

ПРИМЕНА НА ВИСОКОЕНЕРГЕТСКИТЕ ЛАСЕРИ ВО ПАРОДОНТАЛНАТА ТЕРАПИЈА

Пешевска С., Накова М., Ивановски К., Миндова С.

СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ - Скопје, ²Катедра

Ласериите денес прејстипавуваат базични компоненти на модерната стоматолозија. Бенефитите од ласерската технологија како прецизната ткивна аблација, бактерицидниот и ефектиот на дејоксификација, хемостазата, но и фото-биомодификацијата и биостимулацијата се корисни во пародонтологијата, па апликацијата на високоенергетските ласери е сугерирана како дојолнишелна или алтернативна алатка кон конвенционалната пародонцијална механичка терапија.

Стоматолошката литература содржи бројни прикази на случаи, недоволно научно базирани исцрпувања кои известуваат за позитивни ефекти на високоенергетската ласер терапија во пародонтологијата. Конфликтните известувања за резултатите од примената на високоенергетските ласери во пародонцијалната терапија добиени од базичните и контролираните клинички иследувања се уште една причина за дилемите околу дојолнишелната или алтернативна ласер терапија во пародонцијалната терапија. Преждој на литературата не укажува на заклучокот дека во овој момент ласер терапијата, или ласерски асистиранија терапија на пародонцијалните џебови, може да биде вештачки нов период во пародонцијалната терапија. CO₂ ласериите не се погодни за нехирушка пародонцијална терапија бидејќи овој ласер има пошеницијал да произведе термички оштетувања, додека Nd:YAG и диодните ласери се препорачани за бактеријска елиминација како и за мекоткивен дебридмент во пародонцијалните џебови како дојолна на нехирушката пародонцијална терапија, во комбинација со механичката инстументација.

Ер:YAG ласериите се најпозгодни за обработка на коренската површина (отстранување на калкулус и деконтаминација), како дојолна или алтернативна на механичката обработка. Но, нема јасни трендови кои покажуваат супериорност на ласериите во однос на конвенционалниот механички период.

Клучни зборови: високоенергетски ласери, пародонцијална терапија

Ласерите денес претставуваат базични компоненти на модерната стоматологија. Бенефитите од ласерската технологија како прецизната ткивна аблација, бактерицидниот и ефектот на детоксификација, хемостазата, но и фото-биомодификацијата и биостимулацијата се корисни во пародонтологијата, па апликацијата на високоенергетските ласери е сугерирана како дополнителна или алтернативна алатка кон конвенционалната пародонцијална механичка терапија (37, 2, 5, 18). Но, покрај бројните известувања за клиничката ефикасност на ласерите, сепак, анализата на литературата (4, 11, 12, 22, 37, 44) укажува дека има малку научни докази за поткрепа на претпоставените предности на примената на ласерот во терапијата на пародонцијалната болест во споредба со традиционалната терапија.

Првите стоматолошки ласери се одобрени од US Food and Drug Administration, (CO₂, Nd:YAG и диодните ласери) за примена само за мекоткивните процедури во пародонцијалната терапија.

гијата во 1990 г., а во 1997 г. и за аблација на меки и цврсти ткива во пародонталните џебови и во усната празнина.

Ласерите се потполно различни од конвенционалните механички алатки бидејќи ги остваруваат своите ефекти не само со контактен начин, туку и безконтактно. Терапевтите кои го применуваат ласерот треба да ги познаваат фундаменталните карактеристики на секој ласер, но и специфичноста на оралните ткива. Ласерите генерално се класифицираат во 2 типа базирајќи се на брановата должина, тип 1 каде ласерското светло продира длабоко во ткивата (Nd:YAG и диодни ласери) и тип 2-ласерското светло е апсорбирано во суперфицијалните слоеви (CO₂, Er:YAG, Er, Cr:YSGG ласери). Дејството на ласерите на ткивото зависи во прв ред од техничките карактеристики на ласерот и од физиолошко-хемиската и биолошката состојба на ткивата.

