

# 염산테트라사이클린의 적용시간에 따른 임플란트 표면변화에 관한 주사전자현미경적 연구

김우영 · 이만섭 · 박준봉 · 허익

경희대학교 치과대학 치주과학교실

## I. 서론

임플란트에 의한 수복은 지난 30여년간 재료의 생물학적 적합성과 교합력의 적정분산성에 대한 연구 및 임상적 연구를 바탕으로 현재 과학적으로 증명된 치과치료의 한부분이 되었다. 치과 임플란트 수복은 단일치아가 상실된 경우를 비롯하여 부분 및 완전 무치악의 경우까지 확대되었고, 외과적 수술과의 접목으로 거의 대부분의 증례를 고정성 보철물로 회복할 수 있게 되었다. 치과 임플란트는 타이타늄이 연조직의 개재없이 경조직인 골과 직접 접촉하여 치유된다는 골유착의 개념<sup>1,2)</sup>하에 성공적으로 임상에 적용되었으며 현재는 더욱 신속한 골과 임플란트간의 치유 및 골유착을 유도하기 위하여 임플란트 표면회복에 대한 연구와 개발이 진행되고 있다.

임플란트가 많은 임상외들에 의해 시술되고 일반적인 치료법으로 보편화됨에 따라 성공적인 임플란트 식립 및 기능여부와 함께 임플란트주위염 치료에 대한 문제가 대두되어 왔다. 이러한 임플란트주위염의 원인은 크게 세균에 의한 감염<sup>3, 4)</sup>과 과도한 교합력의 적용<sup>5, 6)</sup>으로 생각할 수 있다. 세균과 내독소에 의해 임플란트 표면이 오염되면 인접 연조직의 염증으로부터 시작되어 임플란트 주위의 골조직으로 파급되고, 골과피가 심한 경우 임플란트의 동요를 초래하게 된다. 또한 Isidor (1997)<sup>7)</sup>에 의하면 과도한 교

합력이 가해질 경우 주변골의 미세파절이 발생하게 되어 임플란트의 실패를 야기하게 된다고 하였다.

임플란트주위염과 관련하여 임플란트의 임상상태를 3가지로 구분할 수 있다<sup>8)</sup>. 비활성염증 임플란트(ailing implant), 진행성염증 임플란트(failing implant), 및 비기능성 임플란트(failed implant)이며, 이 3가지상태 중 비활성염증 임플란트 및 진행성염증 임플란트는 치료될 수 있으나 비기능성 임플란트는 기능이 불가능하고 계속적인 골소실을 야기하므로 제거해야 한다<sup>9)</sup>고 하였다.

임플란트주위염의 치료의 목적은 탐침깊이를 감소시키고 궁극적으로는 임플란트 표면에 골재생을 촉진시켜 재골유착을 유도하는 것으로 임플란트 주위염 발생 시 진단 후 원인을 알아내고 적절한 치료방법을 시행하여 임플란트를 안정된 상태로 회복시키는 것이 중요하다. 여기에 비외과적 술식, 절제술식 및 재생술식을 적용할 수 있다<sup>10)</sup>. 이때 표면처리의 문제가 가장 중요하다고 볼 수 있다. Meffert (1992)<sup>8)</sup>와 Parham등(1989)<sup>12)</sup>에 의하면 임플란트주위염이 생기면 임플란트 표면은 점차 구강내로 노출되고 세균 및 내독소로 피복된다. 내독소가 잔존하는 한 생리적인 치유 및 재생을 도모하기 어렵기 때문에 최대의 골유착을 얻기 위해서는 골아세포의 부착을 방해하는 세균의 내독소를 제거하여 주위 연조직과 경조직이 생리적으로 적합될 수 있는 표면상태

로 만들어 주어야 한다. Parham등(1989)<sup>12)</sup>과 Bowers등(1992)<sup>13)</sup>에 의하면 특히 골유착을 높이기 위해서 고안된 거친 표면의 임플란트는 병적인 골소실이 발생하여 매식체가 구강내 세균에 노출된 경우에 그 거친 표면으로 인하여 치태침착이 가속화되며 결체조직에 의한 치유보다는 탐식세포를 유도해 염증을 유발한다고 하였다.

치과임플란트의 치은연하세균총은 자연치의 치은연하세균총과 매우 유사하다<sup>14)</sup>. 따라서 치주병인균을 제거하는 전통적인 치료방법이 임플란트 표면의 내독소를 제거하는데 사용되어 왔다. 임플란트표면 처리는 크게 금속 큐렛, 타이타늄 큐렛, 플라스틱 큐렛, 초음파기구<sup>15)</sup> 및 공기-분말 연마기구(air-powder abrasive system)<sup>12, 16-18)</sup>를 이용하는 기계적인 방법과 클로르헥시딘<sup>19)</sup>, 불화주석<sup>20)</sup>, 구연산<sup>8, 21)</sup> 등의 약제 및 테트라사이클린<sup>9, 11, 22)</sup>, 메트로니다졸<sup>19)</sup> 등의 항생제를 이용하는 화학적인 방법이 있다.

표면피복이 되어있는 임플란트의 경우, 제시한 방법 중 기계적인 방법만으로는 완벽하게 표면의 세균과 그 부산물을 제거하기가 어렵고 골유착을 증진시키기 위해 특별히 고안된 고유표면피복의 변화를 초래할 수 있다. 따라서 화학적인 방법을 병행하여 고유의 임플란트 표면구조를 최대한 보존하면서 효과적으로 해독하는 것이 표면처리의 관건이 된다. 본 연구는 임플란트표면에 염산테트라사이클린을 적용한 후 처리시간에 따른 표면의 미세구조변화를 관찰하여 임플란트주위염 치료시 염산테트라사이클린의 효과적인 적용시간을 알아보고자 한다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구 재료

직경 4.0mm, 길이 11.5mm인 Pure titanium machined surface implant (Brånemark MKIII®, Nobel Biocare AB, Göthenburg, Sweden), 직경 4.1mm, 길이 10mm인 SLA(Sandblasted, large grit, Acid-etched)surface implant (ITI®, Straumann AG, Waldenburg, Switzerland)와 직경 4.0mm, 길이

13mm인 TiO<sub>2</sub>-blasted surface implant (Astra TiOblast®, ASTRA Tech AB, Mölndal, Sweden)를 사용하였으며, 임플란트 표면처리를 위해 염산테트라사이클린을 멸균증류수에 녹여 50mg/ml의 농도로 만들어 사용하였다.

