

구연산의 적용시간에 따른 임플란트 표면변화에 대한 주사전자현미경적 연구

송우석 · 권영혁 · 이만섭 · 박준봉 · 허 익

경희대학교 치과대학 치주과학교실

I. 서론

치과 임플란트는 타이타늄이 연조직의 개재없이 경조직인 골과 직접 결합하는 골유착의 개념하에 지난 30여년 이상 결손치아를 대체하는 한 방법으로서 그 이해와 적용에 많은 발전이 있었다^{1,7)}. 이제 보편적인 치과치료의 한 분야로 자리잡은 치과 임플란트는 높은 성공률을 보이고 있으며, 저작력의 회복과 같은 기능적인 면의 개선과 함께 심미적인 면의 개선에서도 큰 역할을 담당하고 있다.

그러나 치아에서 치주염이 발생하듯이 임플란트에서도 임플란트주위염이 발생할 수 있으며, 임플란트주위염의 치료와 이환된 임플란트의 유지 관리가 큰 문제로 대두되고 있다. 이러한 임플란트주위염의 원인은 크게 과도한 교합력^{8,9)}과 세균의 감염^{10, 11)}을 들 수 있다. 임플란트 주위의 세균조성은 자연치의 세균조성과 유사하지만^{12, 13)} 임플란트 주위조직은 자연치의 치주조직보다 세균에 더 쉽게 감염된다¹⁴⁾. 이는 자연치에서 결합조직섬유다발이 백악질에 수직으로 배열되어 있는 반면 임플란트에서는 표면에 평행하게 배열되어있고 교원질 섬유에 혈액의 공급이 부족하기 때문이다^{5, 16)}. 일단 임플란트 표면이 세균과 세균의 내독소에 의해 오염되면 임플란트 주위

의 연조직에 염증이 일어나고, 계속 진행될 경우 골조직으로 파급되어 심한 경우 임플란트의 동요를 야기하게 된다.

임플란트주위염을 임상적, 방사선학적 진단을 통해 정확히 평가하여 적절한 치료방법을 선택하여 건강한 상태로 회복시키는 것이 중요하다. 임플란트주위염의 치료방법으로는 비외과적 술식과 외과적 술식을 들 수 있으며 외과적 술식에는 절제술식과 재생술식이 있다⁷⁾. 이러한 치료의 궁극적 목적은 소실된 골의 재생을 촉진시켜 임플란트와 골간에 재골유착이 일어나게 하는 것이다. 그러나 표면이 세균과 내독소에 의해 오염되어 있으면 재골유착을 기대하기 어려우므로 표면의 세척 및 해독과정이 반드시 필요하다⁵⁾. 이 과정에 기계적인 방법과 화학적인 방법이 이용되었으며, 기계적인 방법에는 공기-분말 연마기구(air-powder abrasive system), 금속 큐렛, 타이타늄 큐렛, 플라스틱 큐렛, 초음파 기구 등을 이용하는 방법이 있고^{18, 19)}, 화학적 방법에는 pH 1의 구연산, 테트라사이클린, 불화주석, 클로르헥시딘, 1% 클로라민 티 용액 등을 사용하는 방법이 있다^{5,18,20-27)}.

임플란트의 표면특성상 기계적인 기구조작으로는 세균과 내독소를 완전히 제거하기가 어려울 뿐만 아니라 임플란트의 고유한 표면구조에 유해한 효과를

교신 저자: 허 익, 서울특별시 동대문구 회기동 1 경희대학교 치과대학 치주과학교실, 우편번호: 130-702

나타낼 수 있다. 따라서 기존의 임플란트 표면구조를 변화시키지 않으면서 효과적인 해독작용을 할 수 있는 화학제의 사용이 필요하다.

구연산은 내독소 및 도발층의 제거, 신생 백악질의 형성 촉진, 신부착 등을 도모하기 위해 치근면의 처리에 사용된 약제이다²⁸⁻³². Zablotzky 등 (1991, 1992)^{33, 34}은 pH 1의 구연산으로 수산화인회석 피복된 임플란트 표면(hydroxyapatite-coated surface)에 처리하였을 때 효과적으로 세균 내독소를 제거할 수 있다고 하였으나 그 적용시간이 증가하면 표면 구조에 변화를 야기하므로 30초 - 1분의 적용시간이 중요하다고 보고하였다. 지금까지 구연산을 이용하여 가공 처리된 타이타늄 표면(Pure titanium machined surface)과 수산화인회석 피복표면(hydroxyapatite-coated surface)에 표면처리를 시행한 연구들은 이미 많이 보고되었지만 타이타늄 분사피복 표면(Titanium plasma-sprayed surface)과 SLA표면(Sandblasted, Large grit, Acid etched surface)에 대한 연구는 아직 부족하기에 본 연구를 계획하였다.

본 연구의 목적은 최근까지 임플란트 표면처리에 가장 효과적인 것으로 알려진 약제 중의 하나인 pH 1의 구연산의 적용시간을 변화시켜 가공 처리된 타이타늄 표면(Pure titanium machined surface), 타이타늄 분사피복 표면(Titanium plasma-sprayed surface) 및 SLA표면(Sand-blasted, Large grit, Acid etched surface)에 적용한 후 주사전자현미경을 이용하여 표면의 변화를 관찰하여 적절한 적용시간을 알아보기 위한 것이었다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

직경 4.0mm, 길이 11.5mm인 Pure titanium machined surface implant (Brånemark®, Nobel Biocare AB, Göthenburg, Sweden)와 직경 4.1mm, 길이 10mm인 Titanium plasma-sprayed(TPS) surface implant (ITI®, Straumann AG, Waldenburg, Switzerland)와 직경 4.1mm, 길이 10mm인 SLA surface

implant (ITI®, Straumann AG, Waldenburg, Switzerland)를 사용하였으며, 임플란트 표면처리를 위해 pH 1의 구연산을 사용하였다.

2. 연구 방법

Pure titanium machined surface implant, TPS surface implant와 SLA surface implant를 각각 접착제를 이용하여 시료대 위에 고정하고, 표면처리를 시행하지 않은 세 종류의 임플란트를 대조군으로 하였고, 실험군은 pH 1의 구연산을 스폰지에 적셔 각각 ½분, 1분, 1½분, 2분, 3분간 문지르는 방법을 사용하였다(Table 1). 이때 매 30초마다 새로운 스폰지로 교환해 주었다. 임플란트의 표면처리가 끝나면 1분간 멸균 증류수로 세척한 후 건조시켰다. 준비된 시편을 ion sputting coater (Eiko, IB-3, 일본)를 이용하여 0.1 Torr 진공상태에서 4분간 금으로 피복시킨 후 주사전자현미경 (Model S-2300, Hitachi Com., JAPAN)을 이용하여 20kV 상태에서 임플란트 표면을 관찰하고 polaroid film (Polaroid®, UK)으로 촬영하였다.

