

수종의 레이저로 임플란트 표면 처리 시 표면 형태의 변화에 대한 주사전자 및 주사탐침 현미경적 연구

김인경 · 임성빈 · 정진형

단국대학교 치과대학 치주과학교실

I. 서론

치아를 대체하는 임플란트의 장기적인 우수성은 이미 여러 연구에서 보고되어졌으며 환자들에게 더 나은 치료를 위하여 임플란트의 사용은 증가되어 오고 있다⁶⁾. 또한 임플란트의 사용 증가와 더불어 수직적인 골의 흡수를 동반하는 임플란트 주위 치주염(Peri-implantitis)⁷⁾의 발생도 늘어나고 있다. 이런 임플란트 주위 치주염은 자연치와 마찬가지로 주로 세균적 원인⁸⁻¹⁴⁾ 또는 교합적 과부하¹⁵⁻¹⁸⁾로부터 발생되어지는 것으로 알려져 왔고 이것의 치료법으로 골 유도 재생술(Guided Bone Regeneration)이 사용되고 있다¹⁹⁻²⁶⁾. 이런 골 유도 재생술 시행 시 임플란트의 표면은 치태와 치석으로 오염되어 있고 이물질 반응을 야기하여 임플란트 표면의 자유 에너지를 감소시키므로²⁷⁾ 세척과 해독(Cleansing and Decontamination)과정이 재골유착(Re-osseointegration)을 위해 필요하며 현재까지 매우 중요하면서도 가장 어려운 부분으로 남아있다. 이런 과정에는 현재까지 Air-powder abrasive, Citric acid(pH 1), 1% Chloramine T solution, Tetracycline HCl, Chlorohexidine gluconate, Hydrogen Peroxide, Plastic instrument 그리고 Distilled water와 같은 기계적 그리고 화학적 방법들이 이용되어 왔고 Zablotsky 등^{28,29)}과 Dennison

등³⁰⁾은 이 중 Air-powder abrasive와 Citric acid가 가장 효과적이라고 하였으며 현재 가장 많이 이용되고 있다. 그러나, 위의 두 제제도 임플란트 표면의 세균을 완전히 제거할 수 없을 뿐만 아니라 임플란트 표면에 변화를 유발시키므로 완전한 방법이라고는 할 수 없고²⁸⁻³³⁾, 임플란트의 표면도 점차 다양해짐으로 더 나은 해독 방법이 요구되어짐으로써 최근 레이저를 이용한 방법들에 대해 연구가 되고 있다.

레이저는 1960년 Maiman에 의해 개발되었으며, 처음 사용된 레이저는 루비 레이저였다. 현재는 고체 레이저인 CO₂ 레이저와 YAG(Er, Nd, Ho) 레이저, 반도체 레이저인 Soft 레이저와 Hard 레이저 그리고 아르곤 레이저 등이 사용되고 있다. 레이저는 흡수, 투과, 반사 그리고 산란과 같은 4가지 방법으로 조직과 상호작용하며 이로 인해 조직에는 광화학적, 광열적, 광역학적 그리고 광전기적 형태의 상호작용과 함께 많은 임상적 효과가 관찰된다. 이런 레이저 중 현재 임플란트의 해독의 목적으로 사용될 수 있는 것은 CO₂ 레이저와 Soft Diode 레이저가 있다.

먼저 CO₂ 레이저에 대해 살펴보면 Dederich 등은 3J/cm²이상의 에너지 밀도는 구강 내 세균에 살균 효과가 있다³⁴⁾고 하였으며 Coffelt 등은 11~41J/cm²의 에너지 밀도는 치근 표면에 손상을 가하지 않고 세균 균락을 파괴할 수 있다고 보고하였다³⁵⁾. 또한

CO₂ 레이저는 염증성 연조직의 제거에 사용가능 할 뿐만 아니라^{36,37)} 생체 내에서 타이타늄 임플란트 표면의 살균과 해독도 가능한 것으로 보고되었으며^{35,38-42)}, Mouhyi 등은 8W, 10ms, 20Hz의 pulsed mode 사용을 권장하였다⁴²⁾.

Soft Diode 레이저는 감광제(Photosensitizer)와 함께 사용 시 만성 치주염을 가진 환자에서 치은 연하 치태의 혐기성과 호기성 세균 모두를 감소시킬 수 있으며⁴³⁻⁴⁵⁾, 이런 감광제 중에서 toluidine blue가 가장 효과적이라고 하였다^{45,46)}. 이에 Hass 등은 4종의 임플란트 표면에서 toluidine blue O solution과 Soft Diode 레이저를 함께 사용했을 때 P. gingivalis, P. intermedia, A. actinomycetemcomitans가 파괴된다는 것을 발견하여 임플란트의 해독에 사용 가능함을 보고하였다⁴⁷⁾.