### 2. 연구 방법

Pure titanium machined surface implant, SLA surface implant와 TiO<sub>2</sub>-blasted surface implant를 각각 접착제를 이용하여 시료대 위에 고정하고, 표면처리를 시행치 않은 것을 대조군으로 설정하였고, 실험군은 50mg/ml 농도의 염산테트라사이클린 용액에 적신 스폰지로 각각 ½분, 1분, 1½분, 2분, 3분간 문질러 표면처리를 시행하였다. 이때 매 30초마다 새로운 스폰지로 교환해 주었다. 임플란트의 표면처리가 끝나면 1분간 멸균증류수로 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 시행치 않은 대조군에서는 일정한 방향으로 평행하게 주행하고 있는 얇은 골과 융선을 보였다. 이것은 임플란트 가공 시 형성된 선(machining line)으로 보인다(Figure 1).

#### 2) 실험군

대조군에서 보이는 임플란트 가공 시 형성된 선(machining line)이 염산테트라사이클린을 2분 이상 적용한 실험군에서 좀 더 깊어진 양상을 보이나 실험군은 전반적으로 대조군과 비슷한 표면구조를 보

였다(Figure 2-6).

## 2. Sandblasted, large grit, Acidetched surface (SLA surface)

### 1) 대조군

SLA는 Macro 와 Micro, 두가지의 미세한 표면구조를 지녔다. sand-blast에 의해 형성된 Macro의 거친 표면은 골과의 이상적인 안정성을 획득할 수 있으며 산 에칭에 의해 형성된 Micro의 거친 표면은 세포활성을 촉진시킬 수 있는 구조이다. 골과 임플란트간의 접촉을 촉진시킴으로서 제거 Torque가 증가되어 기능적인 부하가 획기적으로 빨라졌다(Figure 7).

### 2) 실험군

실험군은 염산테트라싸이클린의 적용시간과는 관계없이 대조군과 전반적으로 비슷한 표면구조를 보였다(Figure 8-12).

## 3. TiO<sub>2</sub>-blasted surface

### 1) 대조군

TiO<sub>2</sub>입자로 blasting하여 1-5  $\mu\text{m}$  크기의 불규칙한 표면을 보였다(Figure 13).

### 2) 실험군

대조군에서 보였던 불규칙한 표면이 염산테트라싸이클린을 1분이하 적용한 실험군에서는 큰 변화를 보이지 않았으나 1분 30초이상의 실험군에서는 적용시간에 비례하여 점차 평탄해지는 양상을 보였다(Figure 14-18).

## IV. 총괄 및 고찰

치근형 임플란트가 상실된 자연치를 대체하는데 유용함은 임상적으로 증명되어 왔다. 임플란트도 자연치와 마찬가지로 임플란트 주위염이 발생할 수 있으나 임플란트의 결합조직은 치아와 달리 임플란트의 장축과 평행하게 주행하기에 염증의 파괴가 빨리

진행되어 임플란트주위조직이 보다 급속도로 파괴된다. 치주염과 임플란트주위염의 골파괴양상과 염증을 유발하는 세균이 비슷하지만 자연치의 경우 질환의 원인이 되는 세균과 세균부산물을 제거하기 위해 치근활택술을 시행할 수 있는 반면, 임플란트의 경우에는 그 고유의 피복표면이 변화하면 재골유착이 일어날 확률이 적어지기 때문에 시행할 수 없다. 그래서 임플란트주위염을 치료할 경우 그 표면처리의 문제가 중요하게 대두되고 있다.

이번 연구에서는 여러 가지 표면처리 방법 중 염산테트라싸이클린을 이용하였고 임플란트의 표면처리의 1세대라 할 수 있는 가공처리된 타이타늄표면을 실험1군으로 정하였다. 대표적인 시스템은 Brånemark® MK III, IV 시리즈이다. 가공처리된 타이타늄표면(Machined surface)은 절삭날과 타이타늄의 강도에 따라 표면의 거칠기가 결정되는데 평균거칠기는 0.53-0.96  $\mu\text{m}$ 을 보인다<sup>23)</sup>. 2세대 표면의 특성이 외부에서 입자를 녹여 붙이는 방식이라면 3세대는 타이타늄고정체에 흡집(subtraction)을 내어 거칠기를 형성하는 방식이다. 흡집을 내어 거칠기를 형성하는 방식이 외부에서 입자를 녹여 붙이는 방식보다 기술적으로 더 쉽고 표면의 거칠기를 조절하고 보다 일정한 거칠기로 만들 수 있다. 가장 일반적으로 사용되는 방법은 sandblasting이며 일반적으로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>입자로 시행한다<sup>24)</sup>. 가공처리된 타이타늄의 2-5nm의 최상층표면은 산소와 결합하여 산화막 즉 타이타늄 다이옥사이드층을 형성하는데 이러한 산화막은 골형성에 유리하며 항염증성도 갖고 있다. TiO<sub>2</sub> 입자로 blasting 처리한 표면은 고정체 상부까지 표면처리되어 있어 주변골상실을 방지하며 타 시스템에 비하여 골 흡수율이 적다. 5년 임상관찰 결과 0.48mm의 골 흡수를 보였다. 대표적인 시스템은 Astra사(社)의 TiOblast®임플란트이다<sup>25)</sup>. SLA 표면을 실험2군으로, TiO<sub>2</sub>blasted 표면을 실험3군으로 정하였다.

임플란트주위염으로 인해 병적인 골소실이 발생하면 임플란트 매식체는 구강내 노출되는데 이 경우 노출된 피복 표면은 순수 타이타늄 매식체보다 높은 표면조도를 보이므로 치태와 세균의 침착이 가속화

되고 결과적으로 염증의 유발이 가속화 된다<sup>12, 13)</sup>. 그러므로 구강내 노출된 임플란트를 건강한 상태로 유지하기 위해서는 주위 연조직, 경조직에 생리적으로 적합한 표면상태를 만들어 주어야 하는데, 이를 위해 노출된 임플란트 표면의 피복층을 제거하여 평활하게 하고 주변의 치주낭 및 염증조직을 제거하는 절제술식을 시행하거나 결손부의 임플란트 표면을 해독시킨 후 골이식을 시행함으로써 재생을 도모하는 방법을 고려할 수 있다. 이번 연구에서 시행한 염산테트라사이클린을 이용한 표면처리는 절제술식 및 재생술식을 통해 임플란트주위염을 치료할 때 시행되어야 하는 일련의 과정이며 궁극적인 목적은 임플란트주위조직의 재생에 있기에 실제 임상에 적용할 때 임플란트의 고유의 표면피복과 구조적 특성이 변화되지 않으면서 표면의 세균과 독소가 제거되도록 시행하는 것이 관건이라고 할 수 있다.

