

CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG 레이저를 임프란트 표면에 조사시 표면성상의 변화 및 열 변화에 관한 연구

수원리빙웰치과의원¹⁾, 리빙웰치과병원^{2,3)}

강만석¹⁾, 김현철²⁾, 이장렬³⁾

I. 서론

임프란트 실패의 중요한 원인인 임프란트 주위염은 크게 교합력, 치태세균이나 치석의 축적 등과 같은 국소적 요인과 전신질환이나 신체방어력의 약화 등과 같은 전신적 요인에 의해 단독적 또는 복합적으로 발생된다. 임프란트 주위염은 임프란트 주위 치은의 염증을 동반한 임프란트 주위골의 임상적, 방사선적인 상실을 가지는 임상적인 증상의 표현이다¹⁾. 이러한 증상의 치료는 교합조정이나 플라스틱이나 카본 스케일러를 사용한 치석제거 및 치은연하 소파술을 시행하거나 중탄산 나트륨과 증류수를 섞어서 임프란트 표면을 기계적으로 삭제하거나, 초음파 공기 연마기를 사용하여서 기계적 삭제 후 표면을 연마한 후 Citric acid로 1-2분간 detoxification시키는 방법들이 많이 사용되어지고 있다. 결국 이러한 임프란트 주위염의 치료는 만성 염증상태로 영향을 받은 임프란트 표면과 주위조직을 제거함으로 임프란트 표면을 깨끗하게 만들어서 임프란트 주위에 골의 재생을 유도함으로써 그 목적을 달성하는 것이다^{2),3),4),5)}. 이들 술식들은 다양한 연구 및 임상적 적용의 결과 임프란트 주위염의 치료에 있어 매우 유의성 있는 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 치료 술식들은 치과마취가 필요하고, 대부분 관혈적인 술식이므로 출혈성 질환이나 소모성 질환 등의 전신질환이 있는 환자나 면역 기능이 감소된 환자의 경우 금기증이 될 수 있으며, 시술 후 동통과 같은 문제점이 빈번하게 존재한다. 따라서 이와 같은 통상적인 임프란

트 주위염 치료 방법의 단점을 극복하고 금기증을 가진 환자에게 대체할 수 있는 방법을 찾기 위하여 최근 들어 치과 진료의 다양한 분야에서 유용하게 사용되고 있는 레이저(LASER, light amplification by stimulated emission of radiation)를 임프란트 주위염 치료에 적용하기 위한 연구가 시행되고 있다. 이와 같은 여러 연구에 의해 레이저가 치주질환의 치료에 상당한 효과가 있음이 밝혀졌고, 임프란트 표면의 decontamination의 목적으로 적절한 출력으로 사용시 CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG 레이저는 임프란트 표면의 변화가 없으며 또한 낮은 열 상승 효과를 가지며 출력의 강도에 따라 99.4%까지의 bacteriocidal effect가 있다는 보고⁶⁾도 있지만 Nd:YAG 레이저나 Er:YAG 레이저, CO₂, Er,Cr:YSGG 레이저 등은 모두 적외선(infrared) 영역의 파장을 방출하는 고출력 레이저로 치질이나 치수, 임프란트에 영향을 끼칠 수 있는 위험이 다분히 있다⁷⁾.

현재 많이 사용되어지는 CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG 레이저를 Blasting 처리된 표면에 임프란트 주위염의 처치용도로 사용되어질 때 그 표면의 온도변화와 표면성상의 변화가 일어나지 않는 적절한 사용조건을 같이 알아본 예가 아직은 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG 레이저를 사용하여 저출력에서부터 고출력까지 여러 조건으로 Blasting 처리된 임프란트 표면에 조사하여서 그 임프란트 표면의 형태학적 변화, 조성의 변화, 열변화 등을 관찰하여 표면의 성상의 변화가 없는 적절한 출력을 in vitro에서 알아보려고 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 기기

