

# 표면처리 시간에 따른 임플란트 미세구조의 변화 : HA와 양극산화 표면 임플란트

안상호 · 박준봉 · 권영혁 · 허 익 · 정종혁

경희대학교 치과대학 치주과학교실

## I. 서론

치과 임플란트는 타이타늄이 연조직의 개재 없이 경조직인 골과 직접 결합하는 골유착의 개념하에 지난 30여년 이상 결손치아를 대체하는 한 방법으로서 그 이해와 적용에 많은 발전이 있었다<sup>1-3)</sup>. 이제 보편적인 치과치료의 한분야로 자리잡은 치과 임플란트는 표면처리와 형태의 지속적인 개선으로 높은 성공률을 보이고 있으며, 저작력의 회복과 같은 기능적인 면의 개선과 함께 심미적인 면의 개선에서도 큰 역할을 담당하고 있다.

그러나 성공적인 골유착이 이루어진 후에도 가끔 임플란트 주위염과 연관된 실패가 발생할 수 있다. 임플란트 주위염은 임플란트 주위에서 점진적으로 골소실이 일어나고 있는 상태로 과도한 교합력<sup>4,5)</sup>과 세균의 감염<sup>6,7)</sup>이 주요한 원인이다. 세균감염에 의한 임플란트 주위염은 연조직의 염증으로 시작되어 골조직으로 이환되고 심한 경우 임플란트의 동요를 야기한다. 반면에 과도한 교합력은 임플란트 주위 골

조직에 미세한 파절선을 만들고 계속 진행시 염증소견 없이 골유착의 파괴를 일으킨다. 임플란트 주위조직의 세균조성은 자연치의 세균조성과 유사하지만 임플란트 주위조직은 자연치의 치주조직보다 세균에 더 쉽게 감염된다<sup>8)</sup>. 이는 자연치에서 결합조직섬유 다발이 백악질에 수직으로 배열되어 있는 반면 임플란트에서는 표면에 평행하게 배열되어 있고 교원질 섬유에 혈액 공급이 부족하기 때문이다<sup>7)</sup>.

임플란트 주위염 치료의 목적은 질환의 진행을 막아 건강한 상태로 회복시켜 임플란트가 정상적 기능을 할 수 있도록 하는 것이다. 임플란트 주위염의 치료방법으로는 골결손부의 크기 및 형태에 따라 비외과적 술식과 외과적 술식을 들 수 있으며 외과적 술식에는 절제술식과 재생술식이 있다<sup>8-10)</sup>. 이러한 치료의 최종목표는 소실된 골의 재생을 촉진하여 임플란트와 골간의 재골유착이 일어나게 하는 것이다<sup>11)</sup>. 그러나 표면이 세균과 내독소에 의해 오염되어 있으면 재골유착을 기대하기 어려우므로 표면의 세척 및 해독이 필요하다<sup>3,9)</sup>. 지난 10여년간 다양한 표면처

\*교신 저자 : 박준봉, 서울시 동대문구 회기동 1번지 경희대학교 치과대학 치주과학교실, 우편번호 : 130-702  
E-mail : jbpark@khu.ac.kr

리 방법이 사용되었는데 구연산, 염산테트라싸이클린, 클로르헥시딘, 클로라민 티 용액 등의 화학제를 표면에 적용하는 방법<sup>12,14)</sup>과 공기-분말 연마기구, 금속 큐렛, 타이타늄 큐렛, 플라스틱 큐렛, 초음파 기구 등을 이용한 기계적 방법<sup>13-15)</sup>이 있으며 레이저의 사용이 보고되기도 하였다<sup>16)</sup>.

골유착을 증가시키기 위하여 다양한 표면처리 방법을 통해 표면조도를 증가시킨 임플란트가 사용되고 있다. 이러한 거친 임플란트의 표면특성상 기계적인 기구조작으로는 세균과 내독소를 완전히 제거하기 어려울 뿐만 아니라 임플란트의 고유한 표면구조에 유해한 효과를 나타낼 수 있다. 따라서 기존의 임플란트 표면 구조를 변화시키지 않으면서 효과적인 해독 작용을 할 수 있는 화학제의 사용이 필요하다.

염산테트라싸이클린은 보편적으로 사용되고 있는 항생제로서 치근면 처치에 사용시 내독소 및 도말층을 제거하고 세포부착 및 증식을 증진시킨다<sup>17)</sup>. 임플란트 표면에 적용 시 해독 효과에 대해서는 아직 미지수이지만 사용의 편리성 등으로 인하여 임플란트 주위염 치료에 널리 사용되고 있다<sup>18-20)</sup>. 그러나 치근면을 치료하는 경우의 일반적인 적용시간으로 임플란트 표면처리를 시행하였을 경우 고유한 표면 미세구조의 변화상에 대한 연구는 아직 부족하다.

그리고 수많은 표면처리 방법의 개발에도 불구하고 각각의 표면에 따른 임플란트 주위염 치료에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 서로 다른 임플란트 표면에 동일한 치료방법을 시행하는 것은 부적절하다고 생각되어 이번 연구를 계획하였다.