그동안 많은 연구와 보고를 통해 임플란트 표면처리에 대한 여러가지 방법들이 제시되어 왔다. 일반적으로 클로르헥시딘, 불화주석, 구연산, 테트라사이클린 등의 화학약제가 많이 사용되어 왔는데 그중 테트라사이클린은 치주병원균의 제거에 효과적인 광범위 항생제이며<sup>26)</sup> 치면에 강하게 흡착되어 활성형으로 방출되고<sup>27)</sup> 교원질 분해효소 활성을 저해하며<sup>28)</sup> 상피세포의 부착과 하방증식을 방해하며, 골조직 이식시 치유를 증진시키는 효과가 있다고 보고되어 왔다<sup>29, 30)</sup>. 임플란트 표면처리에 염산테트라사이클린과 함께 널리 사용되어 온 구연산은 수산화인회석 피복 타이타늄 표면에는 우수한 효과를 나타내지만, Meffert(1992)<sup>8)</sup>는 수산화인회석피복타이타늄을 제외한 타이타늄 표면을 해독하는데 염산테트라사이클린이 효과적인 반면 구연산의 사용은 해독작용과 더불어 광범위한 탈회가 일어나기 때문에 부적합하다고 하였다. 여러 가지 표면처리를 하는 방법 중 공기-분말연마기구는 오염된 표면에 대한 접근은 용이하나 공기를 사용하기 때문에 공기색전증(air embolism)의 위험성이 있고<sup>31)</sup>, 임플란트표면의 산화막을 제거할 수 있으며 부식을 증가시킬 수 있기에 사용에 주의를 기울여야 한다<sup>32, 33)</sup>. 큐렛등 기구를 이용한 기계적인 치태조절은 기구의 크기로 인해 임플

란트의 나사의 안쪽까지 닿지 못하기에 치태제거가 부분적으로만 이루어진다<sup>34)</sup>. 클로르헥시딘은 치태의 부착을 막을 수 있으나 이미 존재하는 치태를 깨끗하게 제거하지는 못하며 표면에서 내독소를 제거하기 보다는 표면으로 퍼지게 하기 때문에 탈독소화하는 효과가 떨어진다고<sup>21, 34, 35)</sup> 보고되어 왔다. 결과적으로 제시되어 온 여러 방법 중 어떤 한가지가 효과적이라고 결정된 것은 없으며, 분명한 것은 초음파 기구나 금속기구를 사용하여 물리적인 힘을 가하여 표면처리를 하였을 경우에는 임플란트의 표면피복을 변화시킨다는 문제점이 있었다. 따라서, 이번 연구에서는 기계적인 기구조작에 비하여 표면변화가 적은 화학약제를 이용하기로 하였고 타이타늄 표면에 적합한 것으로 알려진 염산테트라사이클린을 이용하여 표면처리를 시행하였다.

순수 타이타늄 표면이나 타이타늄 분사피복 표면으로 구성된 임플란트에 주위염이 발생하였을 때 염산테트라사이클린을 사용하여 오염된 표면을 해독한 후 재생술식을 시행하여 임상적으로 좋은 결과를 얻은 보고들<sup>9, 11, 22, 36)</sup>이 있는데 이것이 염산테트라사이클린을 이용한 임플란트 표면처리의 근거가 될 수 있다. Meffert등(1992)<sup>11)</sup>은 임플란트주위염 치료시 염산테트라사이클린을 국소적으로 사용하여 화농성 병원균을 효과적으로 억제하였음을 보고하였다. 이러한 해독작용 후 부가적으로 조직유도재생술을 사용하여 좋은 임상적 결과를 얻었고, O' Neal등(1992)<sup>36)</sup>은 육아조직과 임플란트 표면의 세균독소를 제거한 후 골조직유도재생술 시행을 제안하였다. Meffert등(1992)<sup>11)</sup>은 수산화인회석피복임플란트를 표면피복을 모두 제거하고 염산테트라사이클린을 약 2-3분간 표면에 도포하여 탈독소화한 후 비흡수성 수산화인회석이나 탈회동결건조골을 이식하는 방법을 제시하였다. 표면이 완벽하게 깨끗이 제거되지 않았을 경우에는 비흡수성수산화인회석 이식재의 사용을 권장하며 이때 이식재는 결손부를 물리적으로 채우는 역할을 하며 이로 인해 치주낭 깊이가 감소될 수 있다고 하였다. Muller등(1999)<sup>22)</sup>은 염산테트라사이클린을 3분간 사용하여 임플란트 표면을 해독한 후 골이식제 및 차폐막을 사용한 3가지 임상

증례에서 임플란트 주위의 골결손이 소실되었고 탐침깊이가 감소되었다고 하였다. Mellonig등(1995)<sup>9)</sup>은 세균과 교합외상등의 가역적인 원인으로 인하여 임플란트 주위염이 발생한 경우 재생술식으로 치료한 임상증례를 보고하였다. 여기에서 결손부의 염증조직을 제거하고 염산테트라사이클린으로 해독한 후 탈회동결건조골과 차폐막을 이용하여 재생술식을 시행한 결과 치주낭의 깊이가 감소하였으며 임상적 부착수준의 증가 및 골결손이 치유되는 결과를 얻었다. 이때 오염된 임플란트 표면을 해독하기 위해 염산테트라사이클린을 50mg/ml의 농도로 3분간 적용하였다. Bouchard등(1997)<sup>35)</sup>에 의하면 치근에 염산테트라사이클린을 사용시 주 요점은 용액의 농도, 시간, 적용방법 등이며 표면변화는 농도보다는 적용시간에 직접적으로 관련이 있다고 하였다. 치근의 상아질 속으로 용액의 침투는 시간에 의존하며 염산테트라사이클린의 최대 적용시간은 5분 이었다. 약제의 항균효과를 얻기 위한 적용방법은 약간의 힘을 가지고 문지르는 것이 세척하는 것보다 효과가 있다고 하였다. Ericsson(1996)<sup>37)</sup>등은 5마리의 개에 임플란트를 식립 후 실험적으로 임플란트 주위염을 유발시킨 후 3주간 전신적인 항생제를 투여 후 절제수술을 시행하였다 4개월 후 조직검사 시 재골유착이 일어나지 않았다. 전신적인 항생제 투여만으로는 염증제거가 되지 않으며 기계적인 치태조절이 병행되어야 함을 보고하였다. 이번 연구에서는 염산테트라사이클린의 농도를 50mg/ml로 설정하였는데 이 농도에서 섬유모세포의 화학주성 및 증식이 활발하게 일어난다고 보고된 바 있다<sup>38)</sup>. 50mg/ml보다 짙은 농도는 불필요하고 오히려 정상세포기능에 해로울 수 있다고 하였다. 상기 연구논문 등을 근거로 문지르는 방법을 사용하였고 임상적으로 가능한 시간인 3분 이내로 적용하였다.