Кога биолошките ткива се ирадирани со ласерско светло, може да се појават 4 типа на интеракции: апсорпција, рефлексија, расејување и трансмисија, кои ќе предизвикаат бројни физиолошки, биомодулаторни и биостимулаторни ефекти.

Високоенергетските ласери лесно вршат аблација и преобликување на меките ткива, ја зголемуваат хемостазата преку индуцирана со топлина коагулација и оклузија на артериолите, венулите и капиларите. Настанатата хемостаза дозволува чисто и потполно видливо поле, а едновременно се постигнува и силен бактерициден ефект на таргетното место. Како резултат на директната аблација и можноста од термички несакани ефекти во пародонталните ткива во тек на ирадијацијата на пародонталните џебови и при несоодветната примена на ласерот може да се причини натамошна деструкција на интактниот апарат за атачирање на дното на пародонталниот џеб, како и прекумерна аблација на коренската површина и гингивалното ткиво (5). Во пародонталната терапија механичката обработка на коренските површини со рачни или ултразвучни инструменти е ултимативна. Но, потполно

отстранување на бактериските депозити и нивните токсини од коренските површини не се постигнува само со примена на конвенционалната механичка терапија (1). Дополнително, специфичната коренска анатомија, ограничениот пристап до пределите како што се фуркациите и вдлабнувањата претставуваат ограничувачки фактори за успешна механичка инструментација. Флексибилната фиброоптика на ласерите го надминува овој проблем на достапност и на најнепристапните пародонтални предели, што заедно со бројните позитивни ефекти е причина за воведување на ласер терапијата во пародонтологијата. Базичните студии известуваат за несакани термални ефекти, како што се топење, создавање пукнатини или јагленисување при примена на CO₂ и Nd:YAG ласерите директно на коренските површини (48, 49, 51). CO₂ ласерот веднаш го јагленисува цементот (36) и се добиваат токсични продукти како цијанамид и цијанатни јони, кои со хемиска анализа се јасно детектирани во јагленисаниот слој (45). Резидуалниот јагленски слој го инхибира пародонталниот мекоткивен атачмент *in vivo* (21) и затоа фокусираната CO₂ ласер ирадијација е контраиндицирана за третман на коренската површина. Што се однесува за Nd:YAG ласерот, површинската штета и формирањето кратери со јагленисување, топење и создавање кратери се забележани по ирадијација *in vivo* дури и кога ирадијацијата е изведена паралелно со забната површина (31). Иако е известно дека третираните коренски површини со Nd:YAG ласерот се непогодни за фибробластен атачмент *in vitro* (47) промените на ирадираната површина се реверзибилни и дополнителна коренска терапија како обработување и полирање може да ја обнови биокompatбилноста на коренската површина (23). Ефектите на диодните ласери врз коренските површини, се проценети во мал број на истражувања кои известуваат за оштетувања на тврдите ткива на пародонтот при несоодветни параметри (24). CO₂, Nd:YAG и диодните ласери се неефикасни во отстранувањето на минерализираните депозити од коренски-

те површини (49). Според причинско поврзаниот концепт на пародонталната терапија (34) главната цел на терапијата е отстранувањето на калцифицираните депозити од коренските површини и затоа овие типови на ласери треба да бидат применети само како дополна на механичката пародонтална терапија.

За разлика од овие ласери, Er:YAG ласерот е способен за лесно отстранување на субгингивалниот калкулус без големи термички измени на коренската површина *in vitro* (2, 3, 5), слично како и ултрасоничните инструменти, а длабочината на цементната аблација, кога контактниот врв е насочен косо кон коренската површина е 15-30 μm (5). Er:YAG ласерскиот третман *in vivo* може да обезбеди селективно отстранување на субгингивалниот калкулус до ниво еднакво на она кое се добива со обработка на коренската површина (39, 42), што е спротивно на наодот на други (16). Во однос на биокомпатибилноста на Er:YAG ласерираните коренски површини, известувањата се спротивставени и еден дел од авторите известуваат дека микроструктурираната површина сама по себе не е погодна за клеточен атачмент (26). Но, некои истражувања покажуваат дека кога е избрана соодветна енергија, коренската површина по Er:YAG ласерирањето овозможува подобри услови за адхеренција на фибробластите *in vitro*, отколку по механичката обработка на коренската површина (7, 17, 38).