이번 연구의 목적은 염산테트라싸이클린의 적용시간을 변화시켜 상용되고 있는 서로 다른 임플란트 표면에 적용한 후 주사전자현미경을 이용하여 표면의 변화를 관찰하여 적절한 적용시간을 알아보는 것이다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

이번 연구에서는 직경 4.0mm, 길이 11.5mm인 가공처리된 타이타늄 표면 임플란트(Branemark<sup>®</sup> machined, Nobel Biocare AB, Göthenburg, Sweden), 직경 4.3mm, 길이 13mm의 수산화인회석 피복 표면 임플란트(Replace<sup>®</sup> select HA, Nobel Biocare AB, Göthenburg, Sweden)와 양극 산화 표면 임플란트(Replace select TiUnite<sup>™</sup>, Nobel Biocare AB, Göthenburg, Sweden)를 사용하였으며, 임플란트 표면처리를 위해 염산테트라싸이클린을 멸균증류수에 녹여 50mg/ml의 농도로 만들어 사용하였다.

### 2. 연구방법

가공처리된 타이타늄 표면 임플란트(MS), 수산화인회석 피복 표면 임플란트(HAS), 양극 산화 표면 임플란트(TiS)를 각각 6개씩 준비하여 접착제를 이용하여 시료대 위에 고정하였다. 6개의 임플란트 중 하나를 대조군으로 하여 아무런 표면처리도 시행하지 않았다. 나머지 5개의 임플란트를 실험군으로 정하여 염산테트라싸이클린을 스폰지에 적셔 각각 1/2분, 1분, 1½분, 2분, 2½분간 문지르는 방법을 사용하였다. 이때 매 30초마다 새로운 스폰지로 교환해 주었으며 임플란트의 표면처리가 끝나면 1분간 멸균 증류수로 세척한 후 건조시켰다. 준비된 시편을 ion sputting coater(Eiko, IB-3, Tokyo, Japan)을 이용하여 0.1 Torr 진공상태에서 4분간 금으로 피복시킨 후 주사전자현미경(Model S-2300, Hitachi Com., Tokyo, Japan)을 이용하여 20kV상태에서 임플란트 표면을 관찰하고 Polaloid film(Polaloid<sup>®</sup>, Waltham, USA)으로 촬영하였다. 이때 임플란트 주위염이 시작되는 임플란트 상부를 관찰하여 촬영하였다. 그리고 이번 실험에 참여하지 않은 3명의 치과 의사가 각각의 사진을 관찰하고 분석하여 임플란트 미세표면 구조변화 유무 및 표면구조가 변한 시점을 판정하였다.

### III. 연구성적

#### 1. MS

##### 1) 대조군

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

##### 2) 실험군

염산테트라사이클린으로 표면을 처리한 실험군에서는 염산테트라사이클린에 의해 표면이 부식되거나 변화된 양상을 관찰할 수는 없었다. 가끔 결손부나 거친 부위를 볼 수 있었으나 기존의 미세표면구조들과 크게 다르다고는 할 수 없었다(Figure 2~6).

#### 2. HAS

##### 1) 대조군

수산화인회석 결정이 불규칙하게 부착되어 있는 거친 표면을 볼 수 있었다(Figure 7).

##### 2) 실험군

염산테트라사이클린 적용시간이 1분일 때까지는 고유의 표면구조를 유지하고 있으나 적용시간이 증가할수록 수산화인회석 결정이 떨어져 거칠기가 감소하는 양상을 볼 수 있었고 2분 이상 적용시에는 표면상의 뚜렷한 균열도 볼 수 있었다(Figure 8~12).

#### 3. TiS

##### 1) 대조군

전형적인 분화구상 구조로 다공성의 불규칙한 표면을 보였다(Figure 13).

##### 2) 실험군

염산테트라사이클린의 적용시간이 증가하여도 대조군과 거의 유사한 표면을 보인다(Figure 14~18).

### IV. 총괄 및 고찰

이번 연구에서는 다양한 임플란트의 표면을 대상으로 하여 염산테트라사이클린으로 표면처리를 한 후 주사전자현미경으로 표면의 변화를 관찰하였다. MS와 TiS의 경우 염산테트라사이클린의 적용시간이 증가하여도 표면구조의 변화가 없었지만, HAS의 경우 1분 이상 적용 시 표면구조의 변화가 나타났다.

임플란트 주위염 치료의 최종목표는 골소실로 노출된 오염된 임플란트의 표면에 재골유착을 형성하는 것이다. 동물실험 결과 재골유착이 형성되었다는 보고들이 있다<sup>21-23)</sup>. 그리고 Persson 등(2001)<sup>24,25)</sup>은 재골유착 형성 여부는 임플란트 표면 해독뿐만 아니라 초기 치유 과정 동안 혈병의 부착 및 유지에 필요한 능력을 임플란트 표면이 가지고 있는지에 달려 있다고 하였다. 다시 말하면 임플란트의 고유한 표면구조가 재골유착에 가장 중요한 요인임을 알 수 있다.

임플란트의 표면은 골유착에 영향을 미치는 중요한 요소이다<sup>26)</sup>. 다양한 표면구조의 임플란트가 소개되었는데, 임플란트의 표면조도를 증가시키면 골과 임플란트간의 접촉 면적이 커지기 때문에 최근에 사용되는 임플란트는 대부분 거친 표면을 가지고 있다. 거친 표면의 임플란트는 초기 고정력이 우수하고 골유착에 소요되는 시간이 빠르게 치유 후 골유착 정도가 크다<sup>27,28)</sup>. 그러나 거친 표면의 임플란트는 여러 장점들을 가지고 있음에도 불구하고 임플란트 주위염이 발생하여 표면이 노출되면 치태침착이 더 용이하다고 하였다<sup>29)</sup>. 그리고 세균과 내독소 제거 시 표면 변성의 가능성도 높다<sup>15)</sup>.