III. 연구성적

1. Pure titanium machined surface

1) 대조군

표면처리를 시행하지 않은 대조군에서는 임플란트 가공시 형성된, 일정한 방향으로 평행하게 주행하고 있는 얇은 골과 융선을 보였다(Figure 1).

2) 실험군

구연산으로 표면을 처리한 실험군에서는 구연산에 의해 표면이 부식되거나 변화된 양상을 관찰할 수는 없었고 대조군과 동일한 방향으로 주행하는 골과 융선을 나타내었다. 구연산으로 1분 이상 처리하였을 때 기존의 방향과는 다르게 사선으로 약간 거칠어진 양상을 보이기도 하였으나 기존의 표면구조를 크게 변화시키지는 않았다(Figure 2-6).

2. Titanium Plasma-Sprayed surface

1) 대조군

표면처리를 시행하지 않은 대조군에서는 5-20 μ m 범위의 다양한 크기를 가진 원형 및 부정형의 입자들이 임플란트 표면에 불규칙하게 침착되어 있었다. 이 입자들은 다수의 구멍을 이루며 서로 연결되어 있었다. 부분적으로 작은 균열이 관찰되었는데 이것은 고온에서 타이타늄 분사피복이 이루어지고 다시 냉각하는 과정에서 타이타늄이 수축되어 생긴 열균열(hot tears)³⁵⁾로 생각된다(Figure 7).

2) 실험군

30초군부터 변화가 심하게 나타나서 표면에 불규칙하게 침착되어 있던 다양한 크기의 입자들이 평평해졌다. 표면처리 시간이 증가함에 따라 평평해진 면이 넓어졌고 표면의 거칠기가 많이 감소하였으며 구연산에 의해 표면이 부식되어 균열이 나타났다(Figure 8-12).

3. Sand-blasted, Large grit, Acid etched surface

1) 대조군

SLA표면 특유의 macro roughness와 micro roughness가 혼재된 거친표면을 나타냈다(Figure 13).

2) 실험군

구연산으로 표면을 처리하여도 거칠기가 증가하거나 감소하지 않았고 구연산에 의해 부식된 양상도 관찰할 수 없었다. 구연산의 처리시간 증가에 따른 변화도 관찰할 수 없었고 대조군과 거의 동일한 표면특성을 나타냈다(Figure 14-18).

IV. 총괄 및 고찰

이번 연구에서는 다양한 임플란트의 표면을 대상으로 하여 구연산으로 표면처리를 한 후 주사전자현미경으로 표면의 변화를 관찰하였다. 화학적 약제를

이용하여 가공 처리된 타이타늄 표면(Pure titanium machined surface)과 수산화인회석 피복표면(hydroxyapatite-coated surface)에 표면처리를 시행한 연구들은 이미 많이 보고되었지만 타이타늄 분사피복 표면과 SLA표면(Sand-blasted, Large grit, Acid etched surface)에 대한 연구는 아직 부족하기에 본 연구를 계획하였다.

이번 연구에서 시행한 구연산을 이용한 표면처리는 임플란트주위염을 치료하는데 포함되는 과정으로 궁극적으로는 소실된 골이 재생되어 재골유착이 되는 것을 목적으로 한다. 따라서 임플란트 표면의 특성을 변화시키지 않으면서 표면의 세균과 내독소를 제거하는 것이 가장 중요한 점이라 할 수 있다.

임플란트의 표면은 골유착에 영향을 미치는 중요한 요소이다³⁶⁾. 임플란트가 처음 소개되었을 때에는 주로 가공처리된 타이타늄 표면 임플란트를 사용하였으나, 골질이 안 좋은 경우나 짧은 임플란트가 사용되었을 경우 실패율이 높아 임플란트의 표면을 거칠게 바꾸기 시작하였다³⁷⁻³⁹⁾. 그 중 하나가 20여년 전에 소개되어 지금까지 널리 사용되고 있는 타이타늄 분사피복 표면(Titanium plasma-sprayed surface)이다. Schroeder등(1976)⁴⁰⁾은 타이타늄 분사피복 표면이 임플란트와 골 사이에 접촉면적을 증가시킨다고 하였고, Babbush등(1986)⁴¹⁾은 용력이 집중되는 곳을 최소화함으로써 힘의 분산이 유리하다고 보고하였다. SLA표면(Sand-blasted, Large grit, Acid etched surface)은 1990년대에 들어 소개된 것으로 세포의 활성을 촉진시켜 골과 임플란트의 접촉이 더욱 빠르게 일어나 치료기간을 단축할 수 있으며, 임상적 성공률도 매우 높은 것으로 보고되었다⁴²⁾.

Brånemark등(1977)¹⁾은 임플란트 주위염을 치료하기 위한 수술과정 중에 발생한 표면 변화는 골유착의 정도에 영향을 줄 수 있다고 하였고, 표면이 평평해지면 골유착을 방해할 수 있다고 하였다. 이번 연구에서 관찰된 주사전자현미경 소견에 의하면 가공 처리된 타이타늄 표면과 SLA표면은 구연산 처리 후에도 표면의 변화가 크게 나타나지 않았다. 그러나 타이타늄 분사피복 표면의 경우 구연산의 적용시간이 증가함에 따라 표면의 변화가 심하게 나타났는

데, 이러한 변화가 재골유착에 부정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다.

이상적인 임플란트 표면처리 방법을 찾기 위하여 그동안 많은 연구가 시행되었다. Thomson- Neal 등(1989)¹⁸⁾은 순수 타이타늄(commmercially- pure titanium) 임플란트, 수산화인회석 피복 타이타늄 임플란트와 크리스탈 사파이어 임플란트에 다양한 방법의 표면처리를 시행하였다. 그 결과 금속기구나 초음파 기구를 이용한 경우 표면이 불규칙하게 변화된 반면 클로르헥시딘을 사용한 경우와 러버컵을 사용한 경우에는 임플란트의 원래 표면구조가 거의 변화되지 않았다. Dennison 등(1994)⁴³⁾은 가공 처리된 타이타늄 표면, 타이타늄 분사피복 표면, 수산화인회석 피복표면에 대해서 공기-분말 연마기구(air-powder abrasive system)의 내독소 제거 효과가 우수하다고 하였다.