반면에, Zablotzky<sup>39)</sup>등에 의하면 염산테트라사이클린은 50mg/ml의 농도에서 pH 2-3의 칼슘과 결합하는 약산으로 내독소를 제거하는데는 효과가 떨어진다고 하였다. 염산테트라사이클린은 잔존 수산화인회석의 두께나 결정에는 영향을 미치지 않으나 피복표면의 Ca/P 비율의 변화를 초래한다고 하였다. 염

산테트라사이클린이 수산화인회석 피복임플란트의 탈독소화 약제로는 적당치 않다고 하였다. 그래서 진행성 염증으로 수산화인회석피복이 오염되어 있는 경우에는 표면피복을 모두 제거한 후에 염산테트라사이클린을 적용할 수 있고 수산화인회석피복이 비교적 건전하다면 구연산(pH1, 40%농도)을 적용하는 것이 적절하다고 할 수 있다.

탈독소화하기 위해 임플란트표면처리를 시행한 많은 연구논문들을 살펴보면 Thomson-Neal 등(1989)<sup>15)</sup>은 상용화되고 있는 순수 타이타늄(pure titanium), 타이타늄 합금(titanium alloy), 수산화인회석피복타이타늄(hydroxyapatite-coated titanium) 임플란트에 여러가지 유지치료 방법을 시도해 보았다. 결과적으로 금속이나 초음파기구를 사용하였을 때 표면이 불규칙하게 패인 반면, 항균제를 사용한 경우 및 러버컵과 미세한 연마제를 사용하여 표면활택을 시행한 경우에는 임플란트의 고유한 표면구조에서 거의 변화가 없었음을 보고하였다. Augthun 등(1998)<sup>34)</sup>은 타이타늄 분사피복 표면, 수산화인회석 피복표면, 평활한 타이타늄 표면(smooth titanium surface)의 3가지 표면구조의 임플란트에 대하여 기계적 기구 및 화학제 사용에 대한 효용성을 평가하였다. 플라스틱 큐렛, 금속 큐렛, 초음파 기구, 공기-분말연마기구(air-powder abrasive system), 0.1% 클로르헥시딘 용액을 각각의 임플란트에 적용시킨 결과 공기-분말 연마기구, 클로르헥시딘 및 플라스틱 큐렛을 사용한 경우에 순수 타이타늄 표면과 타이타늄 분사피복 표면의 변화를 거의 보이지 않았다. 아울러 해독효과 및 섬유아세포의 부착정도를 평가하였는데 이중 공기-분말 연마기구를 사용한 경우에 표면에 대한 위해정도가 낮으면서 가장 효과적인 방법인 것으로 나타났다. 한편, Chairay등(1997)<sup>18)</sup>은 가공처리된 타이타늄 표면과 타이타늄 분사피복 표면에 공기-분말 연마기구를 5초와 15간 사용한 후 표면변화의 차이를 주사전자현미경을 통하여 관찰하였다. 그 결과 5초 후에는 거의 변화가 나타나지 않았으나 15초 후에는 모든 표면이 변형되었다고 보고하였다. Dennison등(1994)<sup>21)</sup>은 가공처리된 타이타늄 표면의 경우에는 사용된 탈독소화하는 방법 즉

공기-분말 연마기구, 물, 클로르헥시딘이 동일한 효과를 나타내어 가장 쉽게 탈독소화되었고, 또한 공기-분말 연마기구가 임플란트표면을 탈독소화하는데 가장 효과가 우수했음을 보고하였다. 여기에서 우리는 세균 및 세균부산물물을 제거하는 적절한 방법을 결정하는데 있어 탈독소화하는 방법뿐만 아니라 임플란트의 고유한 표면특성 및 피복이 중요하다는 것을 알 수 있었다.

여러 임플란트는 그 표면특성 및 표면피복의 차이와 무관하게 골유착을 이룰 수 있는 능력을 가지고 있지만 이러한 표면구조의 차이가 세포의 부착과 골과 임플란트의 접촉면에 영향을 미칠 수 있다고 알려져 왔다<sup>26,27)</sup>. 즉 임플란트와 골의 계면에서의 골형성의 메카니즘은 세포부착, 성장, 분화, 골기질의 침착 같은 순서로 진행되는데 몇몇 연구에서 표면거칠기가 세포활성에 주요한 효과가 있음을 증명해왔다<sup>13,23)</sup>. Brånemark 등(1977)<sup>1)</sup>과 Chairay 등(1997)<sup>18)</sup>은 임플란트주위염을 치료하기 위한 수술과정 중 발생한 표면변화는 골유착에 영향을 줄 수 있다고 하였는데 임플란트의 고유한 표면특성은 광화된 조직내에서 유지력을 증진시키므로 수술과정 중에 발생한 조직잔사가 표면에 잔존해 있거나 표면이 편평해지면 골과 유착될 계면이 변형되어 골유착에 방해가 되는 결과를 얻는다고 하였다. Cooper 등(1999)<sup>23)</sup>은 가공처리된 타이타늄 표면, 산화타이타늄 분사처리 표면(titanium oxide grit-blasted surface), 타이타늄 분사피복 표면의 3가지 형태의 임플란트를 가지고 골아세포 배양실험을 시행하여 임플란트의 표면구조에 따라 골아세포의 세포간질내 단백질의 표현되는 양과 광화되는 양이 달라진다는 것을 보고하였다. 이 실험에서는 타이타늄분사피복표면이 타 표면에 비해 골아세포의 세포간질내 단백질의 양이 적고 광화되는 양이 적음을 보고하였다.

이상의 연구 등을 고찰해 볼 때 임플란트 주위염 치료시 가장 고유표면피복의 변화가 없는 처리 방법의 선택뿐만 아니라 표면피복의 특성 또한 중요함을 알 수 있었다. 이번 연구에서 가공처리된 타이타늄 표면과 SLA표면은 염산테트라싸이클린을 3분 이내 적용시 적용시간의 증감에 따른 표면변화를 보이지

않았고, TiO<sub>2</sub>blasted 표면은 1분 이내 적용시에 표면변화를 보이지 않았다. 다음 연구에서는 표면변화를 보이지 않은 적용시간의 해독효과에 대한 고찰과 TiO<sub>2</sub>blasted 표면의 변화를 적게 할 다른 표면처리 방법을 고안해 보는 것이 필요하리라 생각된다. 또한 앞으로 탈독소화 방법에 따른 세포의 부착정도를 알아보는 생물학적인 조직반응의 연구가 임상적으로 더욱 의미가 있을 것이라고 사료된다.