Конвенционалните методи за терапија на пародонталната болест не се потполно ефикасни во елиминирањето на сите типови бактерии. Ограничувањата на локалната и системската антибиотска терапија во пародонтологијата ја отвораат можноста новите технички модалитети кои имаат дополнителни бактерицидни ефекти, како ласерите, да најдат свое место во пародонтологијата. Кога станува збор за CO₂ ласерот, поради недостаток на соодветен систем за спроведување со погодни контактни делови за пародонтална терапија, само неколку клинички истражувања известуваат за ефектите на

овие ласери при нехируршкиот третман на пародонтопатијата (28, 32), но авторите го акцентираат ефектот на деконтаминација (6, 13, 27). Nd:YAG ласерот покрај бактерицидното дејство врши и инактивација на ендотоксините на коренски површини (19). Големият бактерициден ефект на Nd:YAG ласерот во пародонталните џебови е детектиран во некои клинички студии (8, 10), но нема разлики во споредба со класичната обработка (35). Од друга страна, клиничките подобрувања по терапијата само со Nd:YAG ласерот се слични на оние по третманот на коренската површина со ултрасонична инструментација, а сигнификантно опаѓање во количеството на *Porph. gingivalis* во субгингивалниот плак, во волуменот на гингивалниот флуид и количеството на Ил 1 во гингивалниот флуид е забележано посттерапевски (28). Поголема редукција на длабочината на пародонталните џебови и постигнување на атачмент и редукција во бројот на пародонтопатогените бактерии е добиена по ирадијацијата со Nd:YAG ласерот во комбинација со локално аплицирање на миноциклин, споредено со ласерска ирадијација самостојно при терапија на пародонтопатијата (33). Една од можните предности на ласер терапијата на пародонталните џебови е дебридментот на мекоткивниот сид. Gold&Vilardi (20) известуваат за безбедна примена на Nd:YAG ласерот за отстранување на епителот на пародонталниот џеб без да предизвика некроза или јагленисување на врзното ткиво *in vivo*. Примената на Nd:YAG ласерот во постапката на ласерски помогнатото добивање на нов припоен епител (ЛАНАП) е препорачана за третман на пародонталните џебови (Food and Drug Administration 510 k clearance K030290), (53).

Примената на диодните ласери се фокусира на дополнителна примена заедно со класичната терапија, заради потенцијалот за редукција или елиминација на бактериите од пародонталните џебови. Пулсните диодни ласери (805nm) продуцираат повисоки нивоа на бактериска елиминација во пародонталните џебови од конвенционалната обра-

ботка самостојно, особено на *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (29). Примената на дополнително-пулсно (30) или континуирано браново (25) диодно ласерско ирадирање по обработката покажала сигнификантно повисока бактериска редукција и намалување на длабочината на пародонталните џебови од обработката на коренската површина по 6 месеци од терапијата што е опортуно на наодите на друга група автори (9). По првото известување на Watanabe и сор. (50) кое ја покажало безбедноста и корисноста на Er:YAG ласерот при отстранување на субгингивалниот калкулус при нехируршката пародонтална терапија, неколку рандомизирани контролирани клинички истражувања известуваат за ефикасноста на Er:YAG ласерот во споредба со конвенционалните методи кои применуваат рачни кирети или ултрасонични инструменти (14,43). Иако овие истражувања покажале подобри клинички резултати по ласер терапијата повеќето неуспеле да покажат конзистентна супериорност и/или дополнителна корисност од ласер терапијата. Schwarz и сор.(40) известуваат за добивање слични или подобри резултати по Er:YAG ласерската терапија отколку конвенционалната пародонтална терапија во однос на редукцијата на крвавењето при сондирање, длабочината на пародонтален џеб, подобрувањето на нивото на клиничкиот атачмент и одржување на овие клинички подобрувања во тек на 2 годишен период (41). Er:YAG ласерот покажува голем бактерициден ефект кон пародонтопатогените бактерии на ниско енергетско ниво (29, 18) и овој ласер има потенцијал за отстранување на токсините кои дифундираат во цементот како што се бактериските липополисахариди (52).