Chairay 등(1997)¹⁹⁾은 가공처리된 타이타늄 표면과 타이타늄 분사피복 표면에 공기 분말 연마기구를 5초와 15초간 사용하고 주사전자 현미경을 통하여 표면의 변화를 관찰하였는데, 5초 후에는 표면 변화가 거의 일어나지 않는 반면 15초 후에는 모든 표면이 변형된다고 보고하였다. 한편 Augthun 등(1998)⁴⁴⁾은 타이타늄 분사피복 표면, 수산화인회석 피복표면과 평활한 순수 타이타늄 표면에 대하여 플라스틱 큐렛, 금속 큐렛, 다이아몬드 기구, 초음파 기구, 공기분말 연마기구, 0.1% 클로르헥시딘 용액을 적용하였는데, 공기분말 연마기구, 클로르헥시딘 및 플라스틱 큐렛을 사용한 경우에 표면의 변화를 거의 보이지 않았다.

이상의 연구들에 의하면 기계적인 표면처리 방법 중 표면의 변화를 야기하지 않는 방법은 플라스틱 큐렛과 러버컵을 이용하는 방법, 그리고 공기 분말 연마기구를 이용하는 방법을 들 수 있다. 그러나 임상적으로 플라스틱 큐렛이나 러버컵을 이용하여 골결손부 내부의 임플란트 표면에 완벽한 기구조작을 한다는 것은 거의 불가능하다. 또한 공기 분말 연마기구는 공기색전증(air embolism) 또는 기종(emphysema)을 유발할 수 있고, 임플란트 표면의 산화막을 제거할 수 있으며 부식을 증가시킬 수 있다^{33,45)}. 따라서 이번 연구에서는 기계적인 방법에 비

하여 표면의 변화가 적은 화학적 방법을 선택하였다. 일반적으로 사용되는 화학적 약제에는 구연산, 테트라사이클린, 클로르헥시딘, 불화주석 등이 있는데 본 연구에서는 그중 치근면 처리에 널리 사용되며 수산화인회석 피복 임플란트의 표면처리에 그 효과가 입증된 바 있는 구연산을 사용하였다.

Daly(1982)²⁹⁾는 치주질환에 이환된 치근의 표면을 구연산으로 처리하였을 때 세균의 성장을 억제한다고 하였고, Tanaka 등(1989)²⁹⁾은 치근면에 기구조작을 한 후에 pH 1의 구연산으로 처리하였을 때 잔사와 세균을 거의 다 제거한다고 하였다. 또한 Larijva 등(1988)³⁰⁾은 치근면을 구연산으로 처리하면 상피의 하방이동을 억제하고 결합조직 부착을 증진시킨다고 하였다. Lozada 등(1990)⁴⁶⁾과 Dennison 등(1994)⁴³⁾은 타이타늄 임플란트와 수산화인회석 피복 임플란트에 대해서, 다른 화학적 약제보다 구연산의 내독소 제거 효과가 크다고 하였다. Zablotzky 등(1991)³⁴⁾은 클로르헥시딘과 불화주석이 전하를 띠고 있어 임플란트 표면에서 내독소를 제거하기 보다는 표면에 부착한다고 하였고, 테트라사이클린, polymyxin B, 과산화수소도 내독소의 제거에 비효과적이라 하였다. 반면 pH 1의 구연산으로 1분간 표면을 처리하였을 때 효과적으로 내독소를 제거할 수 있으며 표면의 변화를 일으키지 않는다고 하였다.

현재 임플란트주위염을 치료하는데 가장 효과적인 방법은 화학적 약제를 이용한 표면처리와 함께 골유도재생술을 시행하는 것으로 알려져 있다. Hürzeler 등(1995,1997)^{47, 48)}은 비글견을 대상으로 하여 염증조직만 제거한 군, 골이식을 시행한 군, 골유도재생술을 시행한 군, 골이식과 함께 골유도재생술을 시행한 군으로 나누어 실험을 하였다. 그 결과 골이식과 함께 골유도재생술을 시행한 군과 골유도재생술을 시행한 군에서 가장 많은 골재생이 일어났고 그 다음으로는 골이식을 시행한 군, 염증조직만 제거한 군의 순이었다. Mellonig 등(1995)⁴⁹⁾은 3명의 환자를 대상으로 탈회동결건조골과 e-PTFE 차폐막을 이용하여 임플란트주위염을 치료하고 임상증례를 발표하였는데, 1년 뒤 수술 받은 모든 부위에서 치주낭 탐침깊이의 감소, 임상적 부착획득 및 골재생이 관찰

되었다. Muller등(1999)²²은 Bio-Oss[®]와 Gore-Tex 차폐막을 이용하였을 때, 골재생과 치주낭의 감소가 있었으며 8년 후에도 임플란트가 기능을 하고 있었다고 보고하였다.

그러나 임상적으로는 좋은 결과를 얻을 수 있지만 아직까지 재골유착은 일어나기 힘든 것처럼 보인다. Wetzel등(1999)⁵⁰은 가공 처리된 타이타늄 임플란트와 타이타늄 분사피복 임플란트 그리고 SLA표면을 갖는 임플란트를 대상으로 골유도재생술을 시행하였을 때, 골재생은 일어나지만 진정한 재골유착은 일어나지 않았다고 하였다. Persson등(1999)⁵¹은 재골유착이 일어난다 하더라도 그 양은 매우 적다고 하였으며 Baron등(2000)⁵²은 탈회동결건조골을 이용하여 골유도재생술을 시행하였을 때, 골재생과 재골유착에 있어 가장 좋은 결과를 얻을 수 있지만 재골유착은 거의 일어나지 않았다고 보고하였다. Persson등(2001)⁵³은 오염된 임플란트 표면에 다시 재골유착이 일어나기는 어렵다고 하였고 재골유착이 일어나기 위해서는 임플란트의 표면 처리가 가장 중요한 요소라고 하였다. 이런 점에서 볼 때 구연산이 임플란트 표면에 미치는 효과를 평가한 이번 연구는 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

이번 연구에서 타이타늄 분사피복 표면은 단시간 내에 심한 표면 변화를 보였으며, 이는 구연산이 타이타늄 분사피복 표면의 표면처리에 부적당함을 의미한다. 따라서 구연산이 아닌 다른 화학적 약제를 이용한 연구가 이루어져야 할 것이다. 반면 가공 처리된 타이타늄 표면과 SLA 표면은 3분간 처리하여도 표면의 변화를 거의 나타내지 않았는데, 앞으로 이러한 표면에 대해서 해독효과에 대한 평가 및 완전한 해독이 일어날 수 있는 시간에 대한 연구가 필요할 것이다. 아울러 표면처리를 시행한 임플란트를 대상으로 생물학적인 조직반응에 대한 연구를 시행한다면 임상에 응용하는데 있어 더 큰 의미가 있을 것으로 생각된다.