## V. 결론

임플란트식립후 치태축적이나 외상성교합으로 인해 임플란트주위염이 발생할 수 있다. 임플란트주위염이 발생했을 때 임플란트의 구조적 형태 및 표면피복으로 인하여 치주염에 이환된 치아의 처치처럼 치근면 활택술을 시행하기 어렵다. 따라서 임플란트 표면을 해독하기 위해 화학제가 널리 사용되고 있다. 이번 연구에서는 염산테트라싸이클린을 이용해서 임플란트 표면 처리를 시행한 후 처리 시간에 따른 표면구조의 변화를 관찰하고자 하였다. Pure titanium machined surface implant, SLA surface implant 및 TiO<sub>2</sub>blasted surface implant에 50mg/ml의 염산테트라싸이클린 용액을 각각 1/2분, 1분, 1 1/2분, 2분, 3분간 적용하여 표면처리를 시행한 후 적용 시간에 따른 표면변화를 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Pure titanium machined surface의 경우 대조군에서 보이는 machining line이 염산테트라싸이클린을 2분이상 적용한 실험군에서 깊어진 양상을 보이거나 전반적으로 실험군은 대조군과 비슷한 표면구조를 보였다.
2. SLA surface의 경우 대조군은 sandblasting에 의해 형성된 macro roughness와 acid-etching에 의해 형성된 micro roughness의 미세한 표면구조를 지녔다.
3. SLA surface의 경우 실험군은 염산테트라싸이클린의 적용시간과는 관계없이 대조군과 전반적으로 비슷한 표면구조를 보였다.

4. TiO<sub>2</sub>blasted surface의 경우 대조군에서 보였던 불규칙한 표면이 염산테트라싸이클린을 1분이하 적용한 실험군에서는 큰변화를 보이지 않았으나 1분30초이상의 실험군에서는 적용시간에 비례하여 점차 표면이 평탄해지는 양상을 보였다.

이상을 요약하면 Pure titanium machined surface와 SLA surface는 염산테트라싸이클린을 3분 이내로 적용시 시간의 증감에 따른 표면의 변화가 없었으며, TiO<sub>2</sub>blasted surface를 염산테트라싸이클린으로 처리시 표면변화를 최소화 하는 적용시간은 1분이하였다. 이를 임플란트주위염 치료시 재생술식에 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

## VI. 참고문헌

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. Schroeder, A., Van der Zypen, E., Stich, H. and Sutter, F. : The reaction of bone, connective tissue and epithelium to endosteal implants with sprayed titanium surfaces. J. Maxillofac. Surg., 9:15-25, 1981.
3. 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.
4. Hickey, J.S., O'Neal, R.B., Scheidt, M.J., Strong, S.L., Yurgeon, D. and Van Dyke, T.E. : Microbiologic characterization of ligature-induced peri-implantitis in the microswine model. J. Periodontol., 62(9): 548-553, 1991.
5. 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 Implants Res., 3:104-111, 1992.
6. Isidor, F. : Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. Clin. Oral Implants Res., 7:143-152, 1996.
7. Isidor, F. :Clinical probing and radiographic assessment in relation to the histologic bone level at oral implants in monkeys. Clin. Oral. Impl. Res., 8(4) : 255-264, 1997.
8. Meffert, R.M. : How to Treat Ailing and Failing Implants. Implant Dentistry, 1:25-33, 1992.
9. 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.
10. Mombelli, A. and Lang, N.P. : The diagnosis and treatment of peri-implantitis. Periodontol. 2000, 63-76, 1998.
11. Meffert, R.M., Langer, B. and Fritz, M.E. : Dental Implants : A Review. J. Periodontol., 63:859-870, 1992.
12. Parham, P.L., Cobb, C.M., French, A.A., Love, J.W., Drisko, C.L. and Killoy, 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.
13. Bowers, K.T. and Keller, J.C. : Optimization of surface micromorphology for enhanced osteoblast In vitro. Int. J. Oral Maxillofac. Implants, 7:302- 310, 1992.
14. Meffert, R.M. : Periodontitis vs. peri-implantitis : The same disease? The same treatment? Crit Rev Oral Biol Med 7(3):278-291, 1996.
15. 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.
16. Hürzeler, M.B., Quinones, C.R., 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 I : clinical findings and histologic observations. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 10:474-484, 1995.
  17. 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.
  18. Chairay, J.P., Boulekbache, H., Jean, A., Soyer, 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.
  19. 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 Implants Res.*, 10 (2):111-119, 1999.
  20. Wielder, R., Newman, H. and Strahan, J. : Stannous fluoride and subgingival chlorhexidine irrigation in the control of plaque and chronic periodontitis. *J. Clin. Periodontol.*, 110:172-181, 1983.
  21. Dennison, D.K., Hürzeler, 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.
  22. Muller, E., Gonzalíz, Y.M. and Andreana, S. : Treatment of peri-implantitis : Longitudinal clinical and microbiological findings - A case report, *Implant Dentistry*, 8(3):247-254, 1999.
  23. Cooper, L.F., Masuda, T., Whitson, S.W., Yliheikkilä, P. and Felton, D.A. : Formation of mineralizing osteoblast cultures on machined, titanium oxide grit-blasted and plasma-sprayed titanium surfaces. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 14:37- 47, 1999.
  24. Gotfredsen, K., Wennerberg, A., Johansson, C., Skovgaard, L.T. and Hjørting-Hansen, E. : Anchorage of TiO<sub>2</sub>blasted, HA-coated, and machined implants : An experimental study with rabbits. *J. Biomed. Mater. Res.*, 29:1223-1231, 1995.
  25. Makkonen T.A., Holmberg S., Niemi L., Olsson C., Tammissalo T. and Peltola J. : A 5-year prospective clinical study of Astra Tech dental implants supporting fixed bridges or overdentures in the edentulous mandible. *Clin. Oral. Impl. Res.*, 8:1-7, 1997.
  26. Genco, R.J. : Antibiotics in the treatment of human periodontal disease. *J. Periodontol.*, 52: 545-558, 1981.
  27. Baker, P., Evans, R., Coburn, R. and Genco, R. : Tetracycline and its derivatives strongly bind to and are released from tooth surface in active form. *J. Periodontol.*, 54(10):580-585, 1983.
  28. Glaub, L.M., Lee, H.M., Lehrer, G., Nemirow, A., McNamara, T.F., Kaplan, R. and Ramamurthy, N.S. : Minocycline reduces gingival collagenolytic activity during diabetes. *J. Periodontal Res.*, 18:516-526, 1983.
  29. 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.
  30. Pepelassi, E.M., Bissada, N.F., Greenwell, H. and Farah, C.F. : Doxycycline-tricalcium phosphate composite graft facilitates osseous healing