위와 같이 임플란트 주위 치주염에 대한 임플란트 표면의 레이저의 처치는 최근 여러 연구에서 보고되고 있으며 안전성에 대한 사용 범주에 대해서도 밝혀지고 있다. 이에 이러한 용도로 주로 사용되고 있는 레이저가 임플란트의 표면 거칠기와 표면 형태에 어떤 영향을 미치는지 알아보하고자 CO₂ 레이저를 각각 건조 상태, 습윤 상태 그리고 과산화수소수 주수 상태에서 관찰하고 Soft Diode 레이저에서는 Toluidine blue O solution으로 염색한 후 처치하여 관찰해서 임플란트 주위 치주염 치료 시 임상적 지표를 얻을 목적으로 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

1) 실험 모형

주사탐침 현미경과 주사전자 현미경으로 표면의 변화를 관찰할 목적으로 직경 10mm, 높이 2mm의 machined pure titanium 원통형 모델을 매식체와 동일한 표면 거칠기를 갖도록 하여 15개를 주문 제작 (AVANA, KOREA)하였다(Figure 1).

2) 과산화수소수 용액

과산화수소수(성광 제약, 한국)를 멸균된 증류수와 혼합하여 10mM의 농도로 제조하여 사용하였다(Figure 2).

3) Toluidine Blue O Solution

Toluidine Blue O(J.T. Baker Inc., GREAT BRITAIN) 0.1g을 1L의 멸균된 증류수와 혼합하여 100 μ g/mL이 되도록 제조하여 사용하였다(Figure 2).

4) CO₂ 레이저

10600nm의 CO₂ 레이저(LX-20SP, LUXAR Co. USA)를 직경 400nm, 출력 8W, Super-pulsed mode 6 (파장 너비 10ms, 파장 반복률 20Hz), 노출 시간 5초에 고정하여 사용하였다(Figure 3).

5) Soft Diode 레이저

파장 904nm의 Soft Diode 레이저(Dens Bio-Laser, 동양 메디칼, 한국)를 총 출력 27mW, 파장 반복률 15Hz의 Pulsed mode에서 60초간 조사하였다(Figure 4).

2. 연구방법

1) 대조군 및 실험군

아무 처리도 하지 않은 3개의 모형을 대조군으로 하였으며, 건조 상태에서 CO₂ 레이저를 5초간 처리한 3개의 모형을 실험 1군, 증류수 주수 하에 CO₂ 레이저를 5초간 처리한 3개의 모형을 실험 2군, 10mM의 과산화수소수 용액에 CO₂ 레이저를 5초간 처리한 3개의 모형을 실험 3군 그리고 100 μ g/mL의 Toluidine blue O solution을 1분간 주수한 후 염색된 표면에 Soft Diode 레이저를 1분간 처리한 후 증류수로 1분간 세척한 3개의 모형을 실험 4군으로 하였다.

2) SPM study

주사탐침 현미경(Scanning Probe Microscope, Nanoscope IIIa, Veeco Inc., USA)을 이용하여 실험 모형의 중심 직경 3mm이내의 범위에 임의적으로 100 μ m \times 100 μ m 크기의 정사각형 표면 양상을 관찰하

고 Roughness Analysis를 통해 Ra(Mean Surface Roughness, nm)값을 각각의 실험 모형에 9부위에서 구한 후 최대 값과 최소 값을 각각 2개씩 제외시켜서 각 군당 15개의 측정치를 가지고 평균 표면 거칠기를 구하였다(Figure 5).

3) SEM study

주사전자 현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL, JSM 5200, JAPAN)을 이용하여 실험모형의 중심 직경 3mm 이내의 범위를 5명의 관찰자가 관찰한 후 대조군과 비교하여 변화가 없다고 판단되면 0 그리고 변화가 있다고 판단되면 1로 표시하여 변화의 여부를 측정하였다(Figure 6).

4) 통계 처리

Windows용 SPSS ver. 8.0(SPSS Inc., USA)를 사용하여 각 군의 표면 거칠기의 평균과 표준편차를 구하고 본 실험 방법에 의한 레이저의 처리가 표면 거칠기에 변화를 일으키는지 알아보기 위하여 independent-t test를 이용하여 통계 처리하였다.

III. 연구결과

1. 표면 거칠기 분석

주사탐침 현미경을 통한 평균 표면 거칠기(Ra)값

은 대조군에서 121.91nm, 실험 1군에서 120.77nm, 실험 2군에서 119.42nm, 실험 3군에서 120.77nm 그리고 실험 4군에서 120.74nm로 모든 군에서 120nm 내외로 측정되었다(Table 1). 또한 대조군과 비교하여 건조 상태에서 CO₂ 레이저를 5초간 처리한 실험 1군, 증류수 주수 하에 CO₂ 레이저를 5초간 처리한 실험 2군, 10mM의 과산화수소 용액에 CO₂ 레이저를 5초간 처리한 실험 3군 그리고 100ug/mL의 Tolidine blue O solution을 1분간 주수한 후 염색된 표면에 Soft Diode 레이저를 1분간 처리한 후 증류수로 1분간 세척한 실험 4군 모두 평균 표면 거칠기의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (p>0.05)(Table 2).