각기 다른 종류의 파장을 가지는 CO₂ ($\lambda=10.6\mu\text{m}$, UM-L25, Unionmeical, Korea)레이저, Er,Cr:YSGG ($\lambda=2,780\text{nm}$, Waterlase, Biolase, USA)레이저, Er:YAG ($\lambda=2,940\text{nm}$, SDL-3300E, B&B system, Korea)레이저를 사용하여 Blasting 처리된 임프란트 (Platon Type I, platon co.LTD)표면에 0.5W, 1W, 2W, 3W의 조건으로 5초간 조사하였다. 이 조사한 표면을 주사전자현미경 (FE-SEM, S-4300, Hitachi, Tokyo)을 이용하여서 표면의 변화를 관찰하고, EDAX로 표면 성분의 분석을 하였다. 그리고 Optical 3D profiling system (Wyko NT8000 (Veeco))을 이용하여서 표면조도를 관찰하였다. 또한 각각의 출력으로 5초간 표면조사후 온도상승을 Thermometer (LR8100 recorder, Yokogawa, Japan)를 사용하여 측정하였다.

2. 실험 방법

Standardization of testing environment

각각의 레이저를 이용하여서 측정하고자 하는 출력으로 정확히 5초간 조사하기 위해서 릴레이를 이용한 전자 셔터 (Fig.1)를 제작하였다. 그리고 바이스를 이용하여서 레이저 핸들 부분을 고정 (Fig.2) 하였으며 레이저 출력 측정기 (Fig.3)로 매번 조사하기 전에 출력을 측정하여 표준화 하였다.

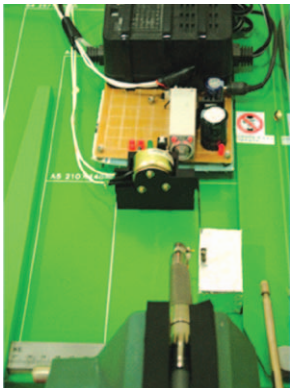


Fig.1



Fig.2



Fig.3

Surface treatment procedure

임프란트 표면에 레이저를 조사하기 시작하고 5초 뒤 금속 스트립이 레이저 팁과 임프란트 표면 사이로 내려와서 차단된다 (Fig.4, Fig.5). CO₂ 레이저, Er,Cr:YSGG 레이저, Er:YAG 레이저를 Blasting 처리된 임프란트 (Platon Type I) 표면에 0.5W, 1W, 2W, 3W의 조건으로 위의 방법으로 조사하여 표면의 변화를 관찰 하였다.

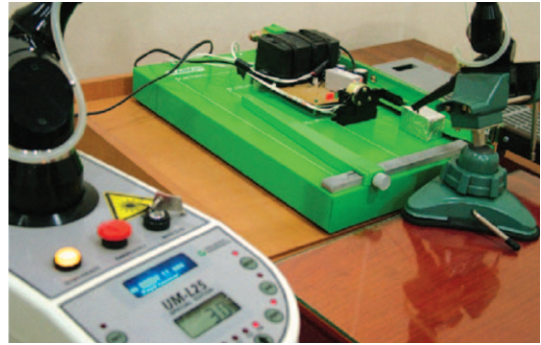


Fig.4



Fig.5

Thermal change testing

CO₂ 레이저는 무주수하에 레이저를 조사하였으며, Er,Cr:YSGG 레이저, Er:YAG 레이저는 주수하에 조사하였다. 36.5도의 워터 배스 내에 레이저가 조사되는 부위의 1mm하방까지 물에 잠기도록 설치하고 Thermocoupling은 레이저 조사부위 1mm하방에 연결하였으며 정해진 각각의 출력조건으로 5초간 레이저를 조사하였다(Fig.6).



