



ლაზეროთერაპიის მიმდინარე მიდგომები და გამოწვევები თანამედროვე ენდოდონტიაში

Current approaches and challenges of laser therapy in modern endodontics

DOI: <https://doi.org/10.52340/healthecosoc.2024.08.02.07>

ცირა სუხაშვილი<sup>1a</sup>

Tsira Sukhashvili<sup>1a</sup>

<sup>1</sup> თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო.

<sup>1</sup> Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia.

აბსტრაქტი

**შესავალი:** ლაზეროთერაპია ინოვაციურ ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული სწრაფად განვითარებადი დარგია. ლაზერის გამოყენება სტომატოლოგიაში განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს, რადგან გვთავაზობს ტრადიციული მეთოდებისაგან განსხვავებით უფრო ზუსტ და მინიმალურად ინვაზირებად მკურნალობას. **მეთოდოლოგია:** განხორციელდება საკითხის თეორიული შესწავლა და გაანალიზდა რელევანტური ლიტერატურა. **შედეგები:** გამოვლინდა ლაზეროთერაპიის უპირატესობები ოდონტოლოგიაში, რაც უფრო მოთხოვნადს ხდის ლაზეროთერაპიით მინიმალურად ინვაზირებადი მკურნალობის გავრცელებასა და დამკვიდრებას. **დასკვნა:** ლაზეროთერაპიის სწორად გამოყენებისათვის საჭიროა მთელი რიგი ფიზიკური და ბიოლოგიური პროცესების ცოდნა, სტომატოლოგების პროფესიული მომზადება, რათა დავამკვიდროთ მკურნალობის თანამედროვე მეთოდები.

**საკვანძო სიტყვები:** ლაზეროთერაპია, ფოტოდინამოთერაპია, ბაქტერიციდული ეფექტი, აპიკალური პერიოდონტიტი.

**ციტატა:** ცირა სუხაშვილი. ლაზეროთერაპიის მიმდინარე მიდგომები და გამოწვევები თანამედროვე ენდოდონტიაში. ჯანდაცვის პოლიტიკა, ეკონომიკა და სოციოლოგია, 2024; 8 (2)

Abstract

**Introduction:** Laser therapy is a rapidly developing field based on innovative technology. The use of laser in dentistry has gained significant popularity because it offers precise, minimally invasive treatment methods that stand out from traditional techniques. **Methodology:** A theoretical study of the issue and relevant literature were analyzed. **Results:** Research highlights a wide range of advantages in odontology. It makes spreading and establishing minimally invasive treatment in laser therapy more demanding, increasing the health system's effectiveness. **Conclusion:** It is essential to understand a number of physical and biological processes, professional training of dentists to use laser therapy correctly and establish modern and current methods.

**Keywords:** Laser therapy, photodynamic therapy, bactericidal effect, apical periodontitis.

<sup>a</sup> info.tsira@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-1100-781X> (კორესპონდენტი ავტორი, Corresponding author)



**Quote:** Tsira Sukhashvili Current approaches and challenges of laser therapy in modern endodontics. Health Policy, Economics and Sociology, 2024; 8 (2)

### შესავალი

სინათლე ენერჯის წყაროა, რომელსაც შეუძლია ქსოვილებში პენეტრაცია, მათი გაჭრა, უსისხლო და უმტკივნეულო პროცედურების ჩატარება, მკურნალობის მეთოდების შეცვლა, რა თქმა უნდა, იწვევს ნებისმიერი ექიმისა და პაციენტის ყურადღებას. პაციენტები თანხმდებიან ლაზერით იმ პროცედურების ჩატარებას, რომელსაც გაურბოდნენ ტრადიციული მკურნალობის მეთოდებით. შესაბამისად, ლაზერი მედიცინის ერთ-ერთი პოტენციური აირადია, რომელსაც საფუძვლიანი შესწავლა სჭირდება. კვლევის მიზანია ლაზეროთერაპიის მიმდინარე მიდგომების და გამოწვევების შესწავლა თანამედროვე სტომატოლოგიაში