이번 연구에서는 각기 다른 표면 구조를 보이는 세 종류의 임플란트를 사용하였다. 가공처리된 타이타늄 표면은 절삭날과 타이타늄의 강도에 따라 표면의 거칠기가 결정되는데 평균 거칠기는 0.53-0.96 $\mu$ m을 보인다<sup>30)</sup>. 수산화인회석 피복 표면은 화학적 구성이 골조직과 유사하고 표면조도가 크기 때문에 골유착의 형성이 빠르고 그 정도가 매우 크다고 알려져 있으며<sup>31)</sup>, 평균거칠기는 1.68 $\mu$ m을 보인다<sup>30)</sup>.

최근에 개발된 양극 산화 표면은 산화층의 두께를 증가시킨 것으로 평균 거칠기는  $1.08\mu\text{m}$ 이다<sup>30,32)</sup>. 가공처리된 타이타늄 표면은 가장 먼저 고안된 임플란트로서 이후에 개발된 거친 표면의 임플란트와의 비교를 위하여 선택하였다. 그리고 수산화인회석 피복 표면은 거친 표면을 가진 임플란트로서는 초기부터 사용해왔기 때문에 임플란트 주위염에 이환된 경우가 다른 임플란트 표면보다 많을 것이라 생각하여 실험대상으로 하였다. 또 수산화인회석 피복 표면이 임플란트 주위염에 대한 감수성이 더 높다는 보고도 있다<sup>21,33)</sup>. 양극 산화 표면은 가장 최근에 개발된 임플란트로서 이번 실험을 통해 표면의 안정성을 확인해 보고자 하였다.

Shou 등(2003)<sup>34)</sup>은 재생형 술식으로 임플란트 주위염을 치료할 경우 재골유착 정도가 미미한 것은 임플란트 표면의 해독이 불완전하거나 표면이 변성되었기 때문이라 하였다. 그동안 이상적인 임플란트 표면처리 방법을 찾기 위해 많은 연구가 시행되었는데 Thomson-Neal 등(1989)<sup>13)</sup>은 순수 타이타늄 임플란트, 수산화인회석 피복 타이타늄 임플란트와 크리스탈 사파이어 임플란트에 다양한 방법의 표면처리를 시행하였다. 그 결과 금속기구나 초음파기구를 이용한 경우 표면이 불규칙하게 변화한 반면 클로르헥시딘을 사용한 경우와 러버컵을 사용한 경우에는 임플란트의 고유한 표면구조가 거의 변화하지 않았다. Dennison 등(1994)<sup>15)</sup>은 가공처리된 타이타늄 표면, 타이타늄 분사피복 표면, 수산화인회석 피복 표면에 대해서 공기-분말 연마기구의 내독소 제거 효과가 우수하다고 하였으며 특히 가공처리된 타이타늄 표면에서 그 효과가 탁월하다고 하였다. Chariray 등(1997)<sup>35)</sup>은 가공처리된 타이타늄 표면과 타이타늄 분사피복 표면에 공기 분말 연마기구를 5초와 15초간 사용하고 주사전자현미경을 통하여 표면의 변화를 관찰하였는데 5초 후에는 표면변화가 거의 일어나지 않는 반면 15초 후에는 모든 표면이 변형된다고 보고하였다. 한편 Augthun 등(1998)<sup>36)</sup>은 타이타늄 분사피복 표면, 수산화인회석 피복 표면과 평활한 순수 타이타늄 표면에 대하여 플라스틱 큐렛,

금속 큐렛, 다이아몬드 기구, 초음파 기구, 공기분말 연마기구, 0.1% 클로르헥시딘 용액을 적용했는데, 공기분말 연마기구, 클로르헥시딘 및 플라스틱 큐렛을 사용한 경우에 표면의 변화를 거의 보이지 않았다.

이상의 연구들을 보면 임플란트 표면 변화를 야기하지 않는 기계적 방법으로 플라스틱 큐렛과 러버컵을 이용한 방법, 공기분말 연마기구를 이용하는 방법 등을 들 수 있다. 그러나 플라스틱 큐렛과 러버컵을 이용한 방법으로는 골결손부 내부의 임플란트 표면에 기구조작을 한다는 것이 거의 불가능하다. 또한 공기분말 연마기구는 공기전색증 또는 기종을 유발할 수 있고 임플란트 표면의 산화막을 제거하여 부식을 증가시킬 수 있다.

일반적으로 사용되는 화학적 약제에는 구연산, 염산테트라사이클린, 클로르헥시딘, 불화주석 등이 있다. 구연산은 여러 연구에서 우수한 내독소 제거 효과가 입증되었으나<sup>14,15)</sup> 임상적으로 사용시 쉽게 구할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 그리고 클로르헥시딘은 내독소와 결합하려는 성질을 가지고 있고 임플란트 표면에 적용 시 막을 형성하여 재골유착을 방해한다고 하였다<sup>12)</sup>. 아직까지 오염된 임플란트 표면처리에 가장 적절한 방법은 구명되지 않았다. 그리고 Rimondini 등(2000)<sup>37)</sup>은 어떠한 방법으로도 임플란트 표면을 완전히 해독할 수는 없다고 하였다. 또 생리식염수만으로 오염된 임플란트 표면을 문질러 좋은 결과를 얻은 연구도 있다<sup>25)</sup>. 그래서 이번 연구에서는 임플란트 표면의 완전한 해독보다는 고유한 표면구조의 유지에 초점을 맞추어 연구를 설정하였고 기계적 방법에 비해 표면의 변화가 적은 화학적 방법을 선택하였다. 또 여러 화학적 약제 중 치근면 처리에 널리 사용되고 있고 임플란트 주위염 치료시 사용되어 좋은 결과를 얻었으며 임상적으로 사용이 편리한 염산테트라사이클린을 사용하여 임플란트 표면 처리를 시행하였다.