Fig.6

III. 실험 결과

Surface Morphology evaluation (FE-SEM)

CO₂ 레이저, Er,Cr:YSGG 레이저, Er:YAG 레이저

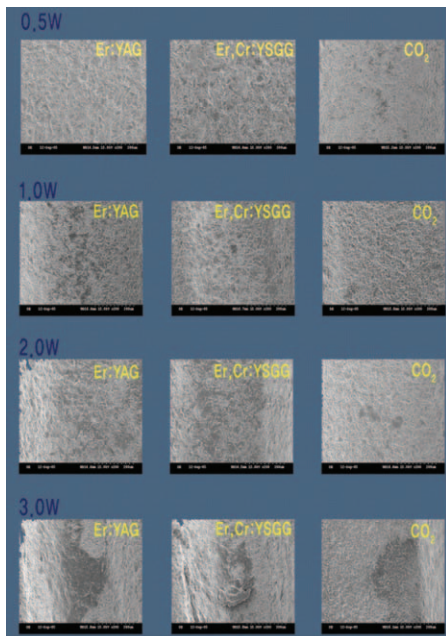


Fig.7

모두가 0.5W에서는 표면의 큰 변화를 보이지는 않았다. 그렇지만 Er,Cr:YSGG 레이저, Er:YAG 레이저는 1W부터 표면에 약간의 변화를 보이기 시작했다(Fig.7).

Surface composition analysis (EDAX Analyzer)

레이저 조사 후 표면성분을 분석한 결과 표면 성분은 기존의 임플란트 표면의 그 구성 성분과 변화가 없었다(Fig.8).

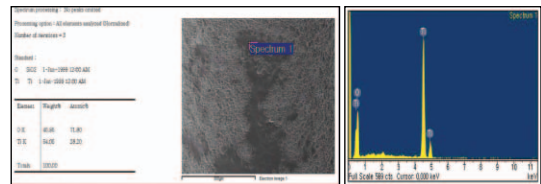


Fig.8

Surface Roughness (1W)

(Optical 3D profiling system)

표면의 변화가 약간 보이기 시작하는 1W의 출력조건에서 표면 조도를 관찰한 결과 CO₂ 레이저는 전혀 변화가 보이지 않았으며, Er,Cr:YSGG 레이저, Er:YAG 레이저는 원래상태의 임플란트 표면의 표면 조도와는 크게 차이가 나지 않았다(Fig.9).

Thermal change (Thermometer)

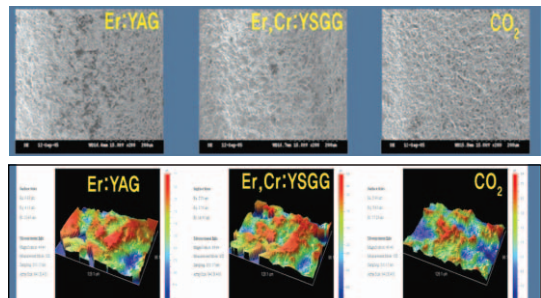


Fig.9

CO₂ 레이저로 조사한 군은 0.2도에서 2.2도 사이에서 출력의 세기에 따라서 비례하는 온도 상승을 보였고, Er,Cr:YSGG 레이저로 조사한 시편과 Er:YAG 레이저로 조사한 시편의 경우는 출력의 세기와 상관 없이 1.8에서 3.7도의 온도상승을 보였다(Fig.10).