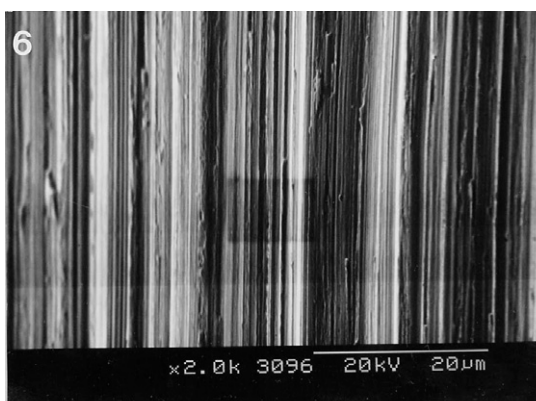
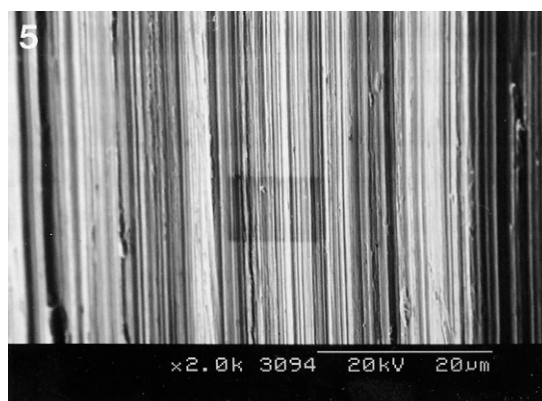
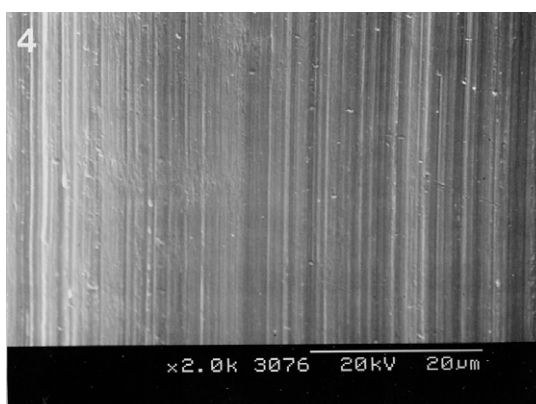
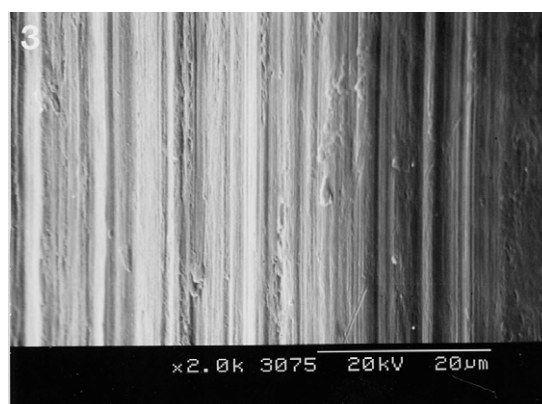
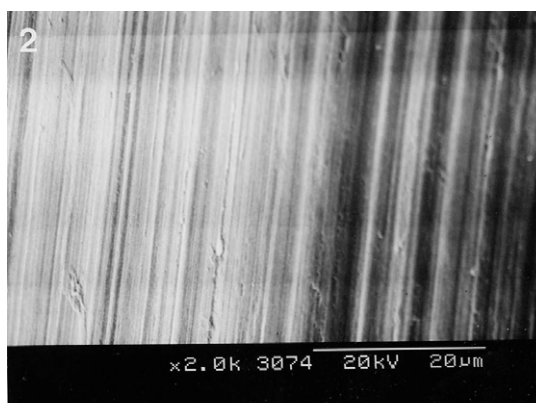
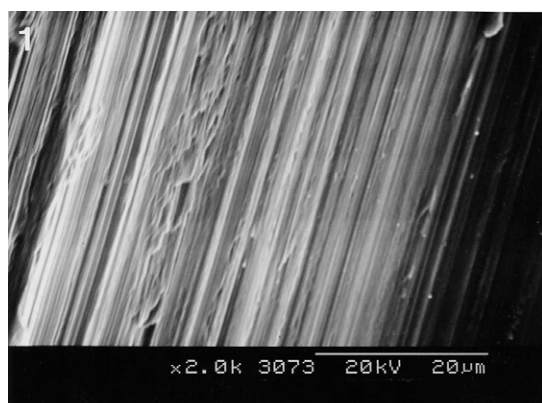
- in advanced periodontal furcation defects. *J. Periodontol.*, 62:106-115, 1991.
31. Zablotsky, M., Diedrich, D., Meffert, R. and Wittrig, E. : Detoxification of the endotoxin infected hydroxyapatite coated implant surface. *Int. J. Oral Impl.*, 8(2) :45-50, 1991.
  32. Rapley, J.W., Swan, R.H., Hallmon, 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.
  33. Zablotsky, M., Diedrich, D. and Meffert, R. : Detoxification of the endotoxin-contaminated titanium and hydroxyapatite-coated surfaces utilizing various chemotherapeutic and mechanical modalities. *Implant Dent.*, 1:154-158, 1992.
  34. 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.
  35. Bouchard, P., Nilveus, R. and Etienne, D. : Clinical Evaluation of Tetracycline HCl Conditioning in the Treatment of Gingival Recessions. A Comparative study. *J. Periodontol.*, 68:262-269, 1997.
  36. O'Neal, R.B., Sauk, J.J. and Somerman, M.J. : Biological requirements for material integration. *J. Oral Implantol.*, 18:243-255, 1992.
  37. Ericsson, I., Persson, L.G., Berglundh T., Edlund T. and Lindhe J. : The effect of antimicrobial therapy on periimplantitis lesions. An experimental study in the dog. *Clin. Oral. Impl. Res.*, 7:320-328, 1996.
  38. 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.
  39. Zablotsky, M., Meffert, R., Mills, O., Burgess, A. and Lancaster, D. : The macroscopic, microscopic and spectrometric effects of various chemotherapeutic agents on the plasma-sprayed hydroxyapatite-coated implant surface. *Clin. Oral. Impl. Res.*, 3:189-198, 1992.
  40. Brunette, D.M. : The effects of implant surface topography on the behavior of cells. *Int. J. Oral Maxillofac. implants.* 3:231-246, 1988.
  41. Albrektsson, T. and Sennerby, L. : The state of the art in implants. *J. Clin. Periodontol.* 18: 474-484, 1991.

