Non-surgical periodontal treatment using the erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet (Er, Cr:YSGG) laser in chronic periodontitis: Case reports

Hyun-Woo Kim¹, Won-Pyo Lee¹, Sang-Joun Yu^{1,2}, and Byung-Ock Kim^{1,2*}

¹Department of Periodontology, School of Dentistry, Chosun university, Gwangju 61452, Republic of Korea

²Oral Biology Research Institute, Chosun University, Gwangju 61452, Republic of Korea

(Received May 24, 2017; Revised version received Jul 11, 2017; Accepted Jul 21, 2017)

ABSTRACT

The medical (or dental) necessity of the application of adjuvant laser therapy after periodontal treatment is debatable, but has many demonstrable advantages. The advantages of laser irradiation are hemostatic effect, calculus ablation, bactericidal effect and detoxification. The purpose of this study was to identify and measure the clinical results obtained with the implementation of adjuvant laser therapy (in addition to and) following scaling and root planing procedures. Three patients (with an overall periodontal probing depth of less than 6 mm) were selected. Patients with systematic disease were excluded. Probing depth, bleeding on probing and full mouth standard radiography were tested at baseline, and then again at three months after treatment. At the time of the first visit, supra-gingival calculus was removed using ultrasonic scaler (Cavitron™ Plus™, Dentsply, Swiss). At the time of the second visit, the laser was irradiated with a radial firing tip (RFPT 5-14) of Er, Cr:YSGG laser (2.78 μm, 1.5 W, repetition rate of 30 Hz, 11% air, 20% water). The laser irradiation on the root surface was approached at 15 to 30 degrees, and without direct contact with the root surface. The total time of irradiation was 30 seconds for buccal (about fifteen seconds) and lingual sides (about fifteen seconds). Calculus ablation was self-evident and could be easily observed on plain radiograph at three months post-treatment. Reduced bleeding was appreciated when probing depth was measured. As well, the clinical attachment level was noted to be improved at three months post-treatment. The results of this study strongly indicate that laser therapy can be effective in improvement of chronic periodontitis and reduction of periodontal pocket depth.

KEY WORDS: Chronic periodontitis, Er,Cr:YSGG laser, Laser therapy, Non-surgical treatment

서 론

치주질환은 치아 표면에 부착한 세균성 생체막(biofilm)에 저항하는 염증 면역반응에 의해 발생한다[1]. 스케일링과 치근활택술은 치근면의 병적 요인을 제거하기 위한 보존적이며 최소 침습적인 치료이고, 비외과적 치주 치료의 표준 술식(standard procedure)으로 받아들여지고 있다[2]. 하지만, 스케일링과 치근활택술은 깊은 치주낭(deep pocket), 치근이개부(furcation) 등에 접근이 어려워 치근면의 도말층(smear layer)이 잔존할 수 있고, 일부 백악질을 제거하

기 때문에 치료 후 지각과민(hypersensitivity)이 유발되는 한계점이 있다[3].

세균과 그 산물의 완벽한 제거 또는 최적의 창상 치유를 전통적인 기계적 치료만으로는 획득하기 어렵기 때문에 항생제(antimicrobial agent)를 이용한 화학적 치료(chemotherapy)를 부가적으로 적용하고 있으며, 이를 통해 세균의 감소 효과를 증진시키고, 향상된 창상 치유와 조직 재생을 시킬 수 있을 것으로 기대하고 있다[4]. 실제로 전신적(systemic) 항생제 투여 또는 국소 송달 항생제(local delivered antibiotics)를 이용한 항생요법(antimicrobial therapy)은 치주낭 내의 세균에 대한 살균(disinfection)효과가 있어서, 스케일링과 치근활택술에 부가적으로 적용할 만한 치료법이다. 그러나 잦은 항생제의 사용은 세균에 대한 저항성을 발생시킬 수 있는 잠재적인 위험이 있을 수 있다고 보고되었다. 이런 이유로 항생제를 대체할만한 부가적 치료법에 대한 연구들이 다양하게 이루어져 있고, 그

*Corresponding author: **Byung-Ock Kim**

Department of Periodontology, School of Dentistry, Chosun university, Chosun University, 309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 61452, Republic of Korea

Tel.: +82-62-220-3856, Fax: +82-62-224-4664

E-mail: bobkim@chosun.ac.kr

중 레이저를 이용한 치료가 각광을 받고 있다[5].