### მეთოდოლოგია

აღნიშნული ნაშრომის ფარგლებში გამოყენებული იქნა მეორეულ მონაცემთა ანალიზი. ხოლო გამოყენებული წყაროები კი მოძიებულია შემდეგი მონაცემთა ბაზების მეშვეობით: PubMed, Harvard Medical School, , Google Scholar, Science Direct, Journal of Health and Social Sciences. ნაშრომში გამოყენებული წყაროების მოძიება განხორციელდა შემდეგი საკვანძო სიტყვების საფუძველზე: “ლაზეროთერაპია”, “ფოტოდინამოთერაპია”, “ბაქტერიციდული ეფექტი”, “აპიკალური პერიოდონტიტი”. სტატიების სელექცია დაეფუძნა მათ შესაბამისობას საკვლევ საკითხთან და მოცემული ნაშრომის მიზანთან. ამავდროულად, გამოირიცხა რამდენიმე სტატია, რამდენადაც მათზე ხელმისაწვდომობა იყო შეზღუდული/არასრული სახით იყო წარმოდგენილი.

### ლიტერატურის მიმოხილვა

#### ლაზერის ისტორიული მიმოხილვა

საუკუნეების მანძილზე ადამიანი ცდილობდა გაეგო სინათლის აზრი. პრიმიტიული ადამიანისათვის ცეცხლი და მზე აქრობდა სიბნელის შიშს. ძველი ეგვიპტელები მზის სხივებს სამკურნალოდ იყენებდნენ, მიუხედავად იმისა, რომ არ იცოდნენ, რომ რეალურად ულტრაიისფერი სხივის A ტიპთან ჰქონდათ საქმე.

ძველი ბერძნები და რომაელები ყოველდღიურად იღებდნენ მზის აბაზანებს. ძველი ეგვიპტელები, ჩინელები, ინდოელები იყენებდნენ სინათლის სხივს ფსორიაზის, რაქიტის და კანის კიბოს სამკურნალოდ (Kalka et al, 2001). რივ ფოტოსენსიბიზატორს, ფსორალენს,  $C_{11}H_6O_3$ , რომელიც ბუნებრივად მოიპოვებოდა და დიდი რაოდენობით იყო ოხრახუშში (Wheeland 1995). ძველი ბერძნები მზის სინათლით ახდენდნენ სხეულის რევიტალიზაციას. მათვე შექმნეს ჰელიოთერაპია, შემდგომში ფოტოთერაპია. XVIII-XIX საუკუნეებში მზის სინათლით დაიწყეს კანის ტუბერკულოზის მკურნალობა, ამას დაემატა ფსორიაზი, ეგზემა (Fitzpatrick 1999).

ფილოსოფოსები და მეცნიერები საუკუნეების განმავლობაში ფიქრობდნენ თუ რისგან შედგებოდა სინათლის სხივი: კორპუსკულური ნაწილაკებისაგან, წნევისაგან, ეს იყო ტალღა თუ სხვა ნივთიერება? ინგლისელი ფიზიკოსის ისააკ ნიუტონის (1642-1727) თეორიის მიხედვით, სინათლის კორპუსკულები სინათლის წყაროდან სხვადასხვა მიმართულებით იფანტებოდნენ (Newton, 1959). ფრანგი ფილოსოფოსი და მეცნიერი რენე დეკარტი სინათლეს წნევის ერთ-ერთ ტიპად მიიჩნევდა (Descartes, 1985).

1665 წელს ინგლისელმა მეცნიერმა რობერტ ჰუკმა წამოაყენა თეორია სინათლის ტალღურ ბუნებაზე (Hooke 1665), ხოლო 1865 წელს ჯეიმზ მაქსველმა დაამტკიცა, რომ ელექტრომაგნიტური სინათლის ტალღები გადაადგილდებიან სინათლის ტალღის სიჩქარით (Maxwell, 1865).