## 사진부도 설명

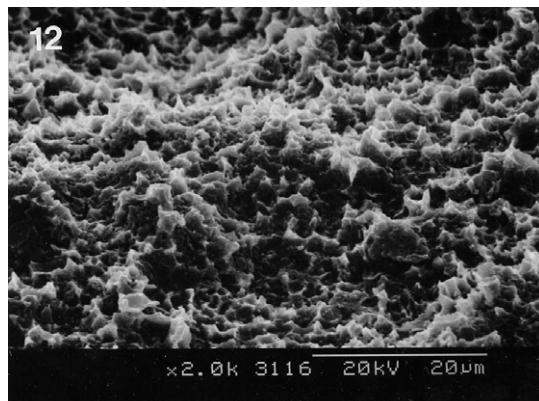
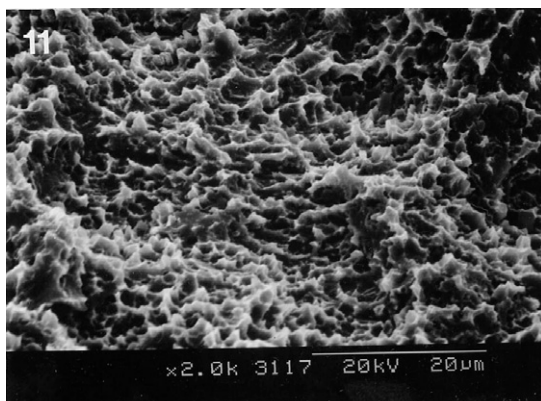
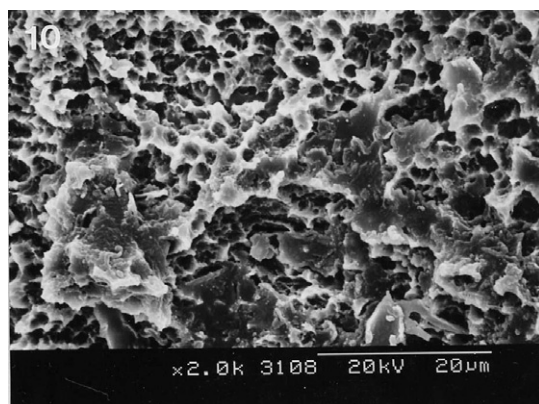
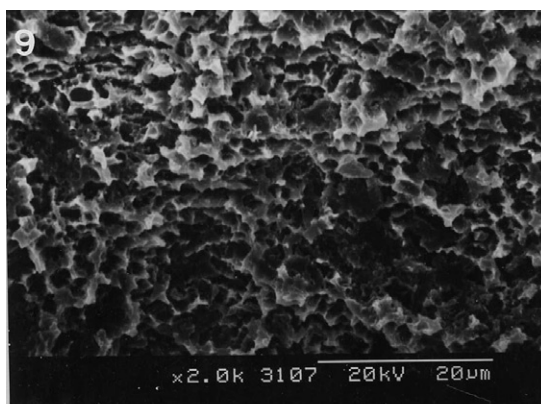
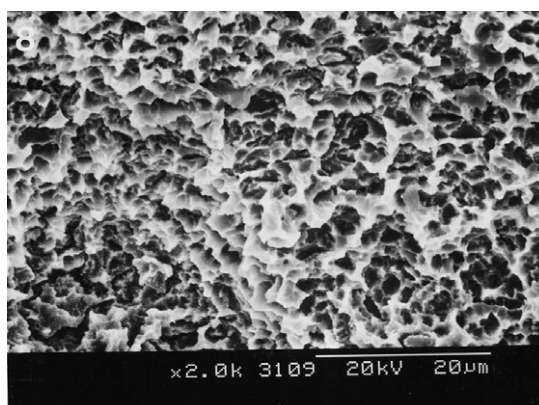
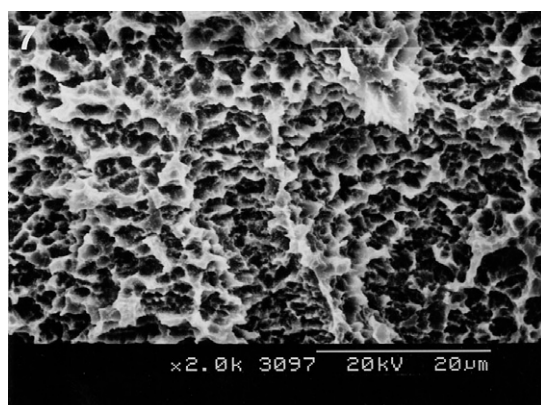
- Figure 1. Control specimen, Pure titanium machined surface following no conditioning ( $\times 2,000$ ) exhibits a more or less rough machined surface composed of alternating “positive” and “negative” lines corresponding to grooves and ridges,
- Figure 2. Test specimens, Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for  $\frac{1}{2}$  min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 3. Test specimens, Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 1min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 4. Test specimens, Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for  $1\frac{1}{2}$  min, ( $\times 2,000$ ).
- Figure 5. Test specimens, Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 2min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 6. Test specimens, Pure titanium machined surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 3min, ( $\times 2,000$ ) after treatment, machining line is more pronounced for the control specimen, but in general, test specimens are similar to control.
- Figure 7. Control specimen, SLA surface following no conditioning ( $\times 2,000$ ) shows that the macro roughness is achieved by large-grit sandblasting, subsequently, the acid-etching process creates the micro roughness, which thus is superimposed on the macro roughness
- Figure 8. Test specimens, SLA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for  $\frac{1}{2}$  min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 9. Test specimens, SLA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 1min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 10. Test specimens, SLA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for  $1\frac{1}{2}$  min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 11. Test specimens, SLA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 2min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 12. Test specimens, SLA surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 3min, ( $\times 2,000$ ) irrespective of the application time of tetracycline-HCl solution, in general, test specimens are similar to control
- Figure 13. Control specimen,  $\text{TiO}_2$ blasted surface following no conditioning ( $\times 2,000$ ) shows the rough surface with small pits
- Figure 14. Test specimens,  $\text{TiO}_2$ blasted surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for  $\frac{1}{2}$  min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 15. Test specimens,  $\text{TiO}_2$ blasted surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 1min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 16. Test specimens,  $\text{TiO}_2$ blasted surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for  $1\frac{1}{2}$  min, ( $\times 2,000$ )

- Figure 17. Test specimens, TiO<sub>2</sub>blasted surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 2min, ( $\times 2,000$ )
- Figure 18. Test specimens, TiO<sub>2</sub>blasted surface following conditioning with 50mg/ml tetracycline - HCl for 3min, ( $\times 2,000$ ) The irregularity of TiO<sub>2</sub>blasted surfaces conditioned with 50mg/ml tetracycline - HCl solution is lessened and the flattened areas are wider relative to the application time of tetracycline-HCl solution.