염산테트라사이클린은 치주병원균의 제거에 효과적인 광범위 항생제이며 치면에 강하게 흡착되어 활성형으로 방출되고<sup>38)</sup> 교원질 분해효소 활성을 저해

하며 상피세포의 부착과 하방증식을 방해하며<sup>39)</sup>, 골 이식시 치유를 증진시키는 효과가 있다고 보고되어 왔다<sup>40,41)</sup>. 염산테트라싸이클린이 임플란트 표면에 적용된 예를 보면 Wittrig 등(1992)<sup>42)</sup>은 수산화인회석이 피복된 타이타늄 표면에 염산테트라싸이클린을 적용시 세포성장 및 부착이 증가한다고 하였다. Meffert 등(1992)<sup>18)</sup>은 임플란트주위염 치료시 염산테트라싸이클린을 국소적으로 사용하여 화농성 병원균을 효과적으로 억제하였음을 보고하였다. 이러한 해독작용 후 부가적으로 조직유도재생술을 사용하여 좋은 임상적 결과를 얻었고, Mellonig 등(1995)<sup>43)</sup>은 임플란트 주위 골결손부의 염증조직을 제거하고 염산테트라싸이클린으로 해독한 후 탈회동결건조골과 차폐막을 이용하여 재생술식을 시행한 결과 치주낭의 깊이가 감소하였으며 임상적 부착수준의 증가 및 골결손이 치유되는 결과를 얻었다. Muller 등(1999)<sup>44)</sup>은 염산테트라싸이클린을 3분간 사용하여 임플란트 표면을 해독한 후 골이식재 및 차폐막을 사용한 3가지 임상증례에서 임플란트 주위의 골결손이 소실되었고 탐침깊이가 감소되었다고 하였다.

이번 연구에서는 염산테트라싸이클린의 농도를 50mg/ml로 설정하였는데 이 농도에서 섬유모세포의 화학주성 및 증식이 활발하게 일어난다고 보고된 바 있다<sup>17)</sup>. 50mg/ml보다 짙은 농도는 오히려 정상세포 기능에 해로울 수 있고 세포 이주를 방해한다고 하였다. 치근면 처치에서도 이같은 농도를 적용하는데 치근면 처치의 목적은 해독보다는 탈회이기 때문에 임플란트 표면에도 같은 농도의 염산테트라싸이클린을 적용하는 것은 논란의 여지가 있을 수 있다. 게다가 Zablotzky 등(1992)<sup>14)</sup>에 의하면 염산테트라싸이클린은 50mg/ml의 농도에서 pH 2-3의 약산으로 내독소를 제거하는데는 효과가 떨어진다고 하였다. 그러나 이번 연구에서는 해독 효과에 중점을 두지 않았기 때문에 세포 부착 및 이주에 적절한 농도인 50mg/ml의 염산테트라싸이클린으로 임플란트 표면 처리를 시행하였다. 그리고 적용시간은 2분 30초까지로 하였는데 여러 임상 증례에서 3분 이내로 처치하였기 때문에 임상적 적용 시간을 고려하여 이와 같

이 설정하였다. 또 Mouhyi 등(1998)<sup>45)</sup>은 화학적 약제를 적용시 내독소와 부착하여 남는 경우 치유과정 중 역효과를 일으킬 수 있다고 하였다. 그래서 이번 연구에서는 표면처리 후 1분간 멸균 증류수로 철저히 수세하였다.

치과 임플란트가 보편화됨에 따라 다양한 형태와 표면의 임플란트가 개발되고 있다. 그리고 같은 표면처리 방식이라 하여도 제조사에 따라 표면구조가 다른 것도 있다. 따라서 임플란트 주위염 치료시 각각의 임플란트 표면에 따른 표면처리 방법을 연구하는 것은 중요한 일이라 생각된다. 이번 연구에서는 가공처리된 타이타늄표면, 수산화인회석 피복 표면, 양극 산화 표면에 염산테트라싸이클린을 적용하였다. 김 등(2002)<sup>46)</sup>은 SLA(Sandblasted large grit acid-etched) 표면과 TiO<sub>2</sub> blast 표면에 염산테트라싸이클린으로 표면처리를 시행하였다. 상기 연구와 이번 연구를 종합하면 일반적으로 임상에서 사용되고 있는 임플란트 표면을 대부분 포함한 것이라 할 수 있다. 그러므로 이들 결과는 임상적 적용에 큰 도움이 될 것이라 생각된다.

이번 연구에서는 단순히 임플란트 표면구조의 형태변화를 통해 염산테트라싸이클린의 적용여부를 확인하였다. 다음 연구에서는 좀 더 객관적인 측정법을 통해 임플란트 표면변화를 확인해 보고 수산화인회석 피복 표면의 변화를 적게 할 다른 표면처리 방법을 고안해 보는 것이 필요하리라 생각된다. 또한 앞으로 탈독소화 방법에 따른 세포의 부착정도를 알아보는 생물학적인 조직반응의 연구가 임상적으로 더 의미가 있을 것이라고 생각된다.

