

## ЕФЕКТИ НА ER:YAG ЛАЗЕРИТЕ ( $\lambda = 2940$ NM) ВЪРХУ ЖИВИТЕ ТЪКАНИ

Б. Благова

Катедра „Орална хирургия“, Факултет „Дентална медицина“, Медицински университет – Пловдив

## THE EFFECTS OF THE ER:YAG LASERS ( $\lambda = 2940$ NM) ON THE VITAL TISSUES

B. Blagova

Department of Oral Surgery, Faculty of Dental Medicine, Medical University – Plovdiv

**Резюме.** Er:YAG лазерите намират все по-широко приложение в медицината. През последните години са проведени много *in vitro* и *in vivo* проучвания с основна цел точно да се определят и изяснят непосредствените ефекти на лазерите върху живите тъкани, върху тяхната структура и функции. Въз основа на публикациите в много научни списания и възникналите въпроси, се взе решение да се направи обзор на тези ефекти. Основни източници на информация са статии, публикувани до настоящия момент. Резултатите на авторите са ретроспективно анализирани.

**Ключови думи:** Er:YAG лазери, орална хирургия

**Адрес за кореспонденция:** Д-р Бистра Благова, асистент, катедра „Орална хирургия“, Факултет „Дентална медицина“, бул. „Христо Ботев“ № 3, 4000 Пловдив, тел.: + 359 87 88 43 408, e-mail: [bistra\\_blagova@abv.bg](mailto:bistra_blagova@abv.bg)

**Summary.** The Er:YAG lasers are finding wider application in the medicine. Many *in vitro* and *in vivo* studies have been performed in recent years. Their main aim was to specify exactly and understand the direct laser effects on the vital tissues, on their morphology and functions. Based on the publications in many scientific journals and the questions arised, it was taken the decision a review of these effects to be done. Articles up to the present moment were used as a main information source. A retrospective analysis of the authors' results was performed.

**Key words:** Er:YAG lasers, oral surgery

**Address for correspondence:** Dr Bistra Blagova, assistant professor, Department of Oral Surgery, Faculty of Dental Medicine, 3 Hristo Botev Blvd., Bg – 4000 Plovdiv, tel.: + 359 87 88 43 408, e-mail: [bistra\\_blagova@abv.bg](mailto:bistra_blagova@abv.bg)

### УВОД

Съвременната медицина се стреми към възможно най-атравматично и същевременно максимално по обхват лечение. Внедряват се иновативни технологии от други области на науката. През последните десетилетия се разширява и утвърждава приложението на различните спектри на лазерното лъчение.

Терминът LASER е акроним за Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Принципите на работа на лазерите почиват върху концепцията за стимулирано излъчване на Алберт Айнщайн (1917), заложен в неговата Квантова теория. Според нея възбудените електрони в атома при връщането си

към състояние на покой, т.е. преминаване от по-високо към по-ниско енергийно ниво, освобождават разликата от тази енергия под формата на електромагнитно излъчване, което се отличава с монохроматичност, кохерентност и насоченост [1].

**Исторически факти.** В началото на 60-те години на XX в. за първи път в Маями е използван лазер върху екстрахиран зъби [1]. Оттогава се разширява спектърът на приложение на различните видове лазери в отделните медицински специалности, включително в денталната медицина [2, 3]. Първият документиран в литературата случай в оралната и лицево-челюстната хирургия е от 1977 год. на Shafir [1]. От 1997 год. Агенцията по храните

и лекарствата на САЩ одобрява приложението на Er:YAG върху тъканите в устната кухина [4].

**Биологични ефекти.** Взаимодействието на лазерното лъчение с биомолекулите предизвиква различни биологични реакции – фотобиологичен ефект (табл. 1). Условно те се поделят на групи, но всъщност са взаимно свързани. Зависят както от физичните характеристики на използваното лъчение, така и от биологичните особености и реактивност на тъканите [1, 4].

**Таблица 1. Ефекти на лазерното лъчение върху живите тъкани**

Фотобиологични ефекти	фотохимични	биостимулация фотодинамична терапия тъканна флуоресценция
	фототермични	фотоаблация/вапоризация фотопиролизис/коагулация
	фотомеханични	тъканно разединяване фотоакустични фотоелектрични/плазмолиза

Биостимулацията е сред основните фотобиологични ефекти. При нея се активират и засилват естествено протичащите репаративни и регенеративни процеси. От друга страна, при фотодинамичната терапия се предизвикват реакции и промени с цел корекция в нарушените функции. Отразената остатъчна емисия от тъканите, известна като флуоресценция, се използва в помощ на диагностика. Тези три ефекта са фотохимични.