최근의 연구들에 의하면 전통적인 치주 치료 후에 부가적으로 레이저를 조사할 시, 치료효과를 향상시킨다는 결과가 보고되었다[6]. 또한, Erbium laser는 수기구 또는 초음파 기구와 비교 시 치석 제거(ablation)에 효과적이었으며, 치근 백악질(root cementum)의 보존에 더 나은 결과를 보인다고 보고되고 있다[7,8].

레이저는 치주낭 내의 상피조직과 결합조직의 제거(debridement), 치주조직에 침입한 세균의 불활성화(inactivation)를 시키는데 효과적이라고 보고되고 있으며, 이런 이유로 치주 치료 및 임플란트 치료에 레이저의 적용은 점점 더 확대되고 있다. 지금까지 다이오드(diode), 이산화탄소(CO₂), neodymium-doped yttrium aluminium garnet (Nd:YAG), erbium-doped yttrium aluminium garnet (Er:YAG) 레이저가 이용되어 왔는데, 최근에는 erbium, chromium-doped: yttrium, scandium, gallium, garnet(Er, Cr:YSGG) 레이저의 이용도 증가되고 있다.

이중에 Er,Cr:YSGG 레이저는 파장(wavelength)이 적외선(infrared)영역인 2,780 nm이고, 물(water) 분자와 하이드록실이온(OH⁻)에 특이적으로 흡수되는 특징을 가지기 때문에 다양한 분야에서 이용되어지고 있다. 골 절단(osteotomy), 성형술(plasty), 와동 형성(cavity preparation), 근관의 오염제거(decontamination of root canal), 지각과민 처치(treatment of hypersensitivity), 치근 표면의 생체막 제거에 이용되고 있다[9-11].

최근에는, 고출력 레이저(high-power-output laser)가 스케일링과 치근활택술에 부가적으로 이용됨에 따라 최소 침습적 치료에도 이용되고, 저출력 레이저(low-power-output laser) 또한 세포의 자극(cellular stimulation)과 스케일링과 치근활택술 후에 항생제의 활성화를 위해 이용되고 있다[12].

본 증례 보고는, 스케일링과 치근활택술 후 부가적으로 레이저를 적용하였을 때 얻어진 임상적 결과를 알고자 하는 것이다.

재료 및 방법

임상적 검사(Clinical examination)

치료 전과, 치료 후 3개월 시점에 구강 내의 임상적 지표들을 평가하였다. 치주낭 탐침기(Osung PWTM, Osung, Korea)를 이용하여 탐침 시 출혈(bleeding on probing), 치은 퇴축 깊이(gingival recession depth), 임상적 부착 수준(clinical attachment level)을 측정하였다. 또한 디지털 카메라(Nikon D3100[®], Nikon corporation, Japan)로 구강 내 사진 촬영을 시행하여, 치은 조직의 변화를 평가하였다.

방사선사진학적 검사(Radiographic examination)

치료 전과, 치료 후 3개월 시점에 치근단 방사선 사진 촬영(periapical view)을 시행하여, 치조골의 변화 양상을 관찰하였다.

Fig. 1. Specification of Radial firing tip(RFPT) 5-14 tip. The features are 580 μm diameter, 14 mm length, 4.0 W power and a 0.80 calibration factor. The laser is emitted to the long axis and side of the tip.