2. 표면 형태 변화 분석

대조군과 모든 실험군에서 연속적이고 직선적이며 가늘고 긴 홈이 관찰되었고 약간의 불규칙한 면도 보였다. 그러나 열에 의해 나타날 수 있는 표면의 용해는 실험군 어디에서도 볼 수 없었고 그 이외의 어떠한 특이한 조건도 관찰되지 않았다(Figure 7~16). 또한 객관성을 위해 5명의 치주과 전공의가 각각의 실험군을 대조군과 비교해서 표면 형태의 변화가 있는지를 측정하였을 때에도 모든 관찰자가 변화가 없는 것으로 판단하였다(Table 3).

Table 1. Mean and standard deviation of the surface roughness (nm)

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Mean	121.91	120.77	120.77	120.74
St. D.	1.10	0.75	1.63	0.55

Table 2. Statistical difference of the titanium surface roughness between control group and test groups (p < 0.05)

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Difference with control	1.14	2.49	1.14	1.17
Sig.	.398	.121	.567	.518

Table 3. Visual difference of the titanium surface alteration between control group and test groups

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Observer 1	0	0	0	0
Observer 2	0	0	0	0
Observer 3	0	0	0	0
Observer 4	0	0	0	0
Observer 5	0	0	0	0
Total	0	0	0	0

IV. 총괄 및 고찰

오염된 타이타늄 임플란트 표면의 세척과 해독은 건강한 임플란트와 조직 접촉면을 재형성하기 위해서 매우 중요한 요소이다. 지금까지 물리적, 화학적 방법을 포함한 여러 가지 치료법이 보고되어 왔으나 생체 내에서 어떤 방법도 만족할만한 것은 아니었다. 이런 방법들의 요구조건은 오염원을 효과적으로 제거할 수 있어야 하고 임플란트 표면의 형태적(topographical)이고 본질적인(elemental) 특성을 재형성시킬 수 있어야 하며 세척과 해독 과정동안 조직 손상을 일으키지 않아야 한다.

최근 이런 이유로 레이저를 이용한 새로운 방법들에 대해 논의되고 있다. CO₂ 레이저는 10600nm의 파장을 가지며 구강 연조직과 같은 수분이 많이 함유된 조직에 잘 흡수되고 레이저의 에너지는 열을 발생시킬 수 있으며 임플란트 식립 시 47°C 이상의 온도는 주위 골 조직에 손상을 일으킨다고 보고^{39,48,49}되어 사용에 주의가 요구되며 많은 연구들이 CO₂ 레이저의 적합한 조절(setting)방법에 대하여 보고하였다^{39,41,50}. 1999년 Mouhyi 등⁴²은 직경 300nm, 출력 8W, 파장 너비 10ms, 파장 반복률 20Hz의 Pulsed mode에서 CO₂ 레이저 적용이 조직 손상의 위험성을 최소화 할 수 있다고 하였다. 또한 CO₂ 레이저의 사용은 임플란트의 표면에 탄소 성분을 증가시키므로 증류수나 과산화수소수와 함께 사용해야 한다고 보고되었으며 특히 과산화수소수는 임플란트 표면에 타이타늄과 산소의 수준을 증가시킨다고

하였다^{33,51}. 그리고 쥐실험에서 오염된 타이타늄 표면에 CO₂ 레이저 단독 사용 그리고 구연산, 과산화수소, 증류수와 병용하여 처리하여 섬유막(fibrous capsule)의 두께와 대식 세포의 수에 대한 연조직 반응을 깨끗한 임플란트 표면과 비교하였을 때 CO₂ 레이저 단독 혹은 과산화수소와 병용해서 사용하는 것이 효과적이라고 하였다⁵².

Hass 등은 4종의 임플란트 표면(Ti Pl surfaces, etched surfaces, HA-coated surfaces, machined surfaces)에 멸균된 toluidine blue O solution을 1분 동안 적용한 후 905nm의 파장을 가진 pulsed Soft Diode 레이저를 1분 적용했을 때 A. actinomycetem-comitans, P. gingivalis, P. intermedia가 제거됨을 보고하고⁴⁷ 임플란트 주위 치주염에 이용하여 임플란트의 세척과 해독에 위의 방법이 사용 가능하다는 것을 임상적으로 증명하였다⁵³. 반면에, Nd:YAG 레이저는 임플란트 표면의 미생물 수는 감소시키지만 살균할 수는 없고 뿐만 아니라 표면의 용해와 변화를 유발시켜 이러한 용도에 사용할 수 없다고 알려졌다⁵⁴⁻⁵⁶.

