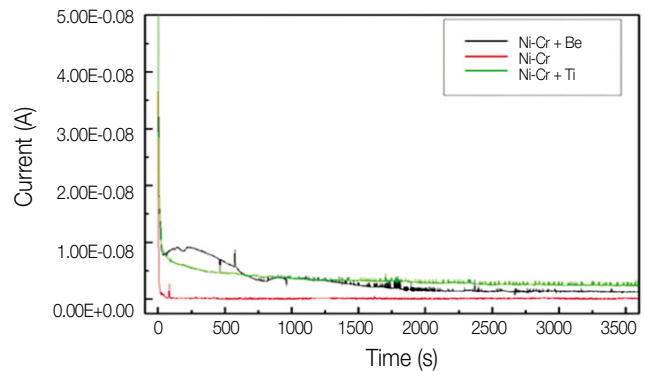


Fig. 8. Results of Galvanic corrosion of Ti/Ni-Cr alloy couples.

Table 6. Average surface roughness (μm) of metal specimens

	Before	After	Δ	Significance
Ti	0.185 \pm 0.007	0.207 \pm 0.006	0.023 \pm 0.006	-
NB	0.054 \pm 0.004	0.069 \pm 0.005	0.016 \pm 0.007	0.003*
N	0.048 \pm 0.003	0.061 \pm 0.005	0.012 \pm 0.003	0.000*
NT	0.049 \pm 0.003	0.063 \pm 0.003	0.012 \pm 0.002	0.000*

R: Mean surface roughness value, *: $P < .05$.

군은 동일한 정도를 나타내었다 (Table 6).

One-way ANOVA를 이용하여 분석한 금속 종류에 따른 거칠기 변화는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P > .05$).

고찰

부식이란 어떤 물질, 특히 금속이 환경과 반응하여 파괴되는 것으로 양극에서는 산화되고, 음극에서는 환원반응이 일어난다. 이러한 부식은 매우 복잡하고 다양한 과정을 통해 일어나는데, 금속의 성분, 구조상, 표면상태, 전해질의 성분, 농도, 온도 등에 따라 특성이 결정된다. 즉 다양한 이종금속이 존재하고, 접촉하는 표면적이 넓으며, 주변 전해질의 환경이 복잡할수록 부식반응은 활발하게 일어난다.¹⁴

연구에 사용된 Ni-Cr합금은 성분, 조성에 따라 미세조직구조가 다르게 나타나고, 모든 그룹의 합금에서 부식 후에 보다 분명해진 미세구조간 경계가 관찰되었다. 부식 전 미세조직 관찰을 위해 산부식 시킨 시편과 유사한 양상을 보이며, 이는 부식에 따라 내식성이 약한 표면이 식각되면서 미세구조가 더욱 두드러지게 나타나기 때문으로 생각된다.

부식측정법 중 동전위분극법과 정전위 분극법으로 구성된 전기 화학법 (electrochemical corrosion test) 이 가장 용이하고 빠르며 경제적이고 재현성이 우수하며 비교적 정확하다는 장점을 가져 대부분의 연구에 이용되고 있다.¹⁵ 동전위분극 시험에서는 백금을 기준 전극으로 하여 각 금속의 부식양상을 평가할 수 있다. 부식전위가 가장 낮은 Ni-Cr합금이 Ni-Cr-Be, Ni-Cr-Ti합금에 비해 부식이 빠르고 쉽게 일어난다고 할 수 있다. 그러나 Ni-Cr합금은 부식에 의해 피막 파괴가 시작된 후 바로 부동태피막이 생성되는 특성을 보이고 있어 이후의 부식은 매우 더디게 진행된다고 할 수 있다.

갈바닉 부식 시험에서는 Ni-Cr합금이 Ni-Cr-Be, Ni-Cr-Ti합금에 비해 빠른 시간에 안정화를 보였으며 안정화된 전류도가 가장 낮은 값을 가지고 있다. Ni-Cr-Ti합금은 Ni-Cr-Be합금에 비해 빨리 안정화가 되기 시작하였으나 갈바닉부식 시작 약 10분 후 역전되어 이후 시간에는 Ni-Cr-Be합금 보다 높은 전류값을 가진다.