Setting						
Step 3	Tip	Power	Pulse Rate	Air	Water	Mode
Calculus Removal	RFPT5-14	1.5W	30Hz	11%	20%	H

Fig. 2. Settings of laser devices. In this study, the settings are 1.5W power, 38Hz pulse rate, 11% air, 20% water and H mode.

레이저 장치(Laser device)

증례에 사용된 레이저 기구는, Erbium, chromium: yttrium, scandium gallium, garnet 레이저 장치(Waterlase MD®, Waterlase BIOLASE Technology, USA)이다. 이 레이저는 2,780 nm 파장을 방출하고, 140-200 μ s의 펄스 지속시간(pulse duration), 펄스/초(pulse/second)는 20이다. 출력 강도(power output)는 0-60W(300 mJ/pulse)로 범위가 다양하다. 레이저 출력의 세팅은 다음과 같다. RFPT5-14 tip (Fig. 1), 1.5W power, 30Hz pulse rate, 11% air, 20% water, H mode로 설정했다(Fig. 2). 치근 표면에 레이저 조사는 약 15~30도 각도로 접근했고, 치근면에 직접적으로 접촉하지 않은 상태에서 조사하였다. 총 조사시간은 협측과 설측 각각 15초, 치아 당 평균 30초 조사하였다.

증례보고

증례 1

40세 여자 환자로 치근단 방사선 사진에서 전반적인 치석 침착 및 치조골 흡수, 특히 대구치 부위에 심한 골 흡수 소견이 관찰된다(Fig. 3). 전반적인 만성 치주염으로 진단 후 상악 우측 제1대구치(#26)치아의 발거 및 Er,Cr:YSGG 레이저를 이용한 치주 치료를 진행하였다.

첫 내원 시, 초음파 치석제거 기구(Cavitron®Plus™,

Dentsply, USA)을 이용하여 치은 연상 스케일링(supra-gingival scaling)을 시행하였다. 약 3주 후, 상악의 협측과 구개측 치은에 1:100,000 에피네프린이 함유된 리도케인(2% lidocaine HCl-epinephrine Inj., Yuhan, Korea)을 이용하여 침윤마취 시행 후, Er,Cr:YSGG 레이저를 조사하였다. 레이저 조사 후, 투약은 시행하지 않았다. 상악 치료 후, 약 1주일 뒤에 하악을 동일한 과정으로 치료를 시행하였다.

치료 후 3개월 시점에 초진 시와 동일하게 치근단 방사선 사진 촬영 및 임상 검사를 시행하였다(Fig. 3).

초진 임상 검사 시, 탐침 시 출혈율(Bleeding on probing rate, BOP rate)이 24.2%, 4 mm 이상의 깊은 치주낭이 28 곳, 7 mm 이상의 깊은 치주낭이 6곳, 임상적 부착소실(loss of clinical attachment level)이 7.6 mm로 측정되었다. 3개월 후 재평가 시에는, 탐침 시 출혈율(Bleeding on probing rate, BOP rate)이 13.6%, 4 mm 이상의 깊은 치주낭이 8 곳, 7 mm 이상의 깊은 치주낭이 3곳, 임상적 부착 소실(loss of clinical attachment level)이 4.2 mm로 많이 개선되었다(Table 1). 치근단 방사선 사진 비교 시, 치주낭 내의 잔존하는 치석이 관찰되지만, 전반적으로 치석이 제거된 것이 관찰된다.

디지털 카메라를 이용한, 구강 내 임상사진 비교에서도 치료 전에 관찰되었던 전반적인 치은의 발적(redness)과 부종(swelling)이 감소되었고, 치간유두의 퇴축이 관찰된다(Fig. 4).

Fig. 3. Standard radiograph(#16) of Case I. After laser irradiation, calculus was removed on furcation area of right maxillary first molar(#16).