1901 წლის 14 დეკემბერს, გერმანელმა ფიზიკოსმა პლანკმა დაიწყო საუბარი მზის სინათლის კვანტურ მექანიკაზე (Planck, 1900). პლანკმა წარმოადგინა ფორმულა  $E=h\nu$ , რომელიც

პლანკის კონსტანტის სახელით არის ცნობილი. ამ ფორმულამ დასაბამი მისცა კაცობრიობაში დღეს არსებულ ყველა ტექნოლოგიურ ფასეულობას, მობილური ტელეფონიდან დაწყებული კოსმოსური ხომალდებით დამთავრებული.

1913 წელს ნილს ბორმა აღწერა ბირთვის გარშემო ელექტრონების მოძრაობა მათთვის განსაზღვრულ ორბიტაზე რადიაციული ენერჯის გამოსხივების გარეშე, ანუ მისი თეორიით, ნეიტრალური ატომი არ ასხივებდა. მან მოგვაცნოდა ატომი და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონები ზუსტად იმ სქემით, როგორც ახლა წარმოგვიდგენია.

1915 წელს, ალბერტ ეინშტეინმა დაიწყო საუბარი სინათლის სხივის სტიმულირებად გამოსხივებაზე, კვანტურ ფიზიკაზე. 1921 წელს იგი გახდა ნობელის პრემიის ლაურეატი სტიმულირებადი გამოსხივებისა და  $E=mc^2$ -ის გამოგონებისათვის. მისი თეორიით ენერჯის მიღების დროს ელექტრონებს შეეძლოთ დაბალი ენერგეტიკული დონიდან მაღალ ენერგეტიკულ დონეზე გადასვლა. როცა მაღალი ენერგეტიკული დონიდან ელექტონები გადაინაცვლებდნენ დაბალ ენერგეტიკულ დონეზე, კარგავდნენ ენერჯიას ფოტონის სახით. ამ დროს ატომი ითვლებოდა აგზნებულ მდგომარეობაში და ისინი ასხივებდნენ სინათლის მონოქრომატულ, კოჰერენტულ სხივს. საბოლოოდ ერთ შრეზე იქმნებოდა ორი ფოტონი, რომელსაც ერთიდაიგივე სიხშირე და ენერჯია ჰქონდა და ამით ხდებოდა ენერჯის გაძლიერება (Einstein, 1905). ამ თეორიის შემდეგ დაიბადა კვანტური ფიზიკა და განვითარდა ტელეკომუნიკაცია, რადარები, სატელევიზიო კავშირები, CD, DVD, მათ შორის შეიქმნა ატომური ბომბი. მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ დაიწყეს კვლევები, რათა ელექტრომაგნიტური ტალღები გაეგრძელებინათ სტიმულირებადი რადიაციის გამოსხივებით.

1951 წელს ამერიკელ ფიზიკოსთა კონფერენციაზე პირველად ჩარლზ თოუნსმა გააჟღერა სიტყა MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ( Towns, 1978). 1957 წელს გორდონ გულდმა პირველად გამოიყენა სიტყვა ლაზერი ( Gordon et al., 1957).

სიტყვა ლაზერი არის აკრონომი და ნიშნავს სინათლის გაძლიერებას ინდუცირებული გამოსხივების მეშვეობით (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). ეს არის მოწყობილობა, რომელიც ენერჯის მაღალი კონცენტრაციის მქონე სინათლის ძალიან წვრილი კონის მიღების საშუალებას იძლევა, სადაც სითბური, ქიმიური, ელექტრული ენერჯია გარდაიქმნება ელექტრომაგნიტური ველის ენერჯიად-ლაზერულ სხივად. მისი მუშაობის საფუძვლად ითვლება ინდუცირებული გამოსხივების კვანტურ-მექანიკური მოვლენა.

1962 წელს შეიქმნა პირველი დიოდური ლაზერი, რომელსაც ჰქონდა ინფრაწითელი გამოსხივება, ხოლო 1963 წელს - პირველი Q-switching ლაზერი. 1967 წელს შეიქმნა ულტრაიისფერ გამოსხივებაზე დაფუძნებული ლაზერი, ხოლო 1969 წელს CO<sub>2</sub>-ის ლაზერი.