임플란트의 표면 형태의 관찰 방법은 현재까지 주로 주사 전자 현미경이 이용되고 있으며 표면 거칠기 연구에는 Mechanical Contact Profilometers, Optical Profiling Instruments(Focus Detection Systems, Confocal Laser Scanning Microscopy) 그리고 Scanning Probe Microscopes가 이용되고 있다. 이 중 본 연구에 사용된 주사탐침 현미경은 다양한 임플란트의 재료와 표면 변형(surface modifications)의 연구

에 이용되었다⁵⁷⁻⁶⁰). 주사 탐침 현미경은 날카로운 첨단(sharp tip)의 수직적 운동(vertical movement)에 의해 이 첨단과 표면 물질의 상호 관계를 2차원 그리고 3차원적으로 보여줄 수 있으며 매우 정확하다는 장점이 있다. 반면에 최대 $100 \times 100 \mu\text{m}$ 범위까지만 측정이 가능하기 때문에 측정범위가 너무 작아서 전체 임프란트 표면을 정확히 대표한다고는 할 수 없으며 측정범위가 작아질수록 표면 거칠기의 측정값이 작아지는 단점이 있다. 따라서 본 실험에서는 각 실험 모형당 9부위를 관찰하고 최대 값과 최소 값을 각각 2개씩 제외한 15개의 측정값을 이용하여 각 군의 평균 표면 거칠기를 조사하였다.

본 실험에서 사용된 CO₂ 레이저와 Soft Diode 레이저는 주위 연조직에 손상을 가하지 않은 것으로 보고되었고 선반 가공된 순수 타이타늄 표면은 실험 전과 레이저 처리 후 주사전자 그리고 주사탐침 현미경 소견에서 특이한 차이는 없었다. 또한 주사전자 현미경 소견은 Chairay 등³²)의 연구에서 보고된 Br emark 매식체의 본체 부분과 유사하게 연속적이고 직선적이며 가늘고 긴 홈이 관찰되었으나 약간 더 불규칙하게 보였고 Nd:YAG 레이저 처리 시 발생하는 표면의 용해는 보이지 않았다. Mouhyi 등은 CO₂ 레이저가 타이타늄 표면에서 많이 반사된다고 하였는데⁴²) 이런 이유로 인해 표면의 변화가 유발되지 않았을 거라 생각된다. Soft Diode 레이저의 경우는 감광제를 이용한 선택적 살균을 이용한 것이므로 다른 레이저보다 적은 에너지의 사용으로 일반적으로 레이저 사용으로 발생하는 열이 차단되었기 때문에 표면의 변화가 없었을 것으로 생각된다.

1995년 Oyster 등⁶¹)은 CO₂ 레이저를 임프란트 매식체에 적용하여 본 논문과 같이 변화가 없다고 하였으나 본 실험과 같이 실험모형을 사용하지 않았고 35배의 저 배율 주사전자 현미경 소견을 관찰하였기 때문에 정확하다고 할 수는 없었다. 본 연구에서는 최근의 연구들^{47,56})에서 사용된 직경 10mm, 두께 2mm의 실험모형 Disc를 제작하였기 때문에 주사전자 및 주사탐침 현미경을 사용하여 고 배율에서 관찰할 수 있었고 평균 표면 거칠기를 구하여서 육안적 소견을 수치적으로 증명할 수 있었다. 또한 현재

이용되는 공기-분말 연마와 구연산이 임프란트의 표면의 형태에 변화를 일으키는 것으로 보고되었으나 본 연구 결과 CO₂ 레이저와 Soft Diode 레이저는 형태 변화를 유발하지 않으므로 이런 면에 있어 더 효과적이라 할 수 있었다. 그러나 이 연구의 한계상 표면 성분의 변화나 살균 효과에 대해서 관찰할 수 없었고 이전의 논문들도 기존의 방법과 레이저 사용에 대한 비교 연구가 미비한 실정이므로 레이저의 임프란트의 세척과 해독과정에 임상적인 적용을 하기 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것이라 사료된다.

V. 결론

주사탐침 현미경과 주사전자 현미경을 이용한 표면 거칠기와 표면 형태를 조사하기 위해 특별히 15개의 machined pure titanium 원통형 모델을 제작(AVANA)하고 건조 상태, 습윤 상태 그리고 과산화수소수 주수 상태 하에서 CO₂ 레이저와 Toluidine blue O solution 상태 하에서 Soft Diode 레이저를 실험 모형에 적용하여 레이저 처리 시 표면 형태에 변화가 있는지 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 건조 상태에서 CO₂ 레이저 사용 시 표면 거칠기와 표면 형태의 변화가 없었다($p > 0.05$).
2. 습윤 상태에서 CO₂ 레이저 사용 시 표면 거칠기와 표면 형태의 변화가 없었다($p > 0.05$).
3. 과산화수소수 상태에서 CO₂ 레이저 사용 시 표면 거칠기와 표면 형태의 변화가 없었다($p > 0.05$).
4. Toluidine blue O solution과 Soft Diode 레이저 사용 시 표면 거칠기와 표면 형태의 변화가 없었다($p > 0.05$).

이상의 결과로 보아 임프란트의 세척과 해독과정에서 최소한의 온도 증가를 일으키는 비교적 안전한 직경 400nm, 출력 8W, 파장 너비 10ms, 파장 반복률 20Hz, 노출 시간 5초의 Pulsed mode에서의 CO₂ Laser와 감광제와 함께 사용된 Soft Diode Laser는 임프란트 표면의 형태에 변화를 유발하지 않으므로 임

프란트 주위 치주염 치료 시 안전한 치료 방법이라고 사료되었다.