V. 결론

임플란트주위염이 발생했을 때 임플란트의 구조

적 형태, 결손부의 형태 및 표면특성 때문에 치주염이 이환된 치아처럼 기계적인 치근면 처리를 시행하기 어렵다. 따라서 임플란트 표면을 해독하기 위해 화학적 약제가 널리 사용되고 있다. 이번 연구에서는 구연산을 이용해서 임플란트 표면 처리를 시행한 후 표면처리 시간에 따른 표면의 구조변화를 관찰하고자 하였다. Pure titanium machined surface implant, TPS surface implant와 SLA surface implant에 pH 1의 구연산 용액을 각각 1/2분, 1분, 1 1/2분, 2분, 3분간 적용하여 표면처리한 후 적용 시간에 따른 표면변화를 주사현미경을 이용하여 관찰해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Pure titanium machined surface는 구연산으로 표면처리를 시행하지 않은 대조군과 표면처리를 시행한 실험군 모두 얇은 골과 융선을 보였으며 두 군간에 큰 차이는 없었다.
2. TPS surface의 대조군은 다양한 크기를 보이는 둥근 입자들이 침착되어 있었고, 구연산으로 표면처리 한 실험군에서는 30초군부터 입자들의 배열이 점차 평탄해지고 균열이 나타났는데 이것은 구연산의 적용시간과 비례하는 양상을 보였다.
3. SLA surface는 특유의 거친표면을 나타내었고 구연산으로 표면처리를 하여도 그 표면의 특성이 그대로 유지되었다.

VI. 참고 문헌

1. Brånemark, P.I., Hansson, B.O., Adell, R., Breine, U., Lindstrom, J., Hallen, O. and Ohman, A. : Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-years period. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg., 11(suppl. 16): 1-132, 1977.
2. Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., and Brånemark, P.I. : A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw. Int. J. Oral Surg., 10: 387-416, 1981.

3. Zarb, G.A., and Schmitt, A. : The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants. The Toronto study: part I, surgical results. *J. Prosthet. Dent.*, 63: 451-457, 1990.
4. Ericsson, I., Lekholm, U., Brånemark, P.I., Lindhe, J., Glantz, P.O., and Nyman, S. : A clinical evaluation of fixed bridge restorations supported by the combination of tooth and osseointegrated titanium implants. *J. Clin. Periodontol.*, 13: 307-312, 1986.
5. Meffert, R.M., Langer, B., and Fritz, M.E. : Dental Implants : A Review. *J. Periodontol.*, 63: 859-870, 1992.
6. Albreksson, T., Zarb, G.A., Worthington, P., and Ericsson, R.A. : The long-term efficacy of currently used dental implants : A review and prognosis criteria for success. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 1: 11-25, 1986.
7. Albreksson, T., Dahl, E., and Enbom, L. : Osseointegrated oral implants. A Swedish multi-center study of 8,139 consecutively inserted Nobelpharma implants. *J. Periodontol.*, 59: 287-296, 1988.
8. Quirynen, M., Naert, I., and Van Steenberghe, D. : Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. *Clin. Oral Impl. Res.*, 3: 104-111, 1992.
9. Isidor, F. : Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. *Clin. Oral Impl. Res.*, 7: 143-152, 1996.
10. Mombelli, A., Van Oosten, M.A.C., Schürch, E.J., and Lang, N.P. : The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol. Immunol.*, 2: 145-151, 1987.
11. Hickey, J.S., O'Neal, R.B., Scheidt, M.J., Strong, S.L., Yurgeon, D., and Van Dyke, T.E. : Microbiologic characterization of ligatureinduced peri-implantitis in the microswine model. *J. Periodontol.*, 62(9): 548-553, 1991.
12. Lekholm, U., Ericsson, I., Adell, R., and Slots, J. : The conditions of the soft tissues at tooth and fixture abutments supporting fixed bridge. A microbiological and histological study. *J. Clin. Periodontol.*, 13: 558-562, 1986.
13. Holt, R., Newman, M., and Kratochvil, F. : The clinical and microbial characterization of peri-implant environment. *J. Dent. Res.*, 65(spec. Issue): 257, 1986.
14. Ericsson, I., Berglundh, T., Marinello, C.P., Liljenberg, B., and Lindhe, J. : Long standing plaque and gingivitis at implants and teeth in dog. *Clin. Oral Impl. Res.*, 3: 99-103, 1992.
15. Berglundh, T., Lindhe, J., Ericsson, I., Marinello, C.P., Liljenberg, B., and Thomsen, P. : The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin. Oral Impl. Res.*, 2: 81-90, 1991.
16. Berglundh, T., Lindhe, J., Ericsson, I., Marinello, C.P., and Liljenberg, B. : Soft tissue reactions to de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dogs. *Clin. Oral Impl. Res.*, 3: 1-8, 1992.
17. Mombelli, A. and Lang, N.P. : The diagnosis and treatment of peri-implantitis. *Periodontol.* 2000, 63-76, 1998.
18. Thomson-Neal, D., Evans, G. and Meffert, R. : Effect of various prophylactic treatments on titanium, sapphire, and hydroxyapatite-coated implants : An SEM study. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, 9: 301-311, 1989.
19. Chairay, J.P., Boulekbache, H., Jean, A., Soyier, A. and Bouchard, P. : Scanning electron microscopic evaluation of the effects of an air-abrasive system on dental implants : A comparative in vitro study between machined and plasma-sprayed titanium surfaces. *J. Periodontol.*, 68: 1215-1222, 1997.