## V. 결론

임플란트 식립 후 치태축적이나 외상성교합으로 인해 임플란트 주위염이 발생할 수 있다. 임플란트 주위염이 발생했을 때 임플란트의 구조적 형태 및 표면피복으로 인하여 치주염에 이환된 치아의 처치 처럼 치근면 활택술을 시행하기 어렵다. 따라서 임플란트 표면을 해독하기 위해 화학제가 널리 사용되

고 있다. 이번 연구에서는 염산테트라사이클린을 이용하여 임플란트 표면 처리를 시행한 후 처리 시간에 따른 표면구조의 변화를 관찰하고자 하였다. 가공처리된 타이타늄 표면 임플란트(MS)와 수산화인 회석 피복 표면 임플란트(HAS), 그리고 양극 산화 표면 임플란트(TiS)에 50mg/ml의 염산테트라사이클린 용액을 각각 1/2분, 1분, 11/2분, 2분, 21/2분간 적용하여 표면처리를 시행한 후 적용 시간에 따른 표면변화를 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. MS의 경우 대조군에서 보이는 절삭선이 염산 테트라사이클린을 2분이상 적용한 실험군에서 깊어진 양상을 보이나 전반적으로 실험군은 대조군과 비슷한 표면구조를 보였다.
2. TiS의 경우 실험군은 염산테트라사이클린의 적용시간과는 관계없이 대조군과 전반적으로 비슷한 표면구조를 보였다.
3. HAS의 경우 대조군에서 보였던 불규칙한 표면이 염산테트라사이클린을 1분이하 적용한 실험군에서는 큰변화를 보이지 않았으나 1분 30초이상의 실험군에서는 적용시간에 비례하여 점차 표면이 평탄해지는 양상을 보였다.

이상을 요약하면 MS와 TiS 임플란트의 경우 염산테트라사이클린을 2분 이내로 적용시 시간의 증감에 따른 표면의 변화가 없었으며, HAS 임플란트는 염산테트라사이클린으로 처리 시 표면변화를 최소로 하는 적용시간은 1분 이하였다. 결론적으로 임플란트의 표면해독을 위해 사용되는 염산테트라사이클린의 적용시간은 제작된 표면형태에 따라 다양하게 적용되어야 한다.

## VI. 참고문헌

1. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O, Ohman A. Osseointegrated implants in

the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977;16(Suppl. 1):1-132.

2. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1: 11-25.
3. Meffert RM, Langer B, Fritz ME. Dental implants: A review. *J Periodontol* 1992; 63:859-70.
4. Quirynen M, Naert I, Van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Brånemark system. *Clin Oral Implants Res* 1992;3:104-111.
5. Isidor F. Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:143-152.
6. Mombelli A, Van Oosten MAC, Schürch EJ, Lang NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol* 1987;2:145-151.
7. Hickey JS, O'Neal RB, Scheidt MJ, Strong SL, Yurgeon D, Van Dyke TE. Microbiologic characterization of ligature induced peri-implantitis in the micro-swine model. *J Periodontol* 1991;62: 548-553.
8. Mombelli A, Lang NP. The diagnosis and treatment of peri-implantitis. *Periodontol* 2000 1998; 17:63-76.
9. Roos-Jansaker AM, Renvert S, Egelberg J. Treatment of peri-implant infections: a literature review. *J Clin Periodontol*

2003;6:467-85.