Table 1. Results of clinical evaluation. Baseline and after 3 months

	Baseline				After 3 months			
	BOP rate (%)	PPD $\geq$ 4 mm (sites)	PPD $\geq$ 7 mm (sites)	Loss of CAL (mm)	BOP rate (%)	PPD $\geq$ 4 mm (sites)	PPD $\geq$ 7 mm (sites)	Loss of CAL (mm)
Case I	24.2	28	6	7.6	13.6	8	3	4.2
Case II	29.1	37	8	6	14.8	8	0	3.9
Case III	34.7	43	20	8	4.2	12	7	4.5

After Er,Cr:YSGG laser irradiation, all clinical parameters were improved. The BOP rate and PPD were decreased. Loss of CAL was increased. (BOP rate (%) : Bleeding on probing rate, PPD (mm) : Probing pocket depth, Loss of CAL (mm) : Loss of clinical attachment level).

증례 2

40세 남자 환자로 치근단 방사선 사진에서 치석 침착이 미약하지만 전반적인 치조골 흡수, 특히 구치부의 국소 치조골 흡수와 치주인대강이 확장된 소견이 관찰되었다. 치료 과정은 앞선 증례와 동일한 순서로 진행하였다.

초진 임상 검사 시, 탐침 시 출혈율(Bleeding on probing rate, BOP rate)이 29.1%, 4 mm 이상의 깊은 치주낭이 37 곳, 7 mm 이상의 깊은 치주낭이 8곳, 임상적 부착소실(loss of clinical attachment level)이 5.9 mm로 측정되었다. 3개

월 후 재평가 시에는, 탐침 시 출혈율(Bleeding on probing rate, BOP rate)이 14.8%, 4 mm 이상의 깊은 치주낭이 8 곳, 7 mm 이상의 깊은 치주낭이 0곳, 임상적 부착소실(loss of clinical attachment level)이 3.9 mm로 많이 개선되었다(Table 1). 치료 전과 후의 치근단 방사선 사진 비교 시, 치료 전에 치석 침착이 심하지 않았기 때문에, 치료 결과에 있어서 큰 차이를 보이지 않았다.

임상 사진 비교에서도 치료 전에 관찰되었던 발적과 부종이 감소되었다(Fig. 5).

Fig. 4. Intra-oral photograph of Case I. Swelling, redness and bleeding were observed at initial photograph. After 3 months, swelling was reduced.

Fig. 5. Intra-oral photograph of Case II. Redness on marginal gingiva was observed at initial photograph. After 3 months, decreased redness and gingival recession were observed.

Fig. 6. Standard radiograph(#36) of Case III. After laser irradiation, calculus was removed on distal root of right mandibular second premolar(#35) and first molar(#36).

Fig. 7. Intra-oral photograph of Case III. Gingival redness and swelling were observed at initial photograph. After 3 months, decreased inflammation sign and gingival recession was developed.

증례 3

38세 여자 환자로 치근단 방사선 사진에서 전반적인 치석 침착 및 구치부의 국소적인 치조골 흡수가 관찰되었다(Fig. 6). 전반적인 만성 치주염으로 진단 후 레이저 치주 치료를 시행하였다.

초진 임상 검사 시, 탐침 시 출혈율(Bleeding on probing rate, BOP rate)이 34.7%, 4 mm 이상의 깊은 치주낭이 43 곳, 7 mm 이상의 깊은 치주낭이 20곳, 임상적 부착소실(loss of clinical attachment level)이 8.3 mm로 측정되었다. 3개월 후 재평가 시에는, 탐침 시 출혈률(Bleeding on probing rate, BOP rate)이 4.2%, 4 mm 이상의 깊은 치주낭이 12곳, 7 mm 이상의 깊은 치주낭이 7곳, 임상적 부착소실(loss of clinical attachment level)이 4.5 mm로 많이 개선되었다(Table 1). 치근단 방사선 사진 비교 시, 비외과적 치주치료 후에 치석이 양이 감소하는 하였지만, 잔존 치석이 관찰되었다(Fig. 6).