IV. 총괄 및 고찰

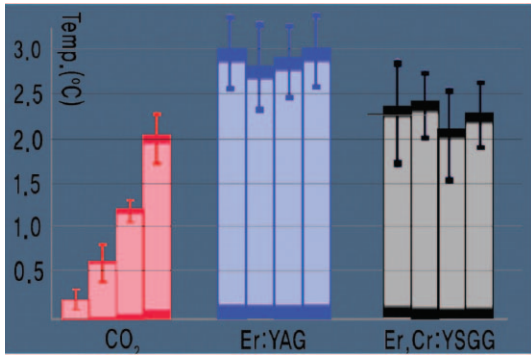


Fig.10

CO₂ 레이저의 decontamination 효과와 온도변화에 대해서는 1992년 Walsh 등⁸⁾은 CO₂ 레이저의 에너지는 금속표면에 크게 흡수가 되지 않으며 또한 그다지 큰 열변화가 보이지 않는다고 보고한 이래, Oyster DK⁹⁾가 Pig Mandible을 사용해서 saliva와 blood에 오염된 임플란트 표면을 레이저를 사용한 결과 오염물들이 완전히 제거가 되지 않는다고 했으며, Kato T 등¹⁰⁾은 Ti 디스크상에서 CO₂ 레이저의 조사는 Streptococcus sanguis, Porphyromonas gingivalis의 제거에 효과가 있음을 입증했다. 2005년 Stubinger S 등¹¹⁾은 air-powder abrasive와 laser irradiation 그리고 air-powder abrasive와 laser irradiation을 같이 조사한 경우 새로운 골조성이 후자의 두개 group에서 유의성있게 더 많이 생성된다고 보고했다. Deppe H 등¹²⁾은 TPS, SLA표면의 경우 30 J/cm² 이상의 에너지 조사시 melting, glazing된 표면을 보이며, HA표면의 경우 15.2 J/cm²에서 melting된 표면이 보이기 시작했다고 하였다. 또한 Ganz CH 등¹³⁾은 2-4W의 출력으로 4초간 조사시 7 °F이내의 온도변화를 보인다고 했으며, Swift JQ 등¹⁴⁾은 출력과 조사시간에 따라 CW mode에서는 직선적으로 임플란트 표면의 온도가 증가하며 pulsed mode에서는 온도상승이 덜하다고 했다. Oyster DK 등⁹⁾은 CO₂ 레이

저조사시 출력과 시간에 따라 임플란트 상부는 1.2에서 11.7 °C, 임플란트 하부는 0.0에서 5.0 °C 의 온도상승이 있다고 했다. Barak SD 등¹⁵⁾은 CO₂ 레이저 조사시 CW mode는 4W pulsed mode에서는 8W이하로 사용하는 것이 임플란트주위조직에 영향을 미치지 않는 범위에서의 온도 상승을 보인다고 했다. Mouhyi J 등¹⁶⁾은 pulsed 8W 20Hz 5초에서 3 °C이하의 변화를 관찰하였고, Wooten CA 등¹⁷⁾은 CW, pulsed mode에서는 출력과 조사시간에 비례해서 직선적으로 온도상승이 일어남다고 했으며 superpulsed mode에서는 온도상승 효과가 감소 된다고 보고했다. Kreisler M 등¹⁸⁾도 출력과 조사시간에 따른 직선적인 온도 변화 양상을 관찰하였다.

1994년 Aoki 등¹⁹⁾이 Er:YAG 레이저가 치석제거에 효과적이라는 것을 보고한 이래 Er:YAG 레이저 조사가 implant 표면에 미치는 영향에 대해서도 많은 보고가 있어왔다. Kreisler M 등²⁰⁾이 smooth surface, SLA, TPS, HA 표면에 레이저를 조사한 결과 TPS 표면은 8.9 J/cm² SLA표면은 11.2 J/cm² HA는 17.8 J/cm² smooth표면은 28.0 J/cm²에서 표면의 Melting과 Grazing이 나타나기 시작한다고 했다. Matsuyama T 등²¹⁾은 50 mJ/pulse이하에서는 표면 온도 변화가 크지 않으며, 주수하에서 적절한 출력을 사용하면 임플란트 표면의 치석과 치태의 제거가 비교적 효과적이라고 말했다. Schwarz F 등²²⁾은 100 mJ/pulse, 10 Hz를 사용해서 효과적으로 치은연하 치석제거를 할 수있다고 했다. Kreisler M 등²⁰⁾은 60 mJ, 10 pps이상에서 99.51%이상의 세균감소가 보인다고 하였다. 2005년 Kreisler M 등²³⁾은 오염된 임플란트 표면을 Er:YAG laser 와 air powder system 으로 처리한 상태를 비교하여 레이저로 처리하는 표면의 효과가 우수함을 보고했다. Er,Cr:YSGG 레이저의 Decontamination의 효과는 Miller RJ 등²⁴⁾이 임플란트 고유의 성상에 변화가 없이 표면의 오염물의 제거에 효과가 있음을 보고하였다.