Към фотофизичните ефекти спада отстраняването на тъкани на принципа на аблацията и вапоризацията, което се постига чрез термично въздействие. То има също коагулиращ ефект и осъществява хемостаза. В зависимост от количеството генерирана температура може да се стигне до фотопиролизис – стапяне и овъгляване [1]. Увредата на тъкани и предизвикването на некроза обаче води до отделяне на токсични продукти. Те компрометират крайния резултат от интервенцията и оздравителния процес.

Тъканното разединяване представлява фотомеханичен ефект. По същество то е фототермомеханично въздействие. Постига се на принципа на „микроексплозии“ на молекулите, основен хромофор за съответното лъчение. След поглъщането си освободената енергия се превръща в термична. Това води до обемни промени и при достигане на критично ниво на обема молекулите „експлодират“ [5]. Този феномен създава и характерния „пукот“ и мирис по време на работа [6].

### КЛАСИФИКАЦИЯ

Съществуват различни принципи за класификация на лазерите. Едни от основните критерии са проводящата среда, дължината на вълната, генерираната енергия, приложението [1] (табл. 2).

**Таблица 2. Класификация на лазерите**

Обща класификация	клас 1
	клас 1 М
	клас 2 М
	клас 3 R
	клас 3 В
Според средата	клас 4
	в твърдо състояние
	в газообразно състояние ексимерни
	в сухо състояние
Полупроводникови	диодни
Според приложението	за меки тъкани
	за твърди тъкани
Според режима на работа	контактен
	безконтактен
Според стимулираната емисия	с непрекъснати вълни
	единични пулсации
	с пулсови режими
Според дължината на вълната и средата	от 193 nm до 10 600 nm
Медицинска класификация според генерираната енергия	високоенергийни
	нискоенергийни

### ERBIUM-ЛАЗЕРИ. ХАРАКТЕРИСТИКИ

През последните години в денталната медицина широко се използват Erbium-лазерите. С тях се извършват различни интервенции върху меките и твърдите тъкани в устната кухина [7-10]. Те се приемат за безопасни благодарение на установените им фотобиологични характеристики и произтичащия ефект.

Основен представител на Erbium-лазерите е Er:YAG (Erbium: yttrium aluminum garnet) [1]. Това е високоенергиен лазер. Световодът е от Erbium, а фотонната амплификация е в хетерогенна кристална среда (YAG). Генерира се нейонизиран лазерен лъч с дължина на вълната 2940 nm. Той се намира в средната зона на невидимия инфрачервен електромагнитен спектър. Основен хромофор са водните молекули [11]. Хидроксилните групи в хидроксилапатитните кристали също поглъщат част от генерираните лъчи, но в по-малка степен [12, 13].

#### Термично въздействие върху живите тъкани.

Принципът за разединяване на тъканите чрез „микроексплозии“ на хромофорните молекули определя ограниченото термично въздействие – факт, установен както *in vitro*, така и *in vivo* [6, 11, 14-16]. При неспазване на указанията за експлоатация и охлаждане обаче, може да се стигне до овъгляване [17].

При правилно използване на заложената във всеки апарат охлаждаща система температурното влияние е сведено до минимум. В. Cvikl et al. [18] отчитат покачване на температурата с не повече от 2,5° C в околните тъкани. Въз основа на слабите

термични явления се обособява ограничена зона на температурно въздействие в границите на микрони. Различават се слоеве с различни промени, зависещи от отстоянието им от светлинния сноп [19].

**Хемостаза.** Фототермомеханичният ефект на лазерите повлиява кръвенето. Chang [20] и Passi [13] обясняват, че отделеното количество топлина „каутеризира“ („запечатва“) лумена на малките кръвоносни и лимфни съдове чрез коагулация на белтъците. Reyhanian [21], Sasaki [9], Stübinger [6] и др. [22] обаче не отчитат статистически значимо намаляване на кръвенето при техните наблюдения.

За разлика от CO<sub>2</sub> лазери, които се характеризират с „безкръвни“ разрези („dry incisions“), то при Er:YAG се наблюдава слабо кръвене („wet incisions“) [7, 8, 9, 11, 23]. Това осигурява по-добра видимост на хирургичното поле. Освен това, Armengol [24] твърди, че в някои случаи отпада необходимостта от шев [11, 20]. Той разглежда образувания слой от коагулирани белтъчни молекули като естествена биологична превръзка [20, 25].