임상 사진 비교에서도 상악 우측 제2소구치(#15)의 원심면 치주낭 감소, 하악 우측 제2소구치(#45) 인접면 치간유두의 부종 감소와 전반적인 치은연의 발적이 감소되었다(Fig. 7).

결 과

스케일링 시의 치은 연상 치석제거 효과를 완전히 배제할 수는 없지만, 세 증례 모두에서, 탐침 시 출혈율(bleeding on probing rate, BOP rate), 4 mm 이상의 깊은 치주낭, 7 mm 이상의 깊은 치주낭, 임상적 부착 소실(loss of clinical attachment level)이 감소하였고, 임상 사진 비교 시 전반적인 치은의 발적 및 부종이 감소되었다. 치근단 방사선 사진에서는, Er,Cr:YSGG 레이저를 이용한 비외과적 치주 치료 후에, 깊은 치주낭 혹은 레이저 기구가 접근하기 어려

운 곳에 잔존 치석이 관찰되는 한계점은 있으나, 전반적으로 치석이 제거된 것이 관찰된다.

고 찰

여러 연구들에서, 레이저 조사 시, 골모세포(osteoblast), 파골세포(osteoclast), 화학적 매개체를 방출하여 골 조직 형성을 자극시킨다고 보고하였다[13,14].

조사된 에너지는 선택적으로 물 분자나 하이드록실기 이온(OH⁻)에 흡수되어 열과 증기를 발생(vaporization)시키고, 조직 내압을 증가시켜서 미세폭발(micro explosion)과 기질의 제거를 유발시킨다.

이 증례에서, Er,Cr:YSGG 레이저는 1.0W의 에너지로 조사하여 치주 치료를 진행하였다. In vitro 연구에서, Ting 등[14]은 다양한 범위의 Er,Cr:YSGG 레이저 출력을 이용하여 치근면의 형태를 변화시키지 않으면서, 도말층(smear layer)만을 제거시킬 수 있는지를 평가하였다. 전자현미경 상에서, 1.0W의 출력으로 조사하였을 때, 치근 표면 형태의 변화 없이 가장 효과적으로 도말층이 제거된 것을 확인하였다. 출력에 대한 연구 이외에도, 조사 각도(angle), 적용 시간(application time), tip의 길이, 물/공기 비율이 레이저의 효과에 어떻게 작용하는지 평가하였다[15-21].

Oliveira 등[22]은 형태(morphology), 혈병의 부착(adhesion of blood component), 치근면의 거칠기(roughness)와 마모(wear)에 대하여 Er,Cr:YSGG 레이저 조사 각도의 영향을 연구하였다. 30°, 45°, 60°, 90°로 조사하였는데, 조사 각도가 증가할수록 치근의 거칠기와 마모가 증가하였고, 약 15~30°로 조사하였을 때, 치근의 거칠기와 마모를 최소화할 수 있다고 보고하였다. 또한, 15% 정도의 물을 주수하는 것이 치아와 콜라겐 섬유 부착에 손해를 주지 않고 치주 치료에 적절하다고 하였다. Meister 등[15]은 지속적인

Fig. 8. Bactericidal effect of Er,Cr:YSGG laser. After Er,Cr:YSGG laser irradiation, movement and vitality of bacteria were decreased.

냉각(cooling)을 시키면, 조직에 Er,Cr:YSGG 레이저와 물 분자가 상호작용하여 제거(ablation)효율을 상승시킨다고 하였다.

이 증례에서 치료 전과 후의 치은 염증이 감소한 이유로, 레이저의 치석제거 효과와 살균효과(bactericidal effect)로 생각된다.

여러 연구에서 기계적인 방법에 의한 생체막의 제거에 덧붙여, 레이저를 조사하면 치주 병원균과 그들이 산물을 제거할 수 있었다[15,16]. 증례에 이용한 Er,Cr:YSGG 레이저의 파장은 Er:YAG 레이저와 유사한 파장을 방출하기 때문에, 세균의 살균효과에서도 유사한 효과를 보일 것으로 예상된다.