1963 წლიდან ჩაეყარა საფუძველი ლაზერის გამოყენებას სტომატოლოგიაში. პირველი ლაზერი რომელიც გამოსცადეს იყოს ლალის ლაზერი. ეს იყო თერმული ექპერიმენტი ყველანაირი ენერჯის, პოტენციალის, სიხშირისა და ტალღის სიგრძის კონტროლის გარეშე, რაც მთავრდებოდა მინანქრისა და დენტინის კარბონიზაციით, ამიტომ პოპულარობა ვერ მოიპოვა. ამას მოჰყვა CO<sub>2</sub>-ის ლაზერის გამოყენება, სადაც უკეთესი შედეგები დაიდო. 1974 წელს კვლევებმა დაადასტურა ლაზერის უპირატესობები კბილის მაგარ ქსოვილებზე მუშაობის დროს (Yamamoto et al., 1972). 1980-იან წლებში აღმოაჩინეს, რომ CO<sub>2</sub>-ის ლაზერის ტალღის სიგრძე იყო 10600 ნმ და კარგად შთანთქმებოდა კბილის მიმანქრის მიერ, ამიტომ იყენებდნენ კბილის ფისურების ჩასაბეჭდად. მაგარი ქსოვილების აბლაციის დროს CO<sub>2</sub>-ის ლაზერის ჰემოსტატიკური თვისების აღმოჩენის შემდეგ, უკვე FDA-მ გასცა ავტორიზაცია, რომ CO<sub>2</sub>-ის ლაზერი გამოყენებულიყო ქირურგიული პროცედურების ჩასატარებლად. სტომატოლოგიური ლაზერის სამყაროში მთავარი აღმოჩენა იყო 1980 წელს Er:YAG ლაზერის შექმნა. ეს იყო პირველი სამედიცინო ლაზერი.

ცხრილი: ლაზერის მოკლე ისტორია

1901-13	Plank და Bohr -ის მიერ იქმნება კვანტური მექანიკის საფუძვლები.
1916	Einstein-ის კვლევები სინათლის სტიმულირადი ენერჯის გადაცემაზე.
1930-50	საომარი მოქმედებებისათვის მიკროტალღების შესწავლა.
1953	Townes, Gordon ქმნიან პირველ ამიაკის Maser-ს.
1958	Makhov -მა პირველად გამოიყენა ლალის Maser.
1960	Maiman, Sorokin, Stevenson- ის მიერ იწყება პირველი ლალის ლაზერის გამოყენება
1962	იქმნება პირველი დიოდური ლაზერი
1963	Hellwarth, McClung ხვეწავენ პირველ Q-Switching ლაზერს
1964	იქმნება პირველი CO <sub>2</sub> ლაზერი
1968	მოსკოვში, ლებედევის უნივერსიტეტში ლაზერს იყენებენ ატომური ავთენტებისათვის.
1971	Schawlow და Bloembergen ლაზერის ესპექტროგრაფისათვის იღებენ ნობელის პრემიას
1988	Hibst , Keller - ის პირველი კვლევები Er: YAG-ზე

წყარო: Maggioni et al., 2020

**ლაზეროთერაპიის თანამედროვე მიდგომები მედიცინაში**

მედიცინის სხვადასხვა დარგის სპეციალისტები ყოველდღიურ პრაქტიკაში იყენებენ ლაზეროთერაპიას, როგორც ერთ-ერთ ყველაზე მოთხოვნად მკურნალობის მეთოდს.

ლაზეროთერაპიის უპირატესობები სტანდარტულ მკურნალობის მეთოდებთან შედარებით:

- მილიმეტრულ დონემდე დაყვანილი სიზუსტე,
- სწრაფი მკურნალობა და რეაბილიტაცია,
- უმტკივნეულო პროცედურები, საანესთეზიო საშუალებების შემცირება ან სრულიად ამოღება მკურნალობიდან,
- უსისხლო და უნაკერო ქირურგიული პროცედურები,
- ჭრილობების სწრაფი შეხორცება,
- უჯრედული მემბრანის სტაბილიზაცია: ანთების საწინააღმდეგო და ანალგეზიური ეფექტი,
- ლიმფური სისტემის გამავლობის ზრდა, დრენირება და ედემის შემცირება,
- არტერიების დილატაცია, რაც ზრდის სისხლის მიმოქცევას,
- ფიბროზლასტების მიერ კოლაგენის წარმოქმნის მომატება,
- ოსტეობლასტების მიერ ძვლის წარმოქმნის სტიმულირება,
- უჯრედული მიტოზის ზრდა,
- ბაქტერიული ფლორის შემცირება,
- ნაკლები მგრძნობელობა,
- ოდონტოფობიის აღმოფხვრა

კლასიკურ მეთოდებთან შედარებით, ოტორინოლარინგოლოგიაში ლაზეროთერაპიის მრავალი უპირატესობა აქვს, მაგ.:

- ლაზეროთერაპია ასოცირდება მინიმალურად ინვაზირებად მკურნალობასთან, რაც გვეხმარება, რომ ბევრი პროცედურა ჩატარდეს უკვე ამბულატორიის პირობებში და არა საოპერაციო ბლოკებში,
- მცირდება პოსტოპერაციის შემდგომი გართულებები,
- ჭრილობის შეხორცება ბევრად სწრაფია და უმტკივნეულო,
- პაციენტებისათვის პროცედურა უფრო კომფორტულია, მაგალითად: ლაზეროთერაპიის შემდეგ ცხვირის ღრუში არა საჭირო ტამპონების გამოყენება, რაც პაციენტს ბევრად უადვილებს პოსტოპერაციულ რეაბილიტაციის პროცესს.
- არ აქვს ასაკობრივი შეზღუდვა.

მაგალითად, ტრადიციული მეთოდებით ცხვირის ნიჟარების ჰიპერტროფირებული ქსოვილების ნაწილობრივი მოკვეთა ითვალისწინებს 3 დღით პაციენტის ჰოსპიტალიზებას, ზოგად ანესთეზიასა და 48-72 საათის განმავლობაში ცხვირის ტამპონირებას. თუ გამოვიყენებთ ნეოდიმის ან დიოდის ლაზერს, პროცედურა ტარდება ადგილობრივი ანესთეზიის ქვეშ, ლაზერის ჰემოსტატიკური თვისების გამო არაა საჭირო ნაზალური ტამპონები, პაციენტი ეწერება კლინიკიდან 3 საათში.

უდავოა ლაზეროთერაპიით უპირატესობები შემდეგი მკურნალობების დროს: ტურბინოპლასტიკა, ცხვირის ძვლის გამრუდება, პოლიპების ამოკვეთა, ცხვირისა და პარანაზალური წიაღების სიმსივნეები, ტონზილექტომია, ბგერითი იოგების მიოპათია, ხორხის ნეოპლაზია, ხორხის ავთვისებიანი სიმსივნეები, ხახისა და ხორხის სტენოზი, ოტოსკლეროზი, ცხვირისა და ყურის პლასტიკური ქირურგია.

### **ლაზერი ენდოსკოპიაში**

ენდოსკოპიაში Nd:YAG, KTP, დიოდის ლაზერის საშუალებით შესაძლებელია მინიმალურად ინვაზირებადი მეთოდით ქსოვილების მოკვეთა, ვაპორიზაცია ან სისხლდების შეჩერება.

Nd:YAG-ის საშუალებით წარმატებით ტარდება კეთილთვისებიანი ნეოპლაზიების ქირურგიული მკურნალობა (ფიბრომა, ლიპომა, პაპილომა).

ფასდაუდებელია ლაზერული ენდოსკოპიური ტექნიკით მკურნალობის უპირატესობა ნეონატალურ პაციენტებში, რადგან აღარ საჭიროებენ ტრადიციულ ქირურგიულ ჩარევას.

გასტროენტეროლოგიაში, ლაზერული ენდოსკოპიით ხდება პოლიპების მოკვეთა, ბიოფსია, პრეკანცეროგენული უჯრედების ამოკვეთა, პერფორაციების დახურვა, საყლაპავის სტენოზების გახსნა, ნაღლის კენჭების დაშლა და გამოდევნა.