**Болка и оток.** Чрез „запечатване“ [26] се повлияват крайните нервни окончания в съответната област [1, 10, 11]. Това обяснява по-ниските нива на болка в постоперативния период [27]. Въз основа на това Kovacevska и Tomov [11] са сред авторите, които смятат, че при някои интервенции върху меките тъкани може да се използват по-малко инвазивни техники за анестезия. Други твърдят, че в определени случаи не е необходима анестезия [28-30].

Abu-Serriah [31], Passi [13] и Taguchi [32] не отчитат статистически значима разлика в нивата на болка в своите изследвания. Passi и сътр. [13] не констатират съществено повлияване на кръвенето, но пък наблюдават значително по-слаба болка и отчитат по-малък оток в групата на Er:YAG през постоперативния период [33, 34].

**Антимикробен ефект.** Стимулиращият ефект върху макрофагите и термичното въздействие предопределят бактерицидното действие на Er:YAG [11, 35-38]. Това обяснява по-рядко наблюдаваните усложнения с възможна инфекциозна нокса. Passi и сътр. [13] отчитат два пъти по-нисък процент на т.нар. „dry socket“ („alveolitis sicca“) при пациентите, оперирани с Er:YAG, в сравнение с ротационните инструменти. Въз основа на тези наблюдения и ниското ниво на бактериемия вследствие на „запечатване“ лумена на съдовете, някои автори разширяват показанията, при които отпада необходимостта от предписване на антибиотици.

**Регенеративни и репаративни ефекти.** В своите наблюдения G. Kesler и сътр. [39] установяват по-високо ниво на прикрепване на фибрин, екстрацелуларни матриксни компоненти и агрегация на еритроцити. Това е неоспоримо предимство в пародонталната хирургия и имплантологията. Така се подпомага образуването на „нова“ кост [9, 39]. В своето пилотно проучване Kesler [40] констатира, че в зоната на остеотомия с Er:YAG за по-

ставяне на имплантати има значително по-голям процент новосформирана кост. Освен това тя е с по-висока плътност в сравнение с контролните остеотомии, извършени с ротационни инструменти.

Други изследователи, като Buchelt [41] и Lewandrowski [42], не доказват статистически значима разлика в количеството новообразувана кост. Вероятно това разминаване се дължи на различните методики и използвани материали.

Clark [43] и Kesler [39] доказват, че при определени параметри на работа Er:YAG е потенциален стимулатор и мощен митогенен активатор за човешките периодонтални клетки. Следователно, този вид високоенергийно лазерно лъчение се доближава до фотодинамично-терапевтичния ефект на нискоенергийните лазери [39]. Неговите биостимулиращи качества се изразяват в активиране на фибробластната пролиферация [7, 44-46] и колагеновия синтез. Възникват отлични условия за възстановяване на различни костни дефекти [21, 47].

## ER:YAG ЛАЗЕРИТЕ – НАСТОЯЩЕ И БЪДЕЩЕ

Въз основа на клинични и параклинични изследвания в литературата се срещат многообещаващи резултати, постигнати с Er:YAG. Това предопределя високия му потенциал и го представя като надеждна алтернатива при различни манипулации върху тъканите в устната кухина [2]. Освен това съвременните апарати са конструирани да облекчават работата на оператора [1, 48]. Дизайнът е максимално ергономичен. Това е предпоставка за усъвършенстване на оперативните техники и подобряване на мануалността. Недостатък обаче е лошият тактилен усет, особено при безконтактните режими. Сред другите слаби страни финансовият разход за оборудване, поддръжка и обучение. Също така трябва строго да се спазват изискванията за безопасност – технически и клинични – спрямо персонал и пациенти [1]. Трябва да се има предвид не само лазерното лъчение, но и образуваният се аерозол с кръвно замърсяване. Въпреки това „обременяване“ лазерите са все по-предпочитана лечебна опция. Пациентите се чувстват по-спокойни. Няма ги неприятният шум и усещането на „макротрибрациите“ при работа с ротационните инструменти [13, 18].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предимствата, които предоставят лазерите, оправдават инвестициите в тях. Внедряването им в медицината дава тласък за разширяване хоризонтите на клинично мислене и търсене на нови лечебни възможности. Не бива обаче да се забравя, че повечето наблюдения, които се цитират, обхващат относително кратки периоди. Те позволяват обективно отчитане само на непосредствения фотофизичен ефект на лазерното лъчение върху живите тъкани. За проучване

на действителното фотобиологично въздействие и на неговите последици са необходими месеци, дори години [1]. Това определя необходимостта от допълнителни изследвания и наблюдения, които в бъдеще ще разкрият целия потенциал на тази „нова технология“ и реалните възможности за приложение в медицината.