Bollen과 Quirynen 등⁸⁻¹⁰은 구강 내에서 임상적으로 받아들일만한 표면 거칠기가 $0.2\mu\text{m}$ 를 넘지 않아야 한다고 하였다. 모든 비귀금속 합금의 부식 전·후 거칠기는 통계적으로 유의하게 증가하였고, cp Ti, Ni-Cr-Be, Ni-Cr, Ni-Cr-Ti합금의 순서로 거칠기 변화가 크게 나타났다. 주로 지대주에 사용되는 티타늄의 거칠기 변화보다 상부 보철에 사용되는 Ni-Cr합금의 거칠기 증가가 임상적으로 더 중요한 의미를 가진다. 합금의 성분과 따른 거칠기는 통계적으로 유의하지 않으나, Be이 포함되지 않은 합금이 포함된 합금에 비해 변화량이 적었으며, 티타늄을 첨가한 합금은 첨가하지 않은 합금과 큰 차이가 없었다. 앞서 기술한바와 같이 세 군 모두 거칠기가 임상적 의미를 가진 $0.2\mu\text{m}$ 보다 낮았으나, 부식 후 거칠기가 증가하는 경향이 나타나는 것으로 보아 장기간에 걸친 부식에 의한 거칠기 평가가 필요할 것으로 생각된다.

Ni-Cr합금에서 Cr의 첨가는 불활성 산화막을 형성하여 내식성을 향상시킨다.¹⁶ Be의 첨가는 용융온도를 저하시켜 주조성

을 향상시키고, 얇은 접착성 산화막을 형성하여 도재와의 화학적 결합을 높이지만,¹⁶ 부식에 약한 Ni-Be상을 형성하여 내식성에는 불리하게 작용한다.³ 최근 독성으로 인해 Be이 포함되지 않은 금속이 사용되고 있으며, 이는 내식성을 향상시키는 역할을 할 것이라고 생각된다. 이 실험에서도 Be이 제외된 군에서 거칠기의 변화량이 더 적게 나타났고, 전기화학적 실험에서도 보다 안정적인 양상이 관찰된다.

Ni-Cr합금에 티타늄을 첨가하면 합금의 인장강도, 항복강도가 증가한다.¹⁶ EDX 분석에서 Ti은 제조사에 의해 표시된 4%와는 달리 0.47%밖에 검출되지 않았으며, 나머지는 표면에 부동태피막을 형성하여 내식성을 향상 시켰을 것으로 생각된다. Ni, Cr 함량이 유사한 NB군과 비교해보면 Ti의 첨가로 인해 합금의 내식성이 향상되었다고 생각할 수 있다.

본 연구에서는 타액, 미생물 요소 등의 구강내 환경이 완전히 조성되지 못하였고, 지대주와 보철물 간 합착체의 존재, 장기간 부식에 의한 표면 거칠기 평가가 이루어지지 않았다는 점에서 한계를 가진다.

그러나 전체적으로 볼 때, 이종금속간 발생하는 갈바닉 전류에 의해 금속 표면의 거칠기가 증가하였고 이는 플라그의 침착을 증가시켜 임플란트 주위 조직에 염증을 유발시킬 수 있다고 생각된다. 임상적 상황에 적용시 장기간에 걸쳐 부식이 진행된다면 거칠기가 더 증가할 수 있을 것으로 생각되며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 성분과 조성이 다른 3종류의 Ni-Cr 합금을 대상으로 티타늄 지대주와 접촉해 발생할 수 있는 갈바닉 부식에 따른 표면 특성 및 거칠기 변화를 평가하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 Ni-Cr 합금과 티타늄 합금의 접촉으로 인한 갈바닉 부식에 의해 모든 시편의 표면 거칠기는 유의하게 증가하였다 ($P < .05$).
2. 부식 후 Ni-Cr-Be 합금의 거칠기가 가장 많이 증가하였고, Be을 포함하지 않은 합금과 Ti을 첨가한 합금의 거칠기 증가는 비슷하였다.
3. 금속 종류에 따른 부식으로 인한 표면 거칠기 변화는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P > .05$).

참고문헌

1. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. American Dental Association status report on the occurrence of galvanic corrosion in the mouth and its potential effects. J Am Dent Assoc 1987;115:783-7.
2. Geis-Gerstorfer J, Weber H, Sauer KH. In vitro substance loss due to galvanic corrosion in Ti implant/Ni-Cr supraconstruction systems. Int J Oral Maxillofac Implants 1989;4:119-23.