세 번째 증례의 환자에서, 치태를 채득하여 Er,Cr:YSGG 레이저를 조사하기 전과 약 5초간 조사 후의 치주 세균의 활동성을 위상차현미경을 이용하여 관찰하였는데, 레이저를 조사한 후 현저히 세균의 활동성이 낮아진 것을 확인할 수 있었다(Fig. 8). 하지만 Er,Cr:YSGG 레이저가 치근면과 생체막(biofilm)에 끼치는 효과를 확인하기 위한 추가적인 실험이 필요할 것으로 고려된다.

전통적인 치주치료와 비교 시, 레이저 치주 치료의 임상적 결과에 대해서 많은 논쟁이 있다. 레이저를 조사했을 때 임상적, 미세생물학적 결과가 더 양호하다는 보고가 있는 반면[17,18], 전통적인 스케일링과 치근활택술과 비교했을 때 레이저를 부가적으로 조사한 것이 임상적으로 이점이 없다는 보고도 있다[19,20]. 많은 논쟁이 있지만, Er,Cr:YSGG 레이저를 이용한 비외과적 치주 치료 시, 치주낭 내의 치석을 완벽하게 제거하지 못하는 제한점이 있지만 치주 조직의 염증 감소 효과는 있는 것으로 생각된다. 향후 미세생물학적 평가를 위한 부가적인 연구와 장기적인 임상에서 효과를 분석해야 할 것으로 고려된다.

감사의 글

이 논문은 2016학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no competing interests.

ORCID

Hyun-Woo Kim 0000-0003-3023-3545
 Won-Pyo Lee 0000-0003-1911-3454
 Sang-Joun Yu 0000-0001-8818-549X
 Byung-Ock Kim 0000-0001-8952-617X

References

1. Tatakis DN, Kumar PS. Etiology and pathogenesis of periodontal diseases. *Dent Clin North Am* 2005;49:491-516. doi: 10.1016/j.cden.2005.03.001.
2. Cobb CM. Non-surgical pocket therapy: mechanical. *Ann Periodontol* 1996;1:443-490.
3. Flemmig TF, Beikler T. Control of oral biofilms. *Periodontol* 2000 2011;55:9-15. doi: 10.1111/j.1600-0757.2010.00383.x.
4. Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA,