### Библиография

- Malik NA et al. Textbook of Oral and Maxillofacial Surgery, JAYPEE Bro. Med. Pub., 3. Ed. 2012, 933-972.
- Reyhalian A, Fuhrman N. Laser-assisted immediate implantation at infected site – case report, *Laser* 2011;(2):06-10.
- de Mello ED, Pagnoncelli RM, Munin E et al. Comparative histological analysis of bone healing of standardized bone defects performed with the Er:YAG laser and steel burs. *Lasers Med Sci* 2008;23:253-260.
- Romeo U, Del Vecchio A, Palaia G et al. Bone damage induced by different cutting instruments – an in vitro study, *Braz Dent J* 2009;20(2):162-168.
- Tal H, Oegieser D, Tal M. Gingival depigmentation by erbium: YAG laser: clinical observations and patient responses. *J Periodontol* 2003;74:1660-7.
- Stübinger S, von Rechenberg B, Zeilhofer HF et al. Er:YAG laser osteotomy for removal of impacted teeth: clinical comparison of two techniques. *Lasers Surg Med*. 2007;39(7):583-588.
- Ishikawa I., Aoki A., Takasaki A.A. "Potential Applications of Erbium:YAG Laser in Periodontics", *J Periodontol Res*. 2004 Aug;39(4) 275-85.
- 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 Apr,14(2):67-75.
- Sasaki KM, Aoki A., Ichinose S et al. "Scanning Electron Microscopy and Fourier Transformed Infrared Spectroscopy Analysis of Bone Removal Using Er:YAG and CO2 Lasers", *J Periodontol*, 2002 Jun; 73(6):643-652.
- Lioubavina-Hack N. Lasers in Dentistry. The use of Lasers in Periodontology. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002; 109(8):286-292. Erratum in *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002;109(10):415.
- Kovacevska G, Tomov G et al. ER:YAG laser assisted vestibuloplasty: a case report, *Journal of Surgery*, 2013; 1 (4):59-62.
- Spencer P, Payne JM, Cobb CM, et al. Effective laser ablation of bone based on the absorption characteristics of water and proteins. *J Periodontol*. 1999;70(1):68-74.
- Passi D, Pal US, Mohammad S et al. Lasers vs bur for bone cutting in impacted mandibular third molar surgery: a randomized controlled trial, *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 2013(3), 57-63.
- Papadaki M, Doukas A, Farinelli WA et al. Osteotomy with Er: YAG laser: a feasibility study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2007;36:1193-1197.
- Kimura Y, Yu DG, Fujita A et al. Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on canine mandibular bone. *J Periodontol* 2001;72:1178-1182.
- Kreisler M, Al Haj H, d'Hoedt B. Temperature Changes at the Implant – Bone Interface During Simulated Surface Decontamination with an Er:YAG Laser, *Int J Prosthodont*. 2002 Nov-Dec;15(6):582-7.
- Sasaki KM, Aoki A, Ichinose S, Ishikawa I. Ultrastructural analysis of bone tissue irradiated by Er:YAG Laser. *Lasers Surg Med*. 2002;31:322-332.
- Cvikl B, Franz A, Kurzmann C, Moritz A, Laser versus bur and dental bonding, *Laser* (4), 2012, 34-36.
- Romeo U, Del Vecchio A, Palaia G et al. Bone damage induced by different cutting instruments – an in vitro study, *Braz Dent J* 2009;20(2):162-168.
- Chang-Kai Chen, Nai-Jen Chang, Jyuhn-Hung Ke et al. Er:YAG laser application for removal of keratosis using topical anaesthesia, *Journal of Dental Sciences*, XX, 2013, 1-4.
- Reyhalian A. The use of the Erbium Yttrium Aluminium Garnet (2940 nm) in a laser-assisted periodontal surgery (open flap), 2008, July, website: [www.avidentallaser.com](http://www.avidentallaser.com)
- Peng, Tzi Kang. Clinical applications of Er:YAG lasers in periodontal therapy, *High Tech Dentistry*, Sept/Oct, 2008, 130-136.
- Ishikawa I., Sasaki K.M., Aoki A., Watanabe H.. Effects of Er:YAG Laser on Periodontal Therapy, *J Int Acad Periodontol*. 2003 Jan;5(1): 23-8.
- Armengol V, Jean A, Marion D. Temperature Rise During Er:YAG and Nd:YAG Laser Ablation of Dentin. *J Endod* 2000;26(3):138-141.
- Fisher SE, Frame JW, Browne RM, Tranter RM. A comparative histological study of wound healing following CO2 laser and conventional surgical excision of canine buccal mucosa. *Arch Oral Biol* 1983;28:287-91.