3. Goehlich V, Marek M. Corrosion behavior of Pd-Cu and Pd-Co alloys in synthetic saliva. *Dent Mater* 1990;6:103-10.
4. Schmalz G, Garhammer P. Biological interactions of dental cast alloys with oral tissues. *Dent Mater* 2002;18:396-406.
5. Wylie CM, Shelton RM, Fleming GJ, Davenport AJ. Corrosion of nickel-based dental casting alloys. *Dent Mater* 2007;23:714-23.
6. Gil FJ, Sánchez LA, Espías A, Planell JA. In vitro corrosion behaviour and metallic ion release of different prosthodontic alloys. *Int Dent J* 1999;49:361-7.
7. Venugopalan R, Lucas LC. Evaluation of restorative and implant alloys galvanically coupled to titanium. *Dent Mater* 1998;14:165-72.
8. Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *J Clin Periodontol* 1995;22:1-14.
9. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 1997;13:258-69.
10. Bollen CM, Papaioanno W, Van Eldere J, Schepers E, Quirynen M, van Steenberghe D. The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:201-11.
11. ISO 10271 Standard. Dental metallic materials-corrosion test methods. 1st ed. Switzerland: ISO Geneva; 2001.
12. Kay KS, Chung CH, Kang DW, Kim BO, Hwang HG, Ko YM. A study on the galvanic corrosion of titanium using the immersion and electrochemical method. *J Korean Acad Prosthodont* 1995;33:584-609.
13. Oh KT, Kim KN. Electrochemical properties of suprastructures galvanically coupled to a titanium implant. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004;70:318-31.
14. Lucas LC, Lemons JE. Biodegradation of restorative metallic systems. *Adv Dent Res* 1992;6:32-7.
15. Choi BC, Kim CW. Corrosion of porcelain-fused-to-metal alloys. *Dent Mater J SNU* 1992;2:155-189.
16. Korean council for the faculty of dental materials. *Dental materials*. 4th ed. Seoul; Koonja publishing Inc.; 2006. pp. 335-6.

Surface roughness changes caused by the galvanic corrosion between a titanium abutment and base metal alloy

Jung-Jin Lee, DDS, Kwang-Yeob Song, DDS, PhD, Seung-Keun Ahn, DDS, PhD, Ju-Mi Park*, DDS, PhD

Department of Prosthodontics, Collage of Dentistry, Chonbuk National University, Jeonju, Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the level of electro-chemical corrosion and surface roughness change for the cases of Ti abutment connected to restoration made of base metal alloys. **Materials and methods:** It was hypothesized that Ni-Cr alloys in different compositions possess different corrosion resistances, and thus the specimens ($13 \times 13 \times 1.5$ mm) in this study were fabricated with 3 different types of metal alloys, commonly used for metal ceramic restorations. The electrochemical characteristics were evaluated with potentiostat (Parstat 2273A) and the level of surface roughness change was observed with surface roughness tester. Paired t-test was used to compare mean average surface roughness (Ra) changes of each specimen group. **Results:** All specimens made of nickel-chromium based alloys, average surface roughness was increased significantly ($P < .05$). Among them, the Ni-Cr-Be alloy ($0.016 \pm 0.007 \mu\text{m}$) had the largest change of roughness followed by Ni-Cr ($0.012 \pm 0.003 \mu\text{m}$) and Ni-Cr-Ti ($0.012 \pm 0.002 \mu\text{m}$) alloy. There was no significant changes in surface roughness between each metal alloys after corrosion. **Conclusion:** In the case of galvanic couples of Ti in contact with all specimens made of nickel-chromium based alloys, average surface roughness was increased. (*J Korean Acad Prosthodont* 2011;49:65-72)

Keywords: Galvanic corrosion, Surface roughness, Nickel-Chromium alloy, Titanium abutment

*Corresponding Author: Ju-Mi Park

Department of Prosthodontic, Collage of Dentistry, Chonbuk National University, 664-14 1Ga Deokjin-dong, Deokjin-gu, Jeonju, 561-756, Korea

+82 63 250 2118: e-mail, jmpark@jbnu.ac.kr

Article history

Received December 29, 2010 / Last Revision January 12, 2011 / Accepted January 13, 2011