VI. 참고문헌

1. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Bränemark PI: A15-year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw: *Int J Oral Surg*: 1981; 10: 387-416.
2. Zarb GA, Schmitt A: The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants. The Toronto study: part I, surgical results: *J Prosthet Dent*: 1990; 63: 451-457.
3. Meffert RM, Langer B, Fritz ME: Dental implant : A review: *J Periodontol*: 1992; 63: 859-870.
4. Albreksson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson RA: The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and prognosis criteria for success: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1986; 1: 11-25.
5. Albreksson T, Dahl E, Enbom L: Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8,139 consecutively inserted Nobelpharma implants: *J Periodontol*: 1988; 59: 287-296.
6. d'Hoedt B, Schulte W: A comparative study of results with various endosseous implant system: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1989; 4: 95-105.
7. Mombelli A, van Oosten MAC, Schürch E, Lang NP: The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants: *Oral Microbiology and Immunology*: 1987; 2: 145-151.
8. Hickey JS, O'Neal RB, Scheidt MJ, Strong SL, Turgeon D, Dyke TEV: Microbiologic characterization of ligature-induced peri-implantitis in the microswine model: *J Periodontol*: 1991; 548-553.
9. Newman MG, Flemmig TF: Periodontal considerations of implants and implant associated microbiota: *J Dent Educ*: 1988; 52: 737-744.
10. Lindhe J, Berglundh T, Ericsson I, Liljenberg B, Marinello C: Experimental breakdown of peri-implant and periodontal tissues: *Clin Oral Impl Res*: 1992; 3: 9-16.
11. Lang NP, Bragger U, Walther D, Beamer B, Komman KS: Ligature-induced peri-implant infection in cynomolgus monkey: *Clin Oral Impl Res*: 1993; 4: 2-11.
12. Shou S, Holmstrup P, Keiding NE: Microbiology of ligature-induced marginal inflammation around osseointegrated implants and ankylosed teeth in cynomolgus monkeys(*Macaca fascicularis*): *Clin Oral Impl Res*: 1996; 7: 190-200.
13. Marinello CP, Berglundh T, Ericsson I, Kinge B, Glantz PO, Lindhe J: Resolution of ligature-induced peri-implantitis lesion in the dog: *J Clin Periodontol*: 1995; 22: 475-479.
14. Tillmans H, Hermann JS, Tiffée JC, Burgess AV, Meffert RM: Evaluation of three different implants in ligature-induced peri-implantitis in the beagle dog. Part II. Histology and microbiology: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1998; 13: 59-68.
15. Isidor E: Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants: *Clin Oral Implants Res*: 1996; 7: 143-152.
16. Isidor E: Histological evaluation of peri-implant bone at implants subjected to occlusal overload or plaque accumulation: *Clin Oral Implants Res*: 1997; 8: 1-9.
17. Isidor E: Clinical probing and radiographic assessment in relation to the histologic bone level at oral implants in monkeys: *Clin Oral Implants Res*: 1997; 8: 255-264.
18. Hürzeler MB, Quinones CR, Kohal RJ, Rohde M, Strub JR, Teuscher U, Caffesse RG: Changes in peri-implant tissues subjected to orthodontic forces and ligature breakdown in monkeys: *J Periodontol*: 1998; 69: 396-404.

19. Choi P, Oyen O, Bissada N: Guided tissue regeneration and bone formation around endosseous dental implants: *J Dent Res*: 1989; 68: abstr no. 264.
20. Zablotsky MH, Meffert RM, Caudill R, Evans G: Histological and clinical comparisons of guided tissue regeneration on dehisced hydroxyapatite-coated and titanium implant surfaces: A pilot study: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1991; 6: 294-303.
21. Becker W, Becker BE, Handelsman M, Celletti R, Ochsenbein C, Hardwick R, Langer B: Bone formation at dehisced dental implant sites treated with implant augmentation material: A pilot study in dogs: *Int J Periodont Rest Dent*: 1990; 10: 93-101.
22. Dahlin C, Sennerby L, Lekholm U, Lindhe A, Nyman S: Generation of new bone around titanium implants using a membrane technique: An experimental study in rabbits: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1989; 4: 19-25.
23. Nyman S, Lang N, Buser D, Bragger U: Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: A report of two cases: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1990; 5: 9-14.
24. Jovanovic SA, Kenney EB, Carranza FA, Donath K: The regenerative potential of plaque-induced peri-implant bone defects treated by a submerged membrane technique: A experimental study: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1993; 8: 13-18.
25. Hürzeler MB, Quinones CR, Morrison E, Caffesse RG: Treatment of peri-implantitis using guided bone regeneration and bone grafts, alone or in combination, in beagle dogs. Part I: Clinical findings and histologic observation: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1995; 10: 474-484.
26. Hürzeler MB, Quinones CR, Schüpbach P, Morrison E, Caffesse RG: Treatment of peri-implantitis using guided bone regeneration and bone grafts, alone or in combination, in beagle dogs. Part II: Histologic findings: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1997; 12: 168-175.
27. Bair RE, Meyer AE: Implant surface preparation: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1988; 3: 9-20.
28. Zablotsky MH, Diedrich DL, Meffert RM, Wittrig E: The ability of various chemotherapeutic agents to detoxify the endotoxin infected HA-coated implant surface: *Int J Oral Implant*: 1991; 8: 45-51.
29. Zablotsky MH, Diedrich DL, Meffert RM: Detoxification of endotoxin-contaminated titanium and hydroxyapatite-coated surfaces utilizing various Chemotherapeutic and mechanical modalities: *Implant Dent*: 1992; 1: 154-158.
30. 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; 65: 942-948.
31. Rapley JW, Swan RH, Hallmon WW, Mills MP: The surface characteristics produced by various oral hygiene instruments and materials on titanium implant abutments: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1990; 5: 47-52.
32. Chiray JP, Boulekbache H, Jean A, Soyer A, Bouchard P: Scanning electron microscopic evaluation of 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.
33. Mouhyi J, Sennerby L, Pireaux JJ, Dourov N, Nammour S, Van Reck J: An XPS and SEM evaluation of six chemical and physical techniques for cleaning of contaminated titanium implants: *Clin Oral Impl Res*: 1988; 15: 497-506.
34. Dederich DN, Pickard MA, Vaughn AS, Tulip J,