Во однос на бактериската редукција, неодамнешно клиничко и микробиолошко истражување, не забележува супериорна редукција во бактерискиот број по терапијата со Er:YAG ласерот во споредба со ултрасоничните инструменти(15). Уште повеќе во

истражувањето кое го евалуира третманот на пародонталните џебови со Er:YAG ласерот во фазата на одржување на резултатите од пародонталната терапија, немало разлики во микробните профили помеѓу третманот со Er:YAG ласерот и ултрасоничната обработка, иако побрзо заздравување (намалување на длабочината на пародонтален џеб и постигнување на нивото на клиничкиот атачмент) со помалку дискомфорт во тек на третманот биле забележани во групата третирана со Er:YAG ласерот (46).

Ласер терапијата, или ласерски асистираниот терапија на пародонталните џебови, може да биде ветувачки нов приод во пародонтологијата. Но, базирајќи се на досегашните истражувања произлегува дека засега CO₂ ласерите не се погодни за нехируршка пародонтална терапија бидејќи овој ласер има потенцијал да произведе термички оштетувања.

Примената на Nd:YAG и диодните ласери е препорачана за бактериска елиминација како и за мекоткивен дебридмент во пародонталните џебови како дополна на нехируршката пародонтална терапија, во комбинација со механичката инструментација. Поради помалку ефикасното отстранување на субгингивалниот калкулус, како и значајното термичко оштетување кое може да го предизвикаат на коренската површина овие ласери неможат да бидат применети како замена за класичната обработка на пародонталните џебови со механичките инструменти.

Er:YAG ласерите се најпогодни за обработка на коренската површина (отстранување на калкулус и деконтаминација), како дополна или алтернатива на механичката обработка. Er:YAG ласерот може да биде потенцијален приод кој ќе обезбеди севкупен третман на меките и цврсти ткива во пародонталниот џеб и интракоскените дефекти. Но, нема јасни трендови кои покажуваат супериорност на ласерот во однос на конвенционалниот механички приод.

THE USE OF HIGH ENERGY LASERS IN PERIODONTAL THERAPY

Peševska S., Nakova M., Ivanovski K., Mindova S.

Summary

Lasers represent basic components of modern dentistry. The benefits of laser technology such as an accurate tissue ablation, the bactericidal and detoxification effects, hemostasis as well as photo-biomodification and biostimulation are useful in periodontology, so application of high-energy lasers has been suggested as an adjunctive or alternative tool to conventional periodontal mechanical therapy.

Dental literature contains numerous case reports, based on insufficient scientific researches, which have reported positive effects of high-energy laser therapy in periodontology. Conflicting reports about effects of high-energy lasers in periodontal therapy, obtained from basic and clinical controlled studies are another reason for the dilemma about alternative or adjunctive laser therapy in periodontology. A literature review led to the conclusion that at the moment laser therapy, or laser assisted therapy for periodontal pockets, may be a promising new approach in periodontics. CO₂ lasers are not suitable for periodontal therapy because this laser has the potential to produce thermal damage, while Nd:YAG and diode lasers are recommended for bacterial elimination and elimination of soft tissue, and periodontal pockets debridement as a supplement to periodontal therapy, combined with mechanical instrumentation.

Er:YAG lasers are most suitable for the root surface debridement (calculus removal and decontamination) as a supplement or alternative to mechanical root debridement. But there are no clear trends that indicate the superiority of lasers over conventional mechanical approach.