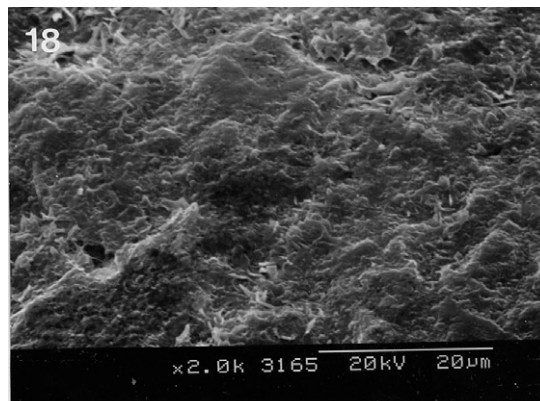
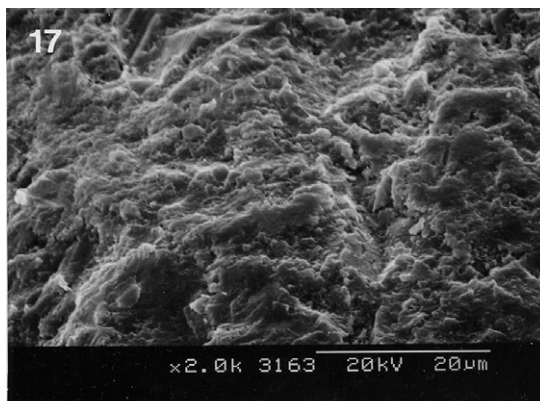
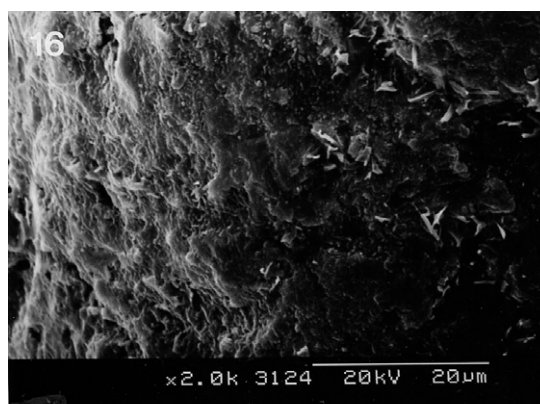
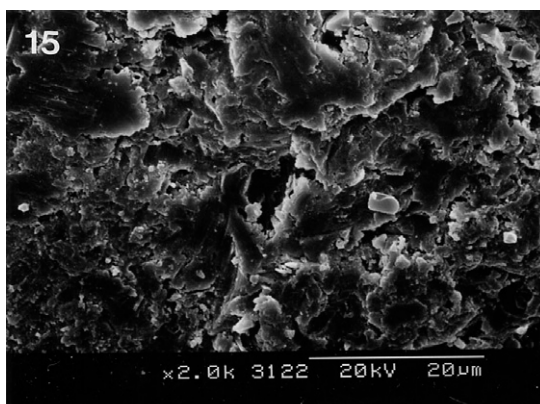
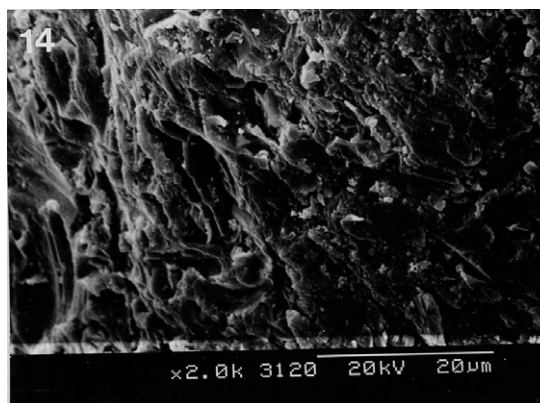
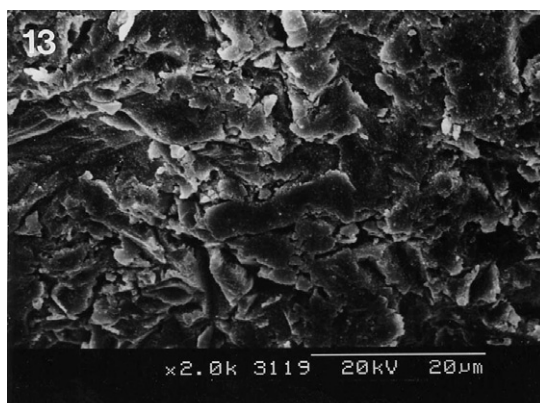
## 사진부도(1)



## 사진부도 (II)



### 사진부도 (Ⅲ)



# Scanning Electron Microscopic Study of the Effect of Tetracycline-HCl on the Change of Implant Surface Microstructure according to Application Time

Woo-Young Kim, Man-Sup Lee, Joon-Bong Park, Yeek Herr

Department of Periodontology, Division of Dentistry, KyungHee University

The present study was performed to evaluate the effect of tetracycline - HCl on the change of implant surface microstructure according to application time. Implants with pure titanium machined surface, SLA surface and TiO<sub>2</sub>blasted surface were used. Implant surface was rubbed with 50mg/ml tetracycline - HCl solution for  $\frac{1}{2}$  min., 1 min.,  $1\frac{1}{2}$  min., 2 min., and 3min, respectively in the test group and with no conditioning in the control group. Then, the specimens were processed for scanning electron microscopic observation.

The following results were obtained.

1. In the pure titanium machined surfaces, the control specimen showed a more or less rough machined surface composed of alternating positive and negative lines corresponding to grooves and ridges. After treatment, machining line was more pronounced for the control specimens, but in general, test specimens were similar to control.
2. In the SLA surfaces, the control specimen showed that the macro roughness was achieved by large-grit sandblasting. subsequently, the acid-etching process created the micro roughness, which thus was superimposed on the macro roughness.
3. In the SLA surfaces, irrespective of the application time of 50mg/ml tetracycline - HCl solution, in general, test specimens were similar to control.
4. In the TiO<sub>2</sub>blasted surfaces the control specimen showed the rough surface with small pits. The irregularity of the TiO<sub>2</sub>blasted surfaces with 50mg/ml tetracycline - HCl solution was lessened and the flattened areas were wider relative to the application time of tetracycline - HCl solution.

In conclusion, pure titanium machined surfaces and SLA surfaces weren't changed irrespective of the application time of tetracycline - HCl solution. And the TiO<sub>2</sub>blasted surfaces conditioned with tetracycline - HCl solution began to be changed from  $1\frac{1}{2}$  min. This results are expected to be applied to the regenerative procedures for peri-implantitis treatment.

---

Key words : Tetracycline-HCl, Implant surface, SLA surface, TiO<sub>2</sub> blasted surface