- Zakariasen KL: Comparative bactericidal exposures for selected oral bacteria using carbon dioxide laser radiation: *Lasers in Surgery and Medicine*: 1990; 10: 591-594.
35. Coffelt DW, Cobb CM, MacNeill S, Rapley JW, Killoy WJ: Determination of energy density threshold for laser ablation of bacteria: *J Clin Periodontol*: 1997; 24: 1-7.
 36. Pick R, Pecaro B: Use of CO₂ laser in soft tissue dental surgery: *Lasers in Surgical Medicine*: 1987; 7: 207-213.
 37. Pick RM, Colvard MD: Current status of lasers in soft tissue surgery: *J Periodontol*: 1993; 64: 589-602.
 38. Adrian J, Gross A: A new method of sterilization: The carbon dioxide laser: *J Oral Pathology*: 1979; 8: 60-61.
 39. Ganz CH: Evaluation of the safety of the carbon dioxide laser used in conjunction with root form implants: A pilot study: *J Prosthetic Dentistry*: 1994; 71: 27-30.
 40. Nammour S, Majerus P: Sterilization potential of the CO₂ laser: *Acta Stomatologica Belgica*: 1991; 88: 183-186.
 41. Oyster KO, Parker WB, Gher ME: CO₂ lasers and temperature changes of titanium implants: *J Periodontol*: 1995; 1017-1024.
 42. Mouhyi J, Sennerby L, Nammour S, Guillaume P, Van Reck J: Temperature increases during surface decontamination of titanium implants using CO₂ laser: *Clin Oral Impl Res*: 1999; 10: 54-61.
 43. Burns T, Wilson M, Pearson GJ: Killing of cariogenic bacteria by light from a gallium aluminium arsenide diode laser: *J Dentistry*: 1994; 22: 273-278.
 44. Henry CA, Judy M, Dyer B, Wagner M, Matthews JL: Sensitivity of *Porphyromonas* and *Prevotella* species in liquid media to argon laser: *Photochemistry and Photobiology*: 1995; 61: 410-413.
 45. Wilson M, Burns T, Pratten J, Pearson GJ: Bacteria in supragingival plaque samples can be killed by low-power laser light in presence of a photosensitizer: *Journal of Applied Bacteriology*: 1995; 78: 569-574.
 46. Dobson J, Wilson M: Sensitization of oral bacteria in biofilms to killing by light from low-power laser: *Archives of Oral Biology*: 1992; 37: 883-887.
 47. Hass R, Dörtbudak O, Mensdorff-Pouilly N, Mailath G: Elimination of bacteria on different implant surfaces through photosensitization and soft laser. An in vitro study: *Clin Oral Impl Res*: 1997; 8:249-254.
 48. Bränemark PI: Osseointegration and its experimental background: *J Prosthet Dent*: 1983; 50: 399-410.
 49. Eriksson A, Alberktsson T: Temperature threshold levels for heat induced bone tissue injury: A vital microscopy study in the rabbit: *J Prosthet Dent*: 1983; 50: 101-107.
 50. Swift JQ, Jenny JE, Hargreaves KM: Heat generation in hydroxyapatite-coated implants as a result of CO₂ laser application: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*: 1995; 79: 410-415.
 51. Mouhyi J, Sennerby L, Loulette P, Dourov N, Van Reck J: Re-establishment of the atomical composition and the oxide structure of contaminated titanium surfaces by means of CO₂ laser and hydrogen peroxide: An in vitro study: 1998; In manuscript.
 52. Mouhyi J, Sennerby L, Van Reck J: The soft tissue response to contaminated and cleaned titanium surfaces using CO₂ laser, citric acid and hydrogen peroxide: An experimental study in the rat abdominal wall: *Clin Oral Impl Res*: 2000; 11: 93-98.
 53. Hass R, Baron M, Dörtbudak O, Watzek G: Lethal photosensitization, autogenous bone and