Key words: high energy lasers, periodontal therapy

Литература

1. Adriaens PA, Edwards CA, De Boever JA, Loesche WJ. Ultrastructural observations on bacterial invasion in cementum and radicular dentin of periodontally diseased human teeth. *J Periodontol* 1988; 59: 493–503.
2. 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: 1097–1106.
3. Aoki A, Miura M, Akiyama F, Nakagawa N, Tanaka J, Oda S, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro evaluation of Er:YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. *J Periodontol Res* 2000; 35: 266–277.
4. Aoki A, Mizutani K, Takasaki AA, et al. Current status of clinical laser applications in periodontal therapy. *Gen Dent* 2008;56(7):674–87.
5. Aoki A, Sasaki KM, Watanabe H, Ishikawa I. Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol* 2000, 2004;36: 59–97.
6. Barone A, Covani U, Crepsi R, Romanos GE. Root surface morphological changes after focused versus defocused CO₂ laser irradiation: a scanning electron microscopy analysis. *J Periodontol* 2002; 73: 370–373.
7. Belal MH, Watanabe H, Ichinose S, Ishikawa I. Effect of Er:YAG laser combined with rhPDGF-BB on attachment of cultured fibroblasts to periodontally involved root surfaces. *J Periodontol* 2007; 78: 1329–1341.
8. Ben Hatit Y, Blum R, Severin C, Maquin M, Jabro MH. The effects of a pulsed Nd:YAG laser on subgingival bacterial flora and on cementum: an in vivo study. *J Clin Laser Med Surg* 1996; 14: 137–143.
9. Borrajo JL, Varela LG, Castro GL, Rodriguez-Nunez I, Torreira MG. Diode laser (980 nm) as adjunct to scaling and root planing. *Photomed Laser Surg* 2004; 22: 509–512.
10. Cobb CM, McCawley TK, Killoy WJ. A preliminary study on the effects of the Nd:YAG laser on root surfaces and subgingival microflora in vivo. *J Periodontol* 1992; 63: 701–707.
11. Cobb CM. Lasers in periodontics: a review of the literature. *J Periodontol* 2006; 77(4):545–64.
12. Charles M. Cobb, Samuel B. Low, Donald J. Coluzzi. Lasers and the treatment of chronic periodontitis. *Dent Clin N Am* 2010; 54: 35–53.
13. Coffelt DW, Cobb CM, MacNeill S, Rapley JW, Killoy WJ. Determination of energy density threshold for laser ablation of bacteria. An in vitro study. *J Clin Periodontol* 1997; 24: 1–7.
14. Crespi R, Cappare P, Toscanelli I, Gherlone E, Romanos GE. Effects of Er:YAG laser compared to ultrasonic scaler in periodontal treatment: a 2-year follow-up split-mouth clinical study. *J Periodontol* 2007; 78: 1195–1200.
15. Derdilopoulou FV, Nonhoff J, Neumann K, Kielbassa AM. Microbiological findings after periodontal therapy using cures, Er:YAG laser, sonic, and