이러한 고찰들과 본 실험결과를 고려하면 CO₂, Er:YAG 레이저, Er,Cr:YSGG 레이저가 Periim

plantitis 처치를 위한 임플란트 표면의 decontamination에 응용될 수 있으나 CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG레이저는 표면 변형을 야기시킬 수 있고 주변조직 열손상을 일으킬 수 있으므로 조사조건에 주의가 된다고 생각한다. CO₂, Diode, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG, Er:YAG 레이저 모두 세균감소 효과가 있고 특히 CO₂ 레이저의 치유촉진 가능성에 대한 보고와, Er:YAG 레이저는 우수한 표면 오염물 제거 효과가 있다는 보고는 주목할 만하다. Er,Cr:YSGG 레이저는 Periimplantitis 처치에 유용하다는 보고가 있었으나 앞으로 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

1. CO₂, Er:YAG and Er,Cr:YSGG레이저가 임플란트 표면에 사용되어질 경우 약간의 표면변화와 비교적 적은 온도변화를 보인다.
2. 그러나 임플란트 주위조직의 손상을 방지하기 위해서는 적절한 사용방법과 출력조절이 필요하다.
3. 적절한 출력으로 조사한 경우 위 3가지 레이저는 모두 임플란트 표면에 안전하게 사용되어질 수 있다.
4. 타액이나 혈액 그리고 임플란트 주위조직에 레이저가 미치는 영향은 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각한다.

REFERENCES

1. Meffert RM, Block MS, Kent JN. What is osseointegration Int J Periodontics Restorative Dent. 1987;7(4):9-21.
2. Isidor F, Karring T, Attstrom R. The effect of

- root planing as compared to that of surgical treatment. J Clin Periodontol 1984;11:669-681.
3. Goldman MJ. Bone regeneration around a failing implant using guided tissue regeneration. A case report. J Periodontol. 1992 May;63(5):473-6
4. Schwarz F, Rothamel D, Sculean A, Georg T, Scherbaum W, Becker J. Effects of an Er:YAG laser and the Vector ultrasonic system on the biocompatibility of titanium implants in cultures of human osteoblast-like cells. Clin Oral Implants Res. 2003 Dec;14(6):784-92.
5. Schwarz F, Bieling K, Sculean A, Hertel M, Becker J. [Treatment of periimplantitis with laser or ultrasound. A review of the literature] Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2004;114(12):1228-35.
6. Sanchez-Garces MA, Gay-Escoda C. Periimplantitis. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2004;9 Suppl:69-74; 63-9.
7. Yilmaz S, Kuru B, Kuru L, Noyan U, Argun D, Kadir T. Effect of galium arsenide diode laser on human periodontal disease: a microbiological and clinical study. Lasers Surg Med 2002;30(1):60-66
8. Walsh LJ. The use of lasers in implantology: an overview. J Oral Implantol. 1992;18(4):335-40
9. Oyster DK, Parker WB, Gher ME. CO₂ lasers and temperature changes of titanium implants. J Periodontol. 1995 Dec;66(12):1017-24.
10. Kato T, Kusakari H, Hoshino E. Bactericidal efficacy of carbon dioxide laser against bacteria-contaminated titanium implant and subsequent cellular adhesion to irradiated area. Lasers Surg Med. 1998;23(5):299-309.
11. Stubinger S, Henke J, Donath K, Deppe H. Bone regeneration after peri-implant care with the CO₂ laser: a fluorescence microscopy study. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005 Mar-Apr;20(2):203-10.