- e-PTFE membrane for the treatment of peri-implantitis: Preliminary results: *Int J Oral Maxillofac Impl*: 2000; 15: 374-382.
54. Block CM, Mayo JA, Evans GH: Effects of the Nd:YAG dental laser on plasma-sprayed and hydroxyapatite-coated titanium dental implants: Surface alteration and attempted sterilization: *Int J Oral Maxillofac Impl*: 1992; 7: 441-449.
55. Walsh LJ: The use of lasers in implantology: An overview: *J Oral Implantology*: 1992; 18: 1-6.
56. Romanos GE, Everts H, Nentwig GH: Effects of Diode and Nd:YAG laser irradiation on titanium discs: A scanning electron microscope examination: *J Periodontol*: 2000; 71: 810-815.
57. Baro AM, Garcia N, Mirando R, Vazquez L, Aparicio C, Olive J, Lausmma J: Characterization of surface roughness in titanium dental implants measured with scanning tunnelling microscopy at atmospheric pressure: *Biomaterials*: 1986; 7: 463-466.
58. Taborelli M, Jobin M, Francois P, Vaudaux P, Tonetti M, Szmukler-Monkler S: Influence of surface treatments developed for oral implants on the physical and biological properties of titanium: Surface characterization: *Clin Oral Impl Res*: 1997; 8: 208-216.
59. Sawase T, Wennerberg A, Hallgren C, Miyamoto I, Albrektsson T: Atomic force microscopic study of commercially available implant abutments: *Clin Impl Dent Rel Res*: 1999; 1: 92-97.
60. Cooper L, Masuda T, Whitson W, Yliheikkilä P, Felton D: Formation of mineralizing osteoblast cultures on machined, titanium oxide grit-blasted, and plasma-sprayed titanium surfaces: *Int J Oral Maxillofac Implants*: 1999; 14: 37-47.
61. Oyster DK, Parker WB, Gher ME: CO₂ lasers and temperature changes of titanium implants: *J Periodontol*: 1995; 66: 1017-1024.

사진부도 설명

- Figure 1. A view of experimental machined titanium model
- Figure 2. A view of toluidine blue O and hydrogen peroxide
- Figure 3. A view of CO₂ laser
- Figure 4. A view of Soft Diode laser
- Figure 5. A view of Scanning Probe Microscope
- Figure 6. A view of Scanning Electron Microscope
- Figure 7. Two dimensional view of air contaminated titanium surface in the control group by SPM
- Figure 8. Two dimensional view of CO₂ laser treated surface with dry condition for 5 seconds in the test 1 group by SPM
- Figure 9. Two dimensional view of CO₂ laser treated surface with wet condition for 5 seconds in the test 2 group by SPM
- Figure 10. Two dimensional view of CO₂ laser treated surface with H₂O₂ condition for 5 seconds in the test 3 group by SPM
- Figure 11. Two dimensional view of soft diode laser treated surface with toluidine blue O solution for 60 seconds in the test 4 group by SPM
- Figure 12. Two dimensional view of air contaminated titanium surface in the control group by SEM
- Figure 13. Two dimensional view of CO₂ laser treated surface with dry condition for 5 seconds in the test 1 group by SEM
- Figure 14. Two dimensional view of CO₂ laser treated surface with wet condition for 5 seconds in the test 2 group by SEM
- Figure 15. Two dimensional view of CO₂ laser treated surface with H₂O₂ condition for 5 seconds in the test 3 group by SEM
- Figure 16. Two dimensional view of soft diode laser treated surface with toluidine blue O solution for 60 seconds in the test 4 group by SEM

사진부도 (1)

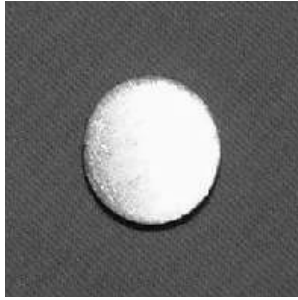


Figure 1



Figure 2



Figure 3



Figure 4



Figure 5

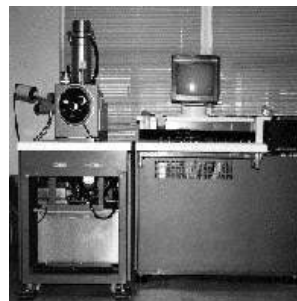


Figure 6

사진부도 (II)