- ultrasonic scalers. *J Clin Periodontol* 2007; 34: 588–598.
16. Eberhard J, Ehlers H, Falk W, Acil Y, Albers HK, Jepsen S. Efficacy of subgingival calculus removal with Er:YAG laser compared to mechanical debridement: an in situ study. *J Clin Periodontol* 2003; 30: 511–518.
 17. Feist IS, De Micheli G, Carneiro SR, Eduardo CP, Miyagi S, Marques MM. Adhesion and growth of cultured human gingival fibroblasts on periodontally involved root surfaces treated by Er:YAG laser. *J Periodontol* 2003; 74: 1368–1375.
 18. Folwaczny M, Mehl A, Aggstaller H, Hickel R. Antimicrobial effects of 2.94 micron Er:YAG laser radiation on root surfaces: an in vitro study. *J Clin Periodontol* 2002; 29: 73–78.
 19. Fukuda M, Minoura S, Ishikawa K, Ogura N, Ueda N, Murase M, Sugihara N, Kato K, Nakagaki H, Noguchi T. Effects of Nd:YAG laser irradiation on endotoxin in exposed cementum. *Jpn J Conserv Dent* 1994; 37: 711–716.
 20. Gold SI, Vilardi MA. Pulsed laser beam effects on gingiva. *J Clin Periodontol* 1994; 21: 391–396.
 21. Gopin BW, Cobb CM, Rapley JW, Killoy WJ. Histologic evaluation of soft tissue attachment to CO₂ laser-treated root surfaces: An in vitro study. *Int J Periodont Rest Dent* 1997; 17: 317–325.
 22. Karlsson MR, Löfgren CID, Jansson HM. The effect of laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment in subjects with chronic periodontitis: a systematic review. *J Periodontol* 2008; 79(11):2021–8.
 23. Khadra M, Ronold HJ, Lyngstadaas SP, Ellingsen JE, Haanaes HR. Low-level laser therapy stimulates boneimplantboneimplant interaction: an experimental study in rabbits. *Clin Oral Implants Res* 2004; 15: 325–332.
 24. Kreisler, M., Al Haj, H., Daublander, M., Gotz, H., Duschner, H., Willershausen, B. & D'Hoedt, B. Effect of diode laser irradiation on root surfaces in vitro. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* 2002; 20: 63–69.
 25. Kreisler M, Al Haj H, d_Hoedt B. Clinical efficacy of semiconductor laser application as an adjunct to conventional scaling and root planing. *Lasers Surg Med* 2005; 37: 350–355.
 26. Maruyama H, Aoki A, Sasaki KM, Takasaki AA, Iwasaki K, Ichinose S, Oda S, Ishikawa I, Izumi Y. The effect of chemical and/or mechanical conditioning on the Er:YAG laser-treated root cementum: analysis of surface morphology and periodontal ligament fibroblast attachment. *Lasers Surg Med* 2008; 40: 211–222.
 27. Misra V, Mehrotra KK, Dixit J, Maitra SC. Effect of a carbon dioxide laser on periodontally involved root surfaces. *J Periodontol* 1999; 70: 1046–1052.
 28. Miyazaki A, Yamaguchi T, Nishikata J, Okuda K, Suda S, Orima K, Kobayashi T, Yamazaki K, Yoshikawa E, Yoshie H. Effects of Nd:YAG and CO₂ laser treatment and ultrasonic scaling on periodontal pockets of chronic periodontitis patients. *J Periodontol* 2003; 74: 175–180.
 29. Moritz A, Gutknecht N, Doertbudak O, Goharkhay K, Schoop U, Schauer P, Sperr W. Bacterial reduction in periodontal pockets through irradiation with a diode laser: a pilot study. *J Clin Laser Med Surg* 1997; 15: 33–37.
 30. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Schauer P, Doertbudak O, Wermisch J, Sperr W. Treatment of periodontal pockets with a diode laser. *Lasers Surg Med* 1998; 22: 302–311.
 31. Morlock BJ, Pippin DJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW. The effect of Nd:YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing: an in vitro study. *J Periodontol* 1992; 63: 637–641.
 32. Mullins SL, MacNeill SR, Rapley JW, Williams KB, Eick JD, Cobb CM. Subgingival microbiologic effects of one-time irradiation by CO₂ laser: a pilot study. *J Periodontol* 2007; 78: 2331–2337.
 33. Noguchi T, Sanaoka A, Fukuda M, Suzuki S, Aoki T. Combined effects of Nd:YAG laser irradiation with local antibiotic application into periodontal pockets. *J Int Acad Periodontol* 2005; 7: 8–15.
 34. O'Leary, T. J. The impact of research on scaling and root planing. *Journal of Periodontology* 1986; 57: 69–75.
 35. Radvar M, MacFarlane TW, MacKenzie D, Whitters CJ, Payne AP, Kinane DF. An evaluation of the Nd:YAG laser in periodontal pocket therapy. *Br Dent J* 1996; 180: 57–62.
 36. Sasaki KM, Aoki A, Masuno H, Ichinose S, Yamada S, Ishikawa I. Compositional analysis of root cementum and dentin after Er:YAG laser irradiation compared with CO₂ laser and intact roots using Fourier transformed infrared spectroscopy. *J Periodontal Res* 2002; 37: 50–59.
 37. Schwarz F, Aoki A, Becker J, Sculean A. Laser application in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2008; 35(Suppl. 8): 29–44.
 38. Schwarz F, Aoki A, Sculean A, Georg T, Scherbaum W, Becker J. In vivo effects of an Er:YAG laser, an ultrasonic system and scaling and root planing on the biocompatibility of periodontally diseased root surfaces in cultures of human PDL fibroblasts.