- Schuller DE. Use of the laser in the oral cavity. *Otolaryngol Clin North Am* 1990;23:31-42.
- Piè-Sánchez J, et al. Comparative study of upper lip frenectomy with the CO2 laser versus the Er, Cr:YSGG laser. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012 Mar 1;17(2):e228-32.
- Kesler G. Clinical applications of lasers during removable prosthetic reconstruction. *Dent Clin North Am* 2004;48:963-969.
- Neckel C P. Vestibuloplasty: a retrospective study on conventional and laser operation techniques, *Lasers in Dentistry* 1999;7(5):18-23.
- Tomov G. Laser surgery in everyday practice with Er:YAG laser LiteTouch. *Dental Tribune* (Bulgarian edition), 2011, 2:6-9.
- Abu-Serriah M, Critchlow H, Whitters CJ, Ayoub A. Removal of partially erupted third molars using an Erbium (Er: YAG) laser: a randomised controlled clinical trial. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2004;42(3):203-208.
- Taguchi T. Thermographic changes following laser irradiation for pain relief. *J Clin Laser Med Surg*. 1991;5:143-147.
- Reyhalian A, The use of the Erbium Yttrium Aluminium Garnet (2940 nm) in a laser-assisted implant therapy and GBR technique, 2008, May, website: [www.avidentallaser.com](http://www.avidentallaser.com).
- Radwan DA, Mohammed NH, Zaky AA. Effectiveness of low power laser therapy and betamethasone in minimizing postoperative edema and trismus after third molar surgery: a clinical trial. *J Am Sci*. 2010;6(12):986-989.
- Theodoro LH, Haypek P, Bachmann L et al. Effect of Er:YAG and Diode Laser Irradiation on the Root Surface: Morphological and Thermal Analysis. *J Periodontol* 2003;74(6):838-843.
- Pourzarandian A, Watanabe H, Ruwanpura SM et al. Effect of Low-Level Er:YAG Laser Irradiation on Cultured Human Gingival Fibroblasts. *J Periodontol* 2005;76(2):187-193.
- Folwaczny M, Aggstaller H, Mehl A, Hickel R. Removal of Bacterial Endotoxin from Root Surface with Er:YAG Laser. *Am J Dent* 2003;16(1):3-5.
- Arnabat-Dominguez, J., Espana-Tost, A.J., Berini-Ayres, L. et al. Erbium:YAG Laser Application in the Second Phase of Implant Surgery: A Pilot Study in 20 Patients, *Int J Oral Maxillofac Implants*, Jan-Feb 2003; 18(1):104-112.
- Kesler G, Shvero DK, Tov YS, Romanos G. Platelet Derived Growth Factor secretion and bone healing after Er:YAG laser bone irradiation, *Journal of Oral Implantology*, doi:10.1563/AAI, D\_JOI\_D-09-00120.1.
- Kesler G, Romanos G, Koren R. Use of Er:YAG laser to improve osseointegration of titanium alloy implants—a comparison of bone healing. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006;21:375-379.
- Buchelt M, Kutschera HP, Katterschafka T et al. Erb:YAG and Hol:YAG laser osteotomy: the effect of laser ablation on bone healing. *Lasers Surg Med*. 1994;15:373-381.
- Lewandowski, K.U., Lorente, C., Schomacker, K.T. et al. Use of the Er:YAG Laser for Improved Plating in Maxillofacial Surgery: Comparison of Bone Healing in Laser and Drill Osteotomies, *Lasers Surg Med*. 1996;19(1):40-45.
- Clark RA. Cutaneous tissue repair: basic biologic considerations. I. *J Am Acad Dermatol*. 1985;13:701-725.
- Sasaki KM, Aoki A., Ichinose S et al. Scanning Electron Microscopy and Fourier Transformed Infrared Spectroscopy Analysis of Bone Removal Using Er:YAG and CO2 Lasers, *J Periodontol*, 2002 Jun; 73(6):643-652.
- Crespi R, Barone A, Covani U. Er:YAG Laser Scaling of Diseased Root Surfaces: A Histologic Study. *J Periodontol* 2006;77(2):218-222.
- Sculean A, Schwarz F, Berakdar M et al. "Healing of Intra-bony Defects Following Surgical Treatment With or Without an Er:YAG Laser. *J Clin Periodontol* 2004;31(8):604-608.
- 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.
- Reyhalian A, The use of the Erbium Yttrium Aluminium Garnet (2940 nm) in a laser-assisted crown lengthening procedure, 2008, May, website: [www.avidentallaser.com](http://www.avidentallaser.com).