12. Deppe H, Horch HH, Henke J, Donath K. Peri-implant care of ailing implants with the carbon dioxide laser. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2001 Sep-Oct;16(5):659-67.
13. Ganz CH. Evaluation of the safety of the carbon dioxide laser used in conjunction with root form implants: a pilot study. *J Prosthet Dent*. 1994 Jan;71(1):27-30.
14. 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 Oral Radiol Endod*. 1995 Apr;79(4):410-5
15. Barak S, Horowitz I, Katz J, Oelgiesser D. Thermal changes in endosseous root-form implants as a result of CO₂ laser application: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998 Sep-Oct;13(5):666-71.
16. Mouhyi J, Sennerby L, Nammour S, Guillaume P, Van Reck J. Temperature increases during surface decontamination of titanium implants using CO₂ laser. *Clin Oral Implants Res*. 1999 Feb;10(1):54-61
17. Wooten CA, Sullivan SM, Surpure S. Heat generation by superpulsed CO₂ lasers on plasma-sprayed titanium implants: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999 Nov;88(5):544-8.
18. Kreisler M, Gotz H, Duschner H. Effect of Nd:YAG, Ho:YAG, Er:YAG, CO₂, and GaAlAs laser irradiation on surface properties of endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002 Mar-Apr;17(2):202-11.
19. Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium:YAG laser. *J Periodontol*. 1994;65(12): 1097-1106.
20. Kreisler M, Kohnen W, Marinello C, Gotz H, Duschner H, Jansen B, d'Hoedt B. Bactericidal effect of the Er:YAG laser on dental implant surfaces: an in vitro study. *J Periodontol*. 2002 Nov;73(11):1292-8.
21. Matsuyama T, Aoki A, Oda S, Yoneyama T, Ishikawa I. Effects of the Er:YAG laser irradiation on titanium implant materials and contaminated implant abutment surfaces. *J Clin Laser Med Surg*. 2003 Feb;21(1):7-17.
22. Schwarz F, Sculean A, Georg T, Reich E. Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. *J Periodontol* 2001;72(3):361-367.
23. Kreisler M, Kohnen W, Christoffers AB, Gotz H, Jansen B, Duschner H, d'Hoedt B. In vitro evaluation of the biocompatibility of contaminated implant surfaces treated with an Er : YAG laser and an air powder system. *Clin Oral Implants Res*. 2005 Feb;16(1):36-43.
24. Miller RJ. Treatment of the contaminated implant surface using the Er,Cr:YSGG laser. *Implant Dent*. 2004 Jun;13(2):165-70.

Abstract

Effects of CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser irradiation on surface properties and thermal change of dental implants

Kang, Man-Seok¹⁾, Kim, Hyoun-Chull²⁾, Lee, Jang-Yeol³⁾

Livingwell Dental Clinic ¹⁾ Livingwell Dental Hospital ^{2),3)}

Dental laser has been increasingly used in implant surgery and the use of different lasers proposed. It has been suggested that laser may be beneficial in reducing surgical trauma and discomfort during the second phase of implant surgery and peri-implantitis treatment.

Purpose

The aim of the study was to investigate the effect of dental lasers (CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG) on the surface of implant and temperature change during laser irradiation for determining optical dose of laser irradiation in vitro model.

Materials and Methods

CO₂ ($\lambda=10.6\mu\text{m}$, UM-L25, Unionmeical, Korea), Er:YAG ($\lambda=2,940\text{nm}$, SDL-3300EN, B&B system, Korea), Er,Cr:YSGG ($\lambda=2,780\text{nm}$, Waterlase, Biolase, USA) laser irradiated on the surface of implant with different energy and frequency. A scanning electron microscope study was presented for observation of surface change. And thermocouples prepared to estimate thermal increasement of implant body during laser irradiation of implant surface.

Results

All of three dental laser systems can induce implant surface alterations with high energy irradiation. Melting and glazing were observed on the implant surface. But for selective range of power output, there was no significant morphologic change on the implant surface in three dental laser systems. CO₂ laser produced minimal temperature changes with forming carbonization layer on the implant surface. But in irradiation dose for clinical application, there was no temperature change on the implant body. Er:YAG and Er,Cr:YSGG laser did not excessively heat implant body, especially under a water spary.

Conclusion

When using the CO₂, Er:YAG and Er,Cr:YSGG laser seems to be safe as far as possible surface alterations and thermal damage. But the power output must be limited so as to avoid implant and periimplant tissue damage. This experiment was carried out in vitro to standardize test conditions. The influence of surrounding tissue, saliva and blood on the laser effects require further scientific studies.

keyword : CO₂ Laser, Er:YAG Laser, Er,Cr:YSGG Laser, Periimplantitis, Decontamination, Thermal change