უროლოგიაში წარმატებით გამოიყენება ლაზეროთერაპია კენჭების დასაშლელად და გამოსადევნად, შარდის ბუშტის ევაპორიზაციისა და ფოტოკოაგულაციისათვის.

### **ლაზერის გამოყენება გინეკოლოგიაში**

Nd: YAG, KTP, CO<sub>2</sub>-ის ლაზერით ხდება ინტრაეპიტელური ქსოვილების დისპლაზიისა და ნეოპლაზიის მკურნალობა, საშვილოსნოს ყელის კარცინომების, ფიბრომების, საკვერცხის კისტების მოკვეთა და ენდომეტრიუმის ვაპორიზაცია.

### **ლაზერი ოფთალმოლოგიაში**

ეს ის დარგია, სადაც ლაზეროთერაპიით მკურნალობა წარმატებულია დიაბეტიით გამოწვეული რეტინოპლასტიის, გლაუკომის, ავთვისებიანი ოკულარული ნეოპლაზიების, ჰიპოლაკრიმიის, რეფრაქციული ქირურგიის, ფოტორეფრაქციული კერატექტომიის დროს.

ლაზერის ფოტოკოაგულაციის წყალობით ქირურგიული პროცედურების დროს მცირდება რეტინას მიდამოში სისხლდენა, შემდგომი ედემა და სწრაფად აღდგენა მხედველობა. ლაზერი ასევე შლის იმ ისქემიურ ზონებს, რომლებიც ასტიმულირებენ ანომალური სისხლძარღვების ზრდას.

### **ლაზერი დერმატოლოგიაში**

CO<sub>2</sub>, Nd: YAG, Q-Switch, Er: YAG, დიოდისა და ალექსანდრიტის ლაზერით ხდება იმ დაავადებების მკურნალობა, რომელთაგან ზოგიერთი ტრადიციული მეთოდით არ ინკურნებოდა: ფიბრომა, კონდილომა, სეზორეული კერატოზები, ხალები, კანის გაახალგაზრდავება, ტუჩის, სახის, თვალის ნაოჭების გასწორება, ჰიპერტროფირებული ნაწიბურების მოშორება, ტელეანგიექტაზიები, კეთილთვისებიანი ლენტიგო, მზის ლაქები, ჰიპერპიგმენტაციები, როსაცეა, ბრტყელი ანგიომა, ტატუ, დეპილაცია.

**ფოტოდინამიური თერაპია**

ფოტოდინამოთერაპიას აქვს მხოლოდ თერმული ეფექტი, ფართოდ გამოიყენება ონკოლოგიაში. მოქმედებენ არაპირდაპირად ციტოტოქსიკურ ჯგუფებზე და იწვევენ დისპლაზიურებადი ქსოვილების ნეკროზს. ფოტოდინამოთერაპიისათვის იყენებენ სპეციალურ ფოტოსენსიბილიზატორს, რომელიც შეჰყავთ ადამიანის ორგანიზმში 24/48 საათით ადრე და ამის შედეგ ატარებენ ლაზერის სხივს. ფოტოსენსიბილიზატორებს ხასიათებთ დისპლაზიურ ქსოვილებთან დაკავშირება. თითოეულ ფოტოსენსიბილიზატორს მისთვის განსაზღვრული სიგრძის ტალღის შთანთქმა შეუძლია.

**ლაზეროთერაპიის თანამედროვე მიდგომები სტომატოლოგიაში და არსებული პრობლემები**

მსოფლიოში აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს ქრონიკული პერიოდონტიტების მკურნალობა. ლაზერის გამოყენება პრაქტიკულ ენდოდონტიაში დღითიდღე იზრდება, რადგან სამეცნიერო კვლევებით მტკიცდება ლაზერის ანტიბაქტერიული ეფექტი ინტრაბუჭულურ, პერიტიბულურ და პერიაპიკალური სივრცის მიკროფლორაზე (Prada et al., 2019).