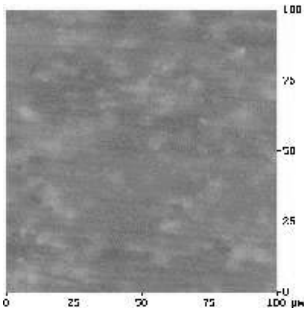


Figure 7

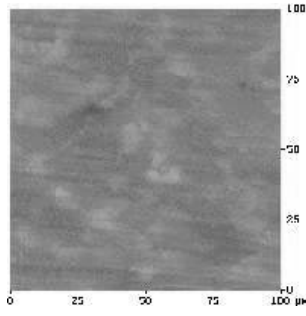


Figure 8

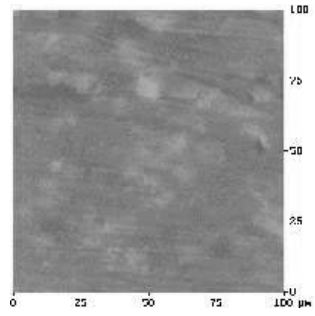


Figure 9

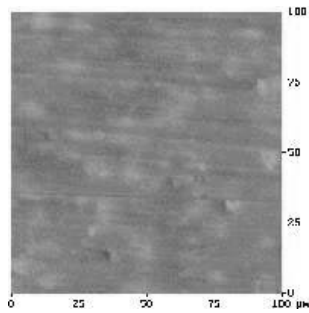


Figure 10

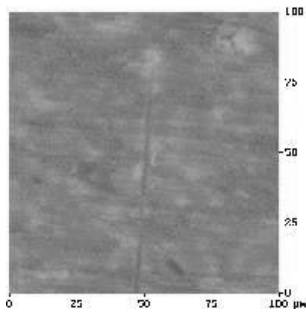


Figure 11

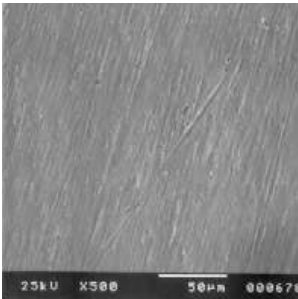


Figure 12

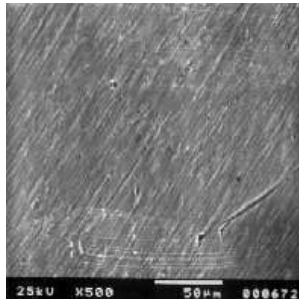


Figure 13

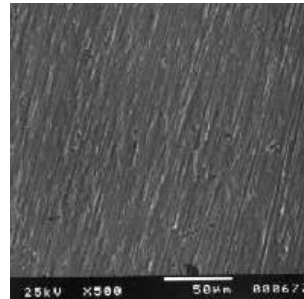


Figure 14

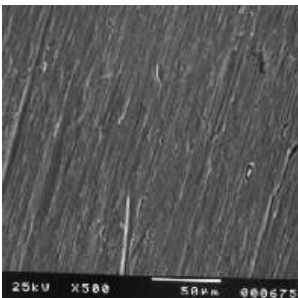


Figure 15

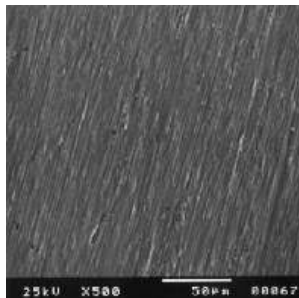


Figure 16

The SEM and SPM Study on the Change of Machined Titanium Implant Surface following Various Laser Treatments

In-Kyung Kim, Sung-Bin Lim, Chin-Hyung Chung

Department of Periodontology, College of Dentistry, Dan-kook National University

Following the extensive use of implant, the incidence of peri-implantitis increases. Guided bone regeneration has been used for the optimal treatment of this disease. Because implant surface was contaminated with plaque and calculus, cleaning and detoxification were needed for the reosseointegration when guided bone regeneration was performed. Various mechanical and chemical methods have been used for cleaning and detoxification of implant surface, air-powder abrasive and oversaturated citrate were known to be most effective among these methods. However, these methods were incomplete because these could not thoroughly remove bacteria of implant surface, moreover deformed implant surface. Recent studies for detoxification of the implant surface using laser were going on, CO₂ laser and Soft Diode laser were known to be effective among these methods. The purpose of this study was to obtain clinical guide by application these laser to implant surface.

15 experimental machined pure titanium cylinder models were fabricated. The CO₂ laser treatment under dry, wet and hydrogen peroxide condition or the Soft Diode laser treatment under Toluidine blue O solution condition was performed on the each of models. Each groups were examined with SPM and SEM to know whether their surface was changed.

The results were as follows :

1. Surface roughness and surface form weren't changed when CO₂ laser was used under dry condition ($P > 0.05$).
2. Surface roughness and surface form weren't changed when CO₂ laser was used under wet condition ($P > 0.05$).
3. Surface roughness and surface form weren't changed when CO₂ laser was used under hydrogen peroxide condition ($P > 0.05$).
4. Surface roughness and surface form weren't changed when Soft Diode laser was used under toluidine blue O solution condition ($P > 0.05$).

From the result of this study, it may be concluded that the CO₂ laser having relatively safe pulse mode and the Soft Diode laser used with photosensitizer can be used safely to treat peri-implantitis.