10. Esposito M, Hirsch J, Lekholm U, Thomsen P. Differential diagnosis and treatment strategies for biologic complications and failing oral implants: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;4:473-90.
11. Baron M, Haas R, Dortbudak O, Watzek G. Experimentally induced peri-implantitis: a review of different treatment methods described in the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;4:533-44.
12. Krozer A, Hall J, Ericsson I. Chemical treatment of machined titanium surfaces. An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 1999;3:204-11.
13. Thomson-Neal D, Evans GH, Meffert RM. Effects of various prophylactic treatments on titanium, sapphire, and hydroxyapatite-coated implants: an SEM study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;4:300-11.
14. Zablotzky MH, Diedrich DL, Meffert RM. Detoxification of endotoxin contaminated titanium and hydroxyapatite-coated surfaces utilizing various chemotherapeutic and mechanical modalities. *Implant Dent* 1992;2:154-8.
15. Dennison DK, Huerzeler MB, Quinones C, Caffesse RG. Contaminated implant surfaces: an in vitro comparison of implant surface coating and treatment modalities for decontamination. *J Periodontol* 1994;10:942-8.
16. Dörtbudak O, Haas R, Bernhart T, Mailath-Pokorny G. Lethal photo-sensitization for decontamination of implant surfaces in the treatment of peri-implantitis. *Clin Oral Implants Res* 2001;2:104-8.
17. Somerman MJ, Foster RA, Vorsteg GM, Progebin K, Wynn RL. Effects of minocycline on fibroblast attachment and spreading. *J Periodontal Res* 1988;2:154-9.
18. Meffert RM. How to treat ailing and failing implants. *Implant Dent* 1992;1:25-33.
19. Bell FA, Cavazos EJ, Jones AA, Stewart KL. Four-year experience with the placement, restoration, and maintenance of dental implants by dental students. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:725-731.
20. Artzi Z, Tal H, Chweidan H. Bone regeneration for reintegration in peri-implant destruction. *Compend Contin Educ Dent* 1998;1:17-28.
21. Jovanovic SA, Kenney EB, Carranza EA, Donath K. The regenerative potential of plaque induced peri-implant bone defects treated by a submerged membrane technique: an experimental study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:13-18.
22. Hürzeler MB, Quinones CR, Morrison EC, Caffesse RG. Treatment of peri-implantitis using guided bone regeneration and bone grafts, alone or in combination, in beagle dogs. Part 1: Clinical findings and histologic observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;4:474-84.
23. Hürzeler MB, Quinones CR, Schüpbach P, Morrison EC, Caffesse RG. 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* 1997; 12:168-175.
24. Persson LG, Ericsson I, Berglundh T, Lindhe J. Guided bone regeneration in the treatment of periimplantitis and replacement of implant components. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2001;28:258-263.
  25. Persson LG, Berglundh T, Lindhe J, Sennerby L. Re-osseointegration after treatment of peri-implantitis at different implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2001;6:595-603.
  26. Albrektsson TO, Johansson CB, Sennerby L. Biological aspects of implant dentistry: Osseointegration. *Periodontol 2000* 1994;4:58-73.
  27. Buser D, Schenk RK, Steinemann S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991;7:889-902.
  28. Cochran DL, Schenk RK, Lussi A, Higginbottom FL, Buser D. Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a histometric study in the canine mandible. *J Biomed Mater Res* 1998;1:1-11.
  29. Rimondini L, Fare S, Brambilla E, Felloni A, Consonni C, Brossa F, Carrassi A. The effect of surface roughness on early in vivo plaque colonization on titanium. *J Periodontol* 1997;6:556-62.
  30. Lindhe J, Karring T, Lang NP. Surface topography of titanium implants. *Clinical periodontology and implant dentistry* 2003;4th edition:821-828.
  31. Ong JL, Carnes DL, Bessho K. Evaluation of titanium plasma-sprayed and plasma-sprayed hydroxyapatite implants in vivo. *Biomaterials* 2004;19:4601-6.
  32. Ivanoff CJ, Widmark G, Johansson C, Wennerberg A. Histologic evaluation of bone response to oxidized and turned titanium micro implants in human jawbone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;3:341-8.
  33. Johnson BW. HA-coated dental implants : Long-term consequences. *J Calif Dent Assoc* 1992;6:33-41.
  34. Schou S, Holmstrup P, Jorgensen T, Skovgaard LT, Stoltze K, Hjorting-Hansen E, Wenzel A. Anorganic porous bovine-derived bone mineral(Bio-Oss) & ePTFE membrane in the treatment of peri-implantitis in cynomolgus monkeys. *Clin Oral Implants Res* 2003;5:535-47.
  35. Chairay JP, Boulekbache H, Jean A, Soyer A, 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* 1997; 68:1215-1222.
  36. Augthun M, Tinschert J, Huber A. In vitro studies on the effect of cleaning methods on different implant surfaces. *J Periodontol* 1998;69:857-64.



37. Rimondini L, Cicognani Simoncini F, Carrassi A. Micro-morphometric assessment of titanium plasma-sprayed coating removal using burs for the treatment of peri-implant disease. *Clin Oral Implants Res* 2000;2:129-38.
38. Baker P, Evans R, Coburn R, Genco R. Tetracycline and its derivatives strongly bind to and are released from tooth surface in active form. *J Periodontol* 1983;54(10):580-585.
39. Glaub LM, Lee HM, Lehrer G, Nemiroff A, McNamara TF, Kaplan R, Ramamurthy NS. Minocycline reduces gingival collagenolytic activity during diabetes. *J Periodontal Res* 1983;18:516-526.
40. Al-Ali W, Bissada NF, 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* 1989;60:582-590.
41. Pepelassi EM, Bissada NF, Greenwell H, Farah CF. Doxycycline-tricalcium phosphate composite graft facilitates osseous healing in advanced periodontal furcation defects. *J Periodontol* 1991; 62:106-115.
42. Wittrig EE, Zablotsky MH, Layman R.M., Fibroblastic growth and attachment on hydroxyapatite-coated titanium surfaces following the use of various detoxification modalities. *Implant Dent* 1992;1:189-194.
43. Mellonig JT, Griffiths G, Mathys E, Spitznagel J Jr. Treatment of the failing implant: case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1995;4:384-95.
44. Muller E, González YM, Andreana S. Treatment of peri-implantitis: Longitudinal clinical and microbiological findings - a case report. *Implant Dentistry* 1999;3:247-254.
45. Mouhyi J, Sennerby L, Pireaux JJ, Dourov N, Nammour S, Van Reck J. An XPS and EM evaluation of six chemical and physical techniques for cleaning of contaminated titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 1998;3:185-94.
46. 김우영, 박준봉, 이만섭, 허익. 염산테트라사이클린의 적용시간에 따른 임플란트 표면변화에 관한 주사전자현미경적 연구. *대한치주과학회지* 2002;3:523-532

## 사진 부도 설명( I )

- Figure 1. Control specimen. Pure titanium machined surface following no conditioning( $\times 2,000$ ) exhibits a more or less rough machined surface composed of alternating "positive and negative lines" corresponding to grooves and ridges.
- Figure 2. Test specimen. Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for  $\frac{1}{2}$ min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 3. Test specimen. Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 1min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 4. Test specimen. Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for  $1\frac{1}{2}$ min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 5. Test specimen. Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 2min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 6. Test specimen. Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for  $2\frac{1}{2}$ min( $\times 2,000$ ). After treatment, machining line is more pronounced for the control specimen. But in general, test specimens are similar to control.
- Figure 7. Control specimen. HA surface following no conditioning( $\times 2,000$ ) shows a rather rough and isotropic surface with round particles.
- Figure 8. Test specimen. HA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for  $\frac{1}{2}$ min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 9. Test specimen. HA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 1min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 10. Test specimen. HA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for  $1\frac{1}{2}$ min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 11. Test specimen. HA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 2min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 12. Test specimen. HA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for  $2\frac{1}{2}$ min( $\times 2,000$ ). The irregularity of HA surfaces is lessened and the flattened areas are wider relative to the application time.
- Figure 13. Control specimen. Oxidized surface following no conditioning( $\times 2,000$ ) shows the typical crater-like appearance.
- Figure 14. Test specimen. Oxidized surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for  $\frac{1}{2}$ min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.