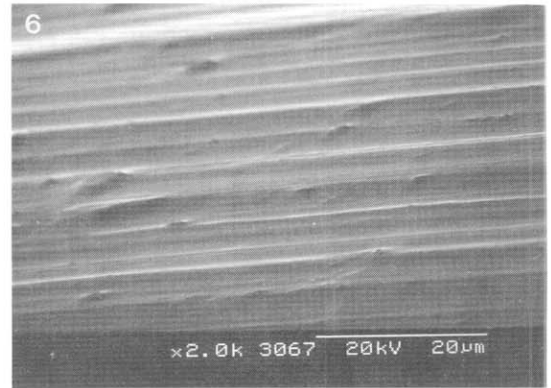
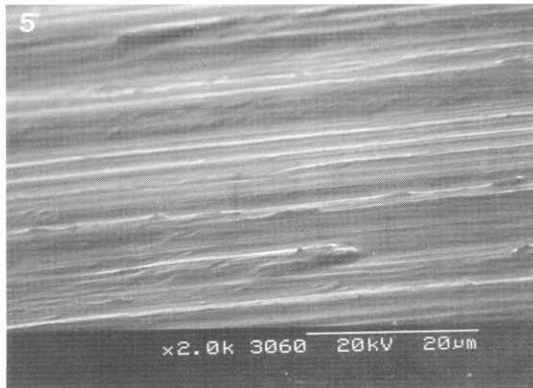
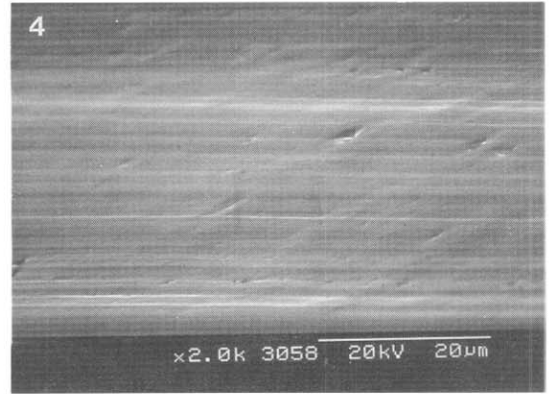
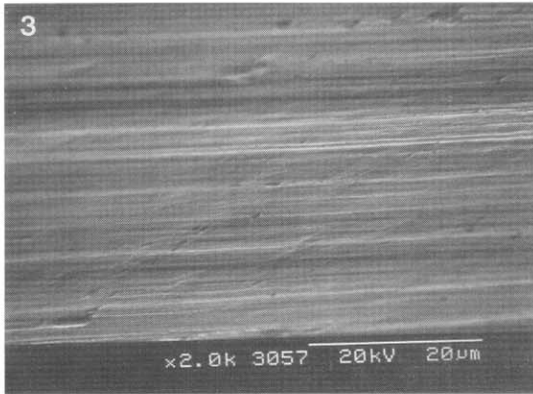
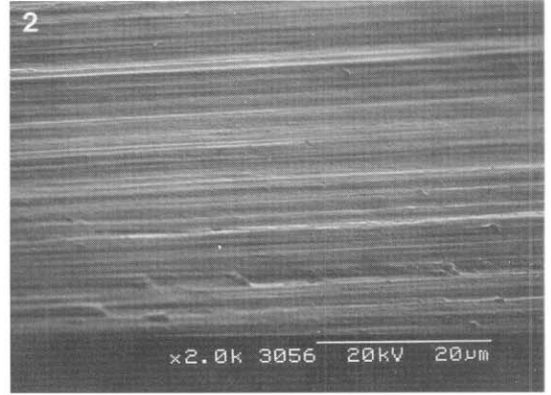
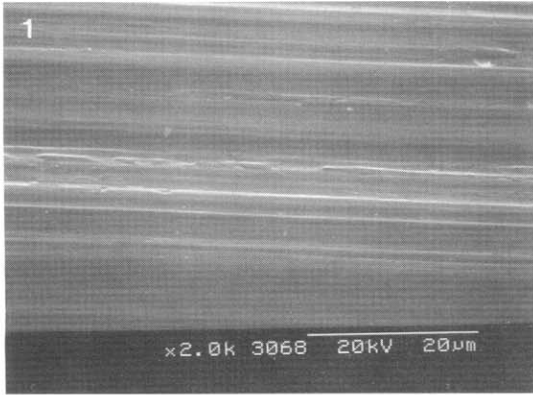
20. Meffert, R.M. : How to Treat Ailing and Failing Implants. *Implant Dentistry*, 1: 25-33, 1992.
21. Meffert, R.M. : Periodontitis and peri-implantitis : One and the same? *Pract. Periodont. Aesthet. Dent.*, 5: 79-82, 1993.
22. Muller, E., Gonzaliz, Y.M., and Andreana, S. : Treatment of peri-implantitis : Longitudinal clinical and microbiological findings - A case report. *Implant Dent.*, 8(3): 247-254, 1999.
23. Mellonig, J.T., Griffiths, G., Mathys, E., and Spitznagel, J. : Treatment of the failing implant : A case reports. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, 15: 385-395, 1995.
24. Somerman, M.J., Foster, R.A., Vorsteg, G., Progebin, K., and Wynn, R.L. : Effects of minocycline on fibroblast attachment and spreading. *J. Periodontol.*, 23: 154-159, 1988.
25. Al-Ali, W., Bissada, N.F., and Greenwell, H. : The effect of local doxycycline with and without tricalcium phosphate on the regenerative healing potential of periodontal osseous defects in dogs. *J. Periodontol.*, 60: 582-590, 1989.
26. Pepelassi, E.M., Bissada, N.F., Greenwell, H., and Farah, C.F. : Doxycycline-tricalcium phosphate composite graft facilitates osseous healing in advanced periodontal furcation defects. *J. Periodontol.*, 62: 106-115, 1991.
27. Wielder, R., Newman, H., and Strahan, J. : Stannous fluoride and subgingival chlorhexidine irrigation in the control of plaque and chronic periodontitis. *J. Clin. Periodontol.*, 10: 172-181, 1983.
28. Daly, C.G. : Anti-bacterial effects of citric acid treatment of periodontally diseased root surfaces in vitro. *J. Clin. Periodontol.*, 9: 386, 1982.
29. Tanaka, K., O'Leary, T.J., and Kafrawy, A.H. : The effect of citric acid on retained plaque and calculus. *J. Periodontol.*, 60(2): 81-83, 1989.
30. Larjava, H., Salonen, J., Häkkinen, L., and Närhi, T. : Effect of citric acid treatment on the migration of epithelium on root surfaces in vitro. *J. Periodontol.*, 59(2): 95-99, 1988.
31. Register, A.A., and Burdick, F.A. : Accelerated reattachment with cementogenesis to dentin, demineralized in situ. I. Optimum range. *J. Periodontol.*, 46(11): 646-655, 1975.
32. Register, A.A., and Burdick, F.A. : Accelerated reattachment with cementogenesis to dentin, demineralized in situ. II. Defect repair. *J. Periodontol.*, 47(9): 497-505, 1976.
33. Zablotsky, M.H., Diedrich, D.L., and Meffert, R.M. : Detoxification of endotoxin-contaminated titanium and hydroxyapatite-coated surfaces utilizing various chemotherapeutic and mechanical modalities. *Implant Dent.*, 1: 154-158, 1992.
34. Zablotsky, M.H., Diedrich, D.L., Meffert, R.M., and Wittrig, E. : The ability of various chemotherapeutic agents to detoxify the endotoxin infected HA-coated implant surface. *Int. J. Oral Implant*, 8: 45-51, 1991.
35. Parham, P.L., Cobb, C.M., French, A.A., Love, J.W., Drisko, C.L. and Killooy, W.J. : Effects of an air-powder abrasive system on plasma-sprayed titanium implant surfaces : An in vitro Evaluation. *J. Oral Implantol.*, 15: 78-86, 1989.
36. Albreksson, T., Brånemark, P.I., Hansson, H.A., and Lindström, J. : Osseointegrated titanium implants. *Acta. Orthop. Scand.*, 52: 155-170, 1981.
37. Jaffin, R.A., and Berman, C.L. : The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J. Periodontol.*, 62: 2-4, 1991.
38. Jemt, T. : Implant treatment in resorbed edentulous upper jaw. A three-year follow-up study in 70 patients. *Clin. Oral Impl. Res.*, 4: 187-194, 1993.
39. Jemt, T., Chai, J., Harnett, J., Heath, M.R.,