- Lasers Surg Med 2003; 33: 140–147.
39. Schwarz F, Putz N, Georg T, Reich E. Effect of an Er:YAG laser on periodontally involved root surfaces: an in vivo and in vitro SEM comparison. *Lasers Surg Med* 2001; 29: 328–335.
40. 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: 361–367.
41. Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Georg T, Reich E, Becker J. Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planing. A 2-year follow up split-mouth study. *J Periodontol* 2003; 74: 590–596.
42. Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Szathmari L, Georg T, Becker J. In vivo and in vitro effects of an Er:YAG laser, a GaAlAs diode laser, and scaling and root planing on periodontally diseased root surfaces: a comparative histologic study. *Lasers Surg Med* 2003; 32: 359–366.
43. Sculean A, Schwarz F, Berakdar M, Romanos GE, Arweiler NB, Becker J. Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to ultrasonic instrumentation: a pilot study. *J Periodontol* 2004; 75: 966–973.
44. Slot DE, Kranendonk A, Paraskevas S, et al. The effect of a pulsed Nd:YAG laser in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. *J Periodontol* 2009; 80(7):1041–56.
45. Spencer P, Cobb CM, McCollum MH, Wieliczka DM. The effects of CO2 laser and Nd:YAG with and without water? air surface cooling on tooth root structure: correlation between FTIR spectroscopy and histology. *J Periodontol Res* 1996; 31: 453–462.
46. Tomasi C, Schander K, Dahlen G, Wennstrom JL. Shortterm clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance. *J Periodontol* 2006; 77: 111–118.
47. Trylovich DJ, Cobb CM, Pippin DJ, Spencer P, Killoy WJ. The effects of the Nd:YAG laser on in vitro fibroblast attachment to endotoxin-treated root surfaces. *J Periodontol* 1992; 63: 626–632.
48. Tseng P, Liew V. The potential applications of a Nd:YAG dental laser in periodontal treatment. *Periodontology (Australia)* 1990; 11: 20–22.
49. Tucker D, Cobb CM, Rapley JW, Killoy WJ. Morphologic changes following in vitro CO2 laser treatment of calculus adened root surfaces. *Lasers Surg Med* 1996; 18: 150–156.50. Watanabe H, Ishikawa I, Suzuki M, Hasegawa K. Clinical assessments of the erbium:YAG laser for soft tissue surgery and scaling. *J Clin Laser Med Surg* 1996; 14: 67–75.
51. Wilder-Smith, P., Arrastia, A. M., Schell, M. J., Liaw, L. H., Grill, G. & Berns, M. W. Effect of Nd:YAG laser irradiation and root planing on the root surface: structural and thermal effects. *Journal of Periodontology*, 1995; 66, 1032–1039.
52. Yamaguchi H, Kobayashi K, Osada R, Sakuraba E, Nomura T, Arai T, Nakamura J. Effects of irradiation of an erbium:YAG laser on root surfaces. *J Periodontol* 1997; 68: 1151–1155.
53. Yukna RA, Carr RL, Evans GH. Histologic evaluation of an Nd:YAG laser-assisted new attachment procedure in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007; 27: 577– 587.