## 사진 부도 설명(Ⅱ)

- Figure 15. Test specimen. Oxidized surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 1min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 16. Test specimen. Oxidized surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 1½min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 17. Test specimen. Oxidized surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 2min( $\times 2,000$ ). Note no remarkable change.
- Figure 18. Test specimen. Oxidized surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline-HCl for 2½min( $\times 2,000$ ). Irrespective of the application time of tetracycline-HCl solution, in general, test specimens are similar to control specimen.

## 사진부도( I )

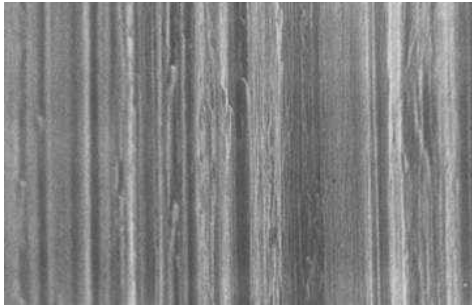


Figure 1.

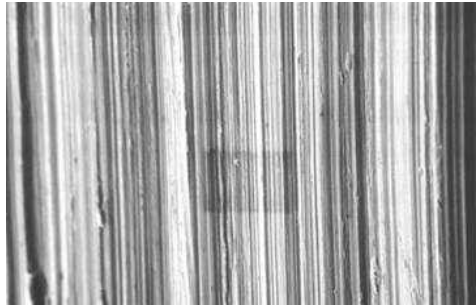


Figure 2.



Figure 3.

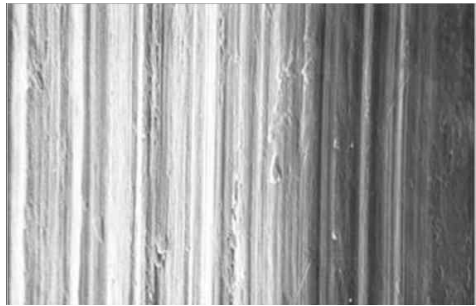


Figure 4.

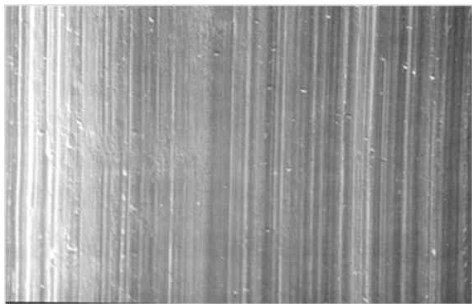


Figure 5.

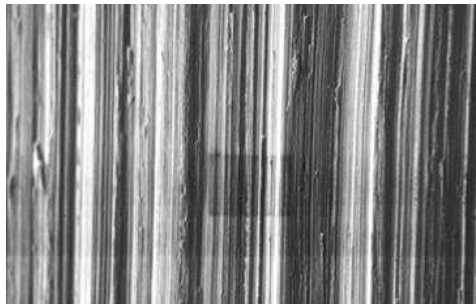


Figure 6.

## 사진부도(Ⅱ)

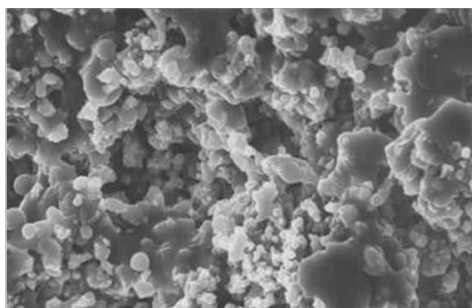


Figure 7.

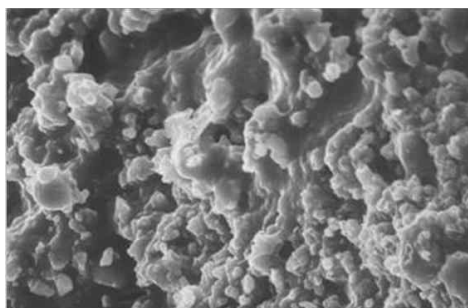


Figure 8.

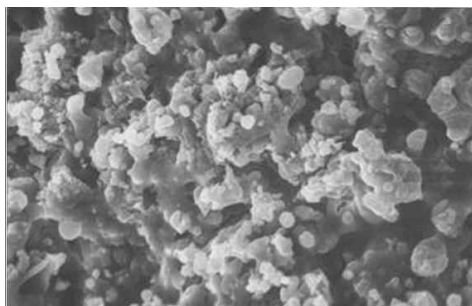


Figure 9.

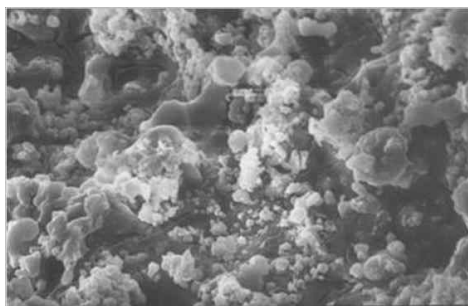


Figure 10.

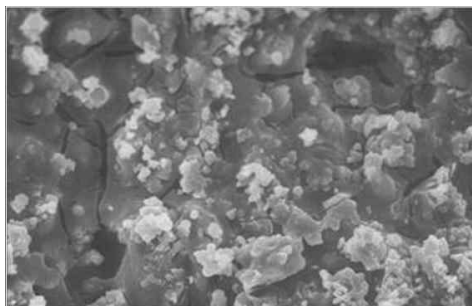


Figure 11.

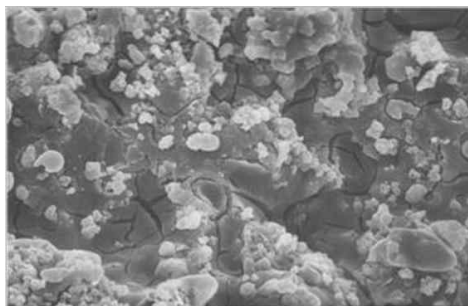


Figure 12.

### 사진부도(Ⅲ)

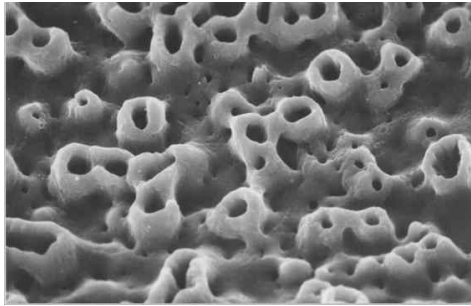


Figure 13.

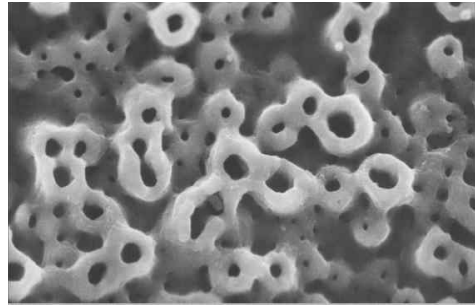


Figure 14.

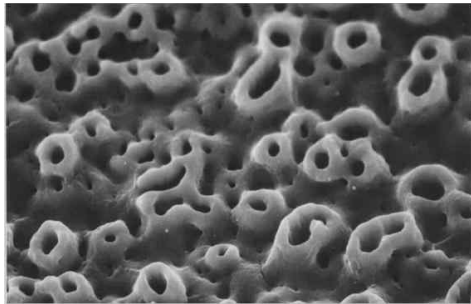


Figure 15.

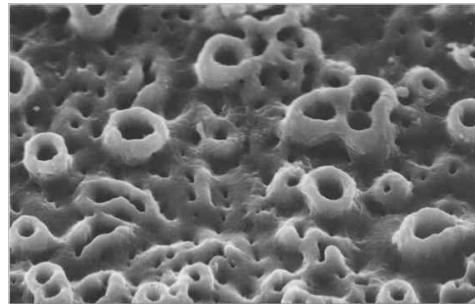


Figure 16.

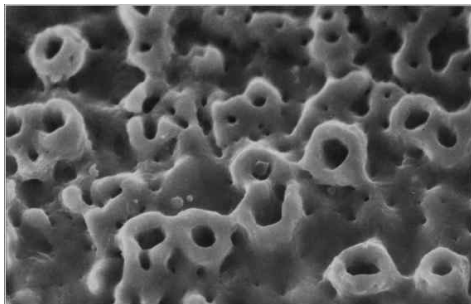


Figure 17.

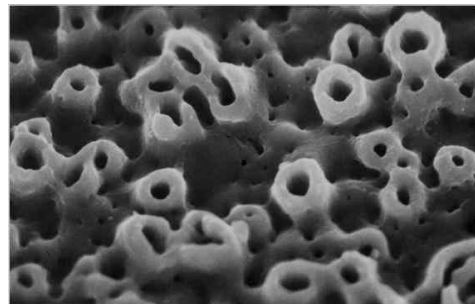


Figure 18.

# Micromorphometric change of implant surface conditioned with tetracycline-HCl : HA and oxidized surface

Sang-Ho An · Joon-Bong Park · Young-Hyuk Kwon  
Yeek Herr · Jong-Hyuk Chung

Department of Periodontology, Kyung Hee University, Seoul, Korea

The present study was performed to evaluate the effect of tetracycline-HCL on the change of implant surface microstructure according to application time. Implant with pure titanium machined surface, HA-coated surface and TiUnite™ surface were utilized. Implant surface was rubbed with 50mg/ml tetracycline-HCL solution for ½min., 1min., 1½min., 2min., and 2½min. respectively in the test group. Then, specimens were processed for scanning electron microscopic observation.

The results of this study were as follows.

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 HA-coated surfaces, round particles were deposited irregularly. The roughness of surfaces conditioned with tetracycline-HCL was lessened and the cracks were increased relative to the application time.
3. The anodic oxidized surfaces showed the craterous structures. The surface conditioning with tetracycline-HCL didn't influence on its micro-morphology.

In conclusion, the detoxification with 50mg/ml tetracycline-HCL must be applied respectively with different time according to various implant surfaces.

---

**Key words** : micromorphometric change, tetracycline-HCL, HA and oxidized surface