- Hutton, J.E., Johns, R.B., McKenna, S., McNamara, D.C., van Steenberghe, D., Taylor, R., Watson, R.M., and Hermann, I. : A 5-year prospective multi-center follow-up report on overdentures supported by osseointegrated implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 11: 291-298, 1996.
40. Schroeder, A., Pohler, O., and Sutter, F. : Gewebereaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplat mit Titan-Spritzschichtoberfläche. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd*, 86: 713-727, 1976.
41. Babbush, C.A., Kent, J.N., and Misiek, D.J. : Titanium plasma-sprayed(TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 44: 274-282, 1986.
42. Scacchi, M., Merz, B.R., and Schär, A.R. : The development of the ITI® DENTAL IMPLANT SYSTEM. Part 2: 1998-2000: Steps into the next millenium. *Clin. Oral Impl. Res.*, 11(Suppl.): 22-32, 2000.
43. Dennison, D.K., Huerzeler, M.B., Quinones, C., and Caffesse, R.G. : Contaminated Implant Surfaces : An In Vitro Comparison of Implant Surface Coating and Treatment Modalities for Decontamination. *J. Periodontol.*, 65: 942-948, 1994.
44. Augthun, M., Tinschert, J., and Huber, A. : In vitro studies on the effect of cleaning methods on different implant surfaces. *J. Periodontol.*, 69: 857-864, 1998.
45. Rapley, J.W., Swan, R.II., Hallmon, W.W. and Mills, M.P. : The surface characteristics produced by various oral hygiene instruments and materials on titanium implant abutments. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant*, 5: 47-52, 1990.
46. Lozada, J.L., James, R.A., and Boskovic, M. : Surgical repair of peri-implant defects, *J. Oral Implantol.*, 16: 42-46, 1990.
47. Hürzeler, M.B., Quinones, C.R., Morrison, E.C. and Caffesse, R.G. : Treatment of periimplantitis using guided bone regeneration and bone grafts, alone or in combination, in beagle dogs. part I : clinical findings and histologic observations. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 10: 474-484, 1995.
48. Hürzeler, M.B., Quinones, C.R., Schüpbach, P., Morrison, E.C. and Caffesse, R.G. : Treatment of peri-implantitis using guided bone regeneration and bone grafts, alone or in combination, in beagle dogs. part II : histologic finding. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 12: 168-175, 1997.
49. Mellonig, J.T., Griffiths, G., Mathys, E. and Spitznagel, J. : Treatment of the failing implant : A case reports. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, 15: 385-395, 1995.
50. Wetzel, A.C., Vlassis, J., Caffesse, R.G., Hammerle, C.H. and Lang, N.P. : Attempts to obtain reosseointegration following experimental peri-implantitis in dogs. *Clin. Oral Impl. Res.*, 10(2): 111-119, 1999.
51. Persson, L.G., Araújo, M.G., Berglundh, T., Gröndahl, K., and Lindhe, J. : Resolution of peri-implantitis following treatment. An experimental study in the dog. *Clin. Oral Impl. Res.*, 10: 195-203, 1999.
52. Baron, M., Haas, R., Dörthbudak, O., and Watzek, G. : Experimentally induced peri-implantitis: A review of different treatment methods described in the literature. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 15: 533-544, 2000.
53. Persson, L.G., Ericsson, I., Berglundh, T., and Lindhe, J. : Osseointegration following treatment of peri-implantitis and replacement of implant components. An Experimental study in the dog. *J. Clin. Periodontol.*, 28: 253-263, 2001.

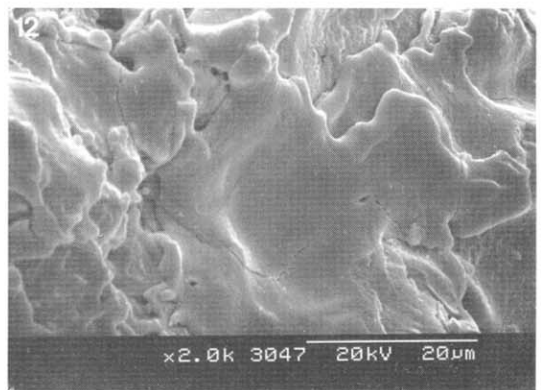
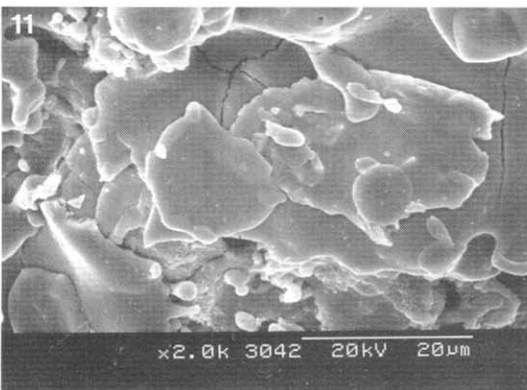
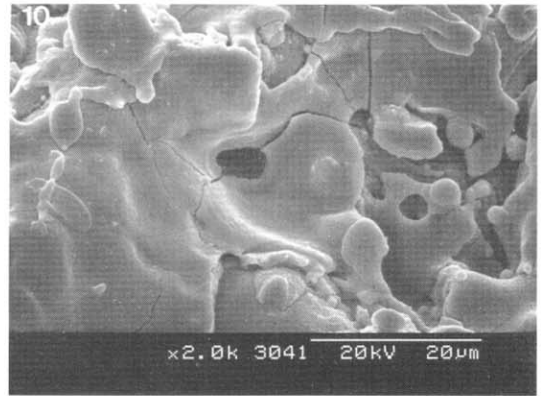
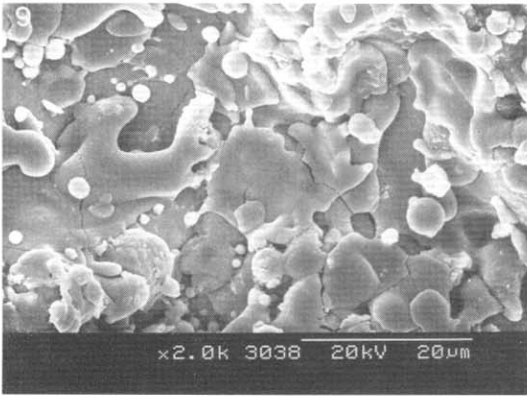
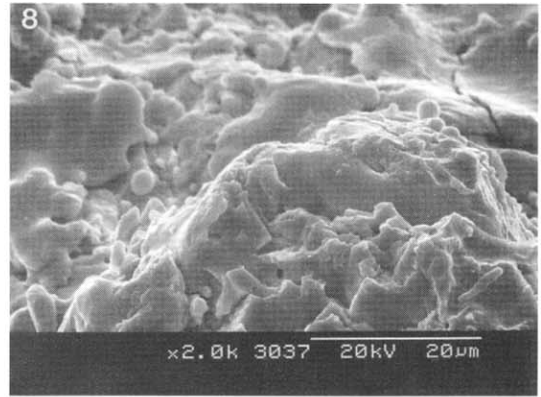
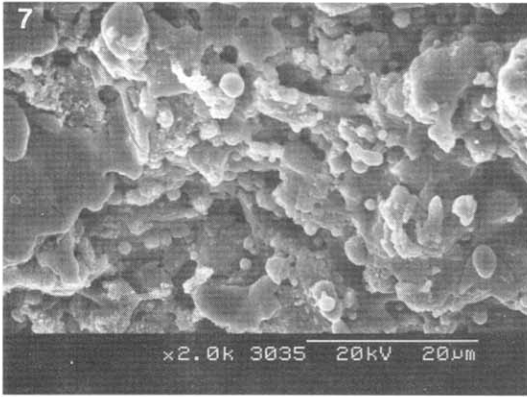
사진부도 설명

- Figure 1. Control specimen, Pure titanium machined surface without conditioning($\times 2,000$) shows few shallow grooves and ridges.
- Figure 2. Test specimen, Pure titanium machined surface following conditioning with pH 1 citric acid for $\frac{1}{2}$ min. ($\times 2,000$)
- Figure 3. Test specimen, Pure titanium machined surface following conditioning with pH 1 citric acid for 1min. ($\times 2,000$)
- Figure 4. Test specimen, Pure titanium machined surface following conditioning with pH 1 citric acid for $1\frac{1}{2}$ min. ($\times 2,000$).
- Figure 5. Test specimen, Pure titanium machined surface following conditioning with pH 1 citric acid for 2min. ($\times 2,000$)
- Figure 6. Test specimen, Pure titanium machined surface following conditioning with pH 1 citric acid for 3min. ($\times 2,000$) In general test specimens are similar to control.
- Figure 7. Control specimen, Titanium plasma-sprayed surface without conditioning($\times 2,000$) is deposited with round or amorphous particles and shows round or irregular pores that can be connected to each other.
- Figure 8. Test specimen, Titanium plasma-sprayed surface following conditioning with pH 1 citric acid for $\frac{1}{2}$ min. ($\times 2,000$) is partially flattened. Granular droplet appearance seems to be molted out.
- Figure 9. Test specimen, Titanium plasma-sprayed surface following conditioning with pH 1 citric acid for 1min. ($\times 2,000$) Some cracks are observed.
- Figure10. Test specimen, Titanium plasma-sprayed surface following conditioning with pH 1 citric acid for $1\frac{1}{2}$ min. ($\times 2,000$) The roughness of the surface is lessened and the flattened areas are wider.
- Figure11. Test specimen, Titanium plasma-sprayed surface following conditioning with pH 1 citric acid for 2min. ($\times 2,000$).
- Figure12. Test specimen, Titanium plasma-sprayed surface following conditioning with pH 1 citric acid for 3min. ($\times 2,000$) is deeply modified and is almost non-porous.
- Figure13. Control specimen, Sand-blasted, large grit, acid etched surface without conditioning($\times 2,000$) shows the macro/micro double roughness.
- Figure14. Test specimen, Sand-blasted, large grit, acid etched surface following conditioning with pH 1 citric acid for $\frac{1}{2}$ min. ($\times 2,000$)
- Figure15. Test specimen, Sand-blasted, large grit, acid etched surface following conditioning with pH 1 citric acid for 1min. ($\times 2,000$)
- Figure16. Test specimen, Sand-blasted, large grit, acid etched surface following conditioning with pH 1 citric acid for $1\frac{1}{2}$ min. ($\times 2,000$)
- Figure17. Test specimen, Sand-blasted, large grit, acid etched surface following conditioning with pH 1 citric acid for 2min. ($\times 2,000$)
- Figure18. Test specimen, Sand-blasted, large grit, acid etched surface following conditioning with pH 1 citric acid for 3min. ($\times 2,000$) In general test specimens are similar to control.

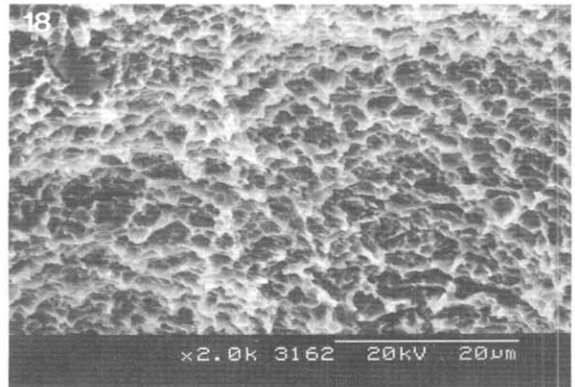
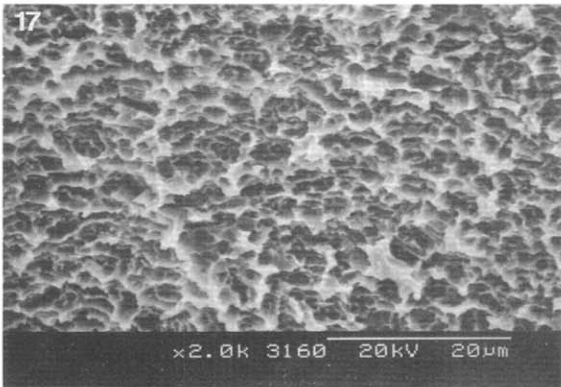
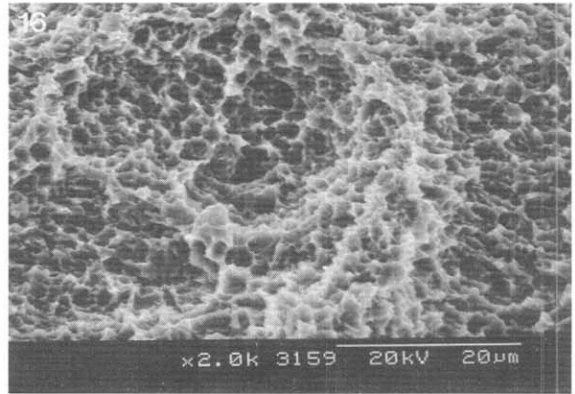
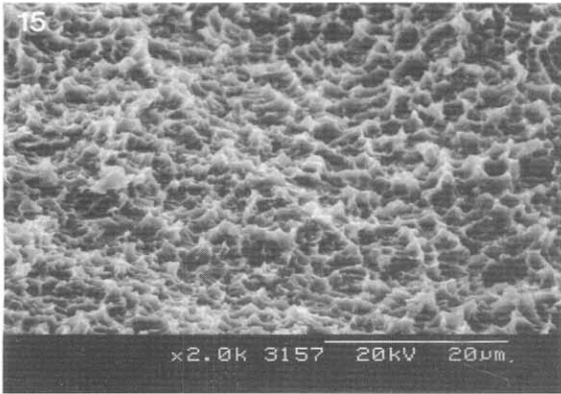
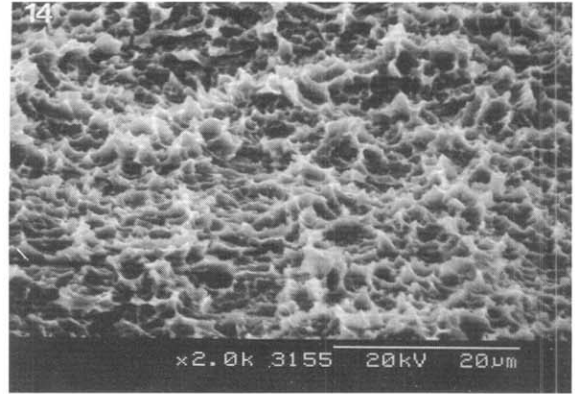
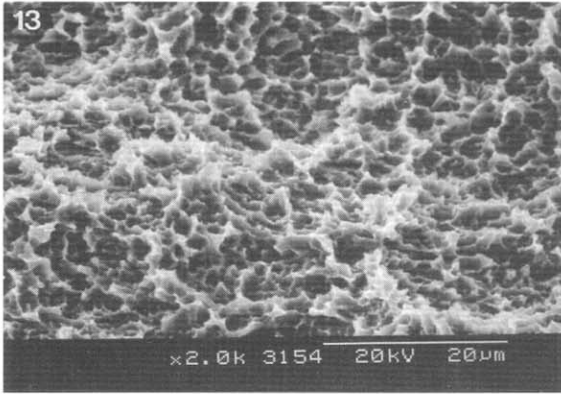
사진부도 (1)



사진부도 (II)



사진부도 (III)



Scanning Electron Microscopic Study of the Effects of Citric Acid on the Change of Implant Surface According to Application Time

Woo-Seok Song, Young-Hyuk Kwon, Man-Sup Lee, Joon-Bong Park, Yeek Herr

Department of Periodontology, College of Dentistry, Kyung Hee University

The present study was performed to evaluate the effect of citric acid on the change of implant surface microstructure according to application time. Implants with pure titanium machined surface, titanium plasma-sprayed surface, and sand-blasted, large grit, acid etched surface were utilized. Implant surface was rubbed with pH 1 citric acid for $\frac{1}{2}$ min., 1 min., $1\frac{1}{2}$ min., 2 min., and 3min. respectively in the test group and implant surface was not treated in the control group. Then, the specimens were processed for scanning electron microscopic observation.

The following results were obtained.

1. Both test and control group showed a few shallow grooves and ridges in pure titanium machined surface implants. There were not significant differences between two groups.
2. In titanium plasma-sprayed surfaces, round or amorphous particles were deposited irregularly. The irregularity of titanium plasma-sprayed surfaces conditioned with pH 1 citric acid was lessened and the cracks were increased relative to the application time of pH 1 citric acid.
3. Sand-blasted, large grit, acid etched surfaces showed the macro/micro double roughness. The application of pH 1 citric acid didn't change the characteristics of the sand-blasted, large grit, acid etched surfaces.

In conclusion, the application of pH 1 citric acid to titanium plasma-sprayed surface is improper. And pure titanium machined surface implants and sand-blasted, large grit, acid etched surface implants can be treated with pH 1 citric acid for peri-implantitis treatment if the detoxification of these surfaces could be evaluated.

Key word : Citric acid, Implant surface, Scanning Electron Microscope(SEM)