- Takasaki AA, Romanos GE, Taniguchi Y, Sasaki KM, Zeredo JL, Koshy G, Coluzzi DJ, White JM, Abiko Y, Ishikawa I, Izumi Y. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol* 2000 2015; 68:217-269. doi: 10.1111/prd.12080.
5. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA, Mizutani K, Sasaki KM, Izumi Y. Application of lasers in periodontics: true innovation or myth? *Periodontol* 2000 2009;50:90-126. doi: 10.1111/j.1600-0757.2008.00283.x.
6. Aoki A, Sasaki KM, Watanabe H, Ishikawa I. Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol* 2000 2004; 36:59-97. doi: 10.1111/j.1600-0757.2004.03679.x.
7. Hakki SS, Berk G, Dundar N, Saglam M, Berk N. Effects of root planing procedures with hand instrument or erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser irradiation on the root surfaces: a comparative scanning electron microscopy study. *Lasers Med Sci* 2010;25:345-353. doi: 10.1007/s10103-009-0643-x.
8. Tachibana A, Marques MM, Soler JM, Matos AB. Erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser for caries removal: influence on bonding of a self-etching adhesive system. *Lasers Med Sci* 2008;23:435-441. doi: 10.1007/s10103-007-0503-5.
9. De Freitas PM, Rapozo-Hillo M, Eduardo CDP, Featherstone JDB. In vitro evaluation of erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser-treated enamel demineralization. *Lasers Med Sci* 2010;25:165-170. doi: 10.1007/s10103-008-0597-4.
10. Mm J, Nk B, A P. Minimal intervention dentistry - a new frontier in clinical dentistry. *J Clin Diagn Res* 2014;8: ZE04-8. doi: 10.7860/JCDR/2014/9128.4583.
11. Pourzarandian A, Watanabe H, Aoki A, Ichinose S, Sasaki KM, Nitta H, Ishikawa I. Histological and TEM examination of early stages of bone healing after Er: YAG laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 2004;22:342-350. doi: 10.1089/pho.2004.22.342.
12. Mizutani K, Aoki A, Coluzzi D, Yukna R, Wang CY, Pavlic V, Izumi Y. Lasers in minimally invasive periodontal and peri-implant therapy. *Periodontol* 2000 2016;185-212. doi: 10.1111/prd.12123.
13. Ozawa Y, Shimizu N, Kariya G, Abiko Y. Low-energy laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell in rat calvarial cells. *Bone* 1998;22:347-354. doi: 10.1016/S8756-3282(97)00294-9.
14. Ting CC, Fukuda M, Watanabe T, Aoki T, Sanaoka A, Noguchi T. Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation on the root surface: morphologic analysis and efficiency of calculus removal. *J Periodontol* 2007;78:2156-2164. doi: 10.1902/jop.2007.070160.
15. Meister J, Franzen R, Forner K, Grebe H. Influence of the water content in dental enamel and dentin on ablation with erbium YAG and erbium YSGG lasers. *J Biomed Opt* 2006;11:34030. doi: 10.1117/1.2204028.
16. Arnabat J, Escibano C, Fenosa A, Vinuesa T, Gay-Escoda C, Berini L, Viñas M. Bactericidal activity of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in root canals. *Lasers Med Sci* 2010;25:805-810. doi: 10.1007/s10103-009-0693-0.
17. Akiyama F, Aoki A, Miura-Uchiyama M, Sasaki KM, Ichinose S, Umeda M, Ishikawa I, Izumi Y. In vitro studies of the ablation mechanism of periodontopathic bacteria and decontamination effect on periodontally diseased root surfaces by erbium:yttrium-aluminum-garnet laser. *Lasers Med Sci* 2011;26:193-204. doi: 10.1007/s10103-010-0763-3.
18. Kelbauskienė S, Baseviciene N, Goharkhay K, Moritz A, Machiulskiene V. One-year clinical results of Er,Cr:YSGG laser application in addition to scaling and root planning in patients with early to moderate periodontitis. *Lasers Med Sci* 2011;26:445-452. doi: 10.1007/s10103-010-0799-4.
19. Qadri T, Javed F, Poddani P, Tuner J, Gustafsson A. Long-term effects of a single application of water-cooling pulsed Nd:YAG laser in supplement to scaling and root planing in patients with periodontal inflammation. *Lasers Med Sci* 2011;26:763-766.
20. Euzebio Alves VT, de Andrade AK, Toaliar JM, Conde MC, Zezell DM, Cai S, Pannuti CM, De Micheli G. Clinical and microbiological evaluation of high intensity diode laser adjunct to non-surgical periodontal treatment: a 6-month clinical trial. *Clin Oral Investig* 2013;17:87-95. doi: 10.1007/s00784-012-0703-7.
21. Rotundo R, Nieri M, Cairo F, Franceschi D, Mervelt J, Bonaccini D, Esposito M, Pini-Prato G. Lack of adjunctive benefit of Er:YAG laser in non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial. *J Clin Periodontol* 2010;37:526-533. doi: 10.1111/j.1600-051X.2010.01560.x.
22. de Oliveira GJ, Pavone C, Sampaio JE, Marcantonio RA. Influence of the angle of irradiation of the Er,Cr:YSGG laser on the morphology, attachment of blood components, roughness and root wear: in vitro study. *Lasers Surg Med* 2010;42:683-691. doi: 10.1002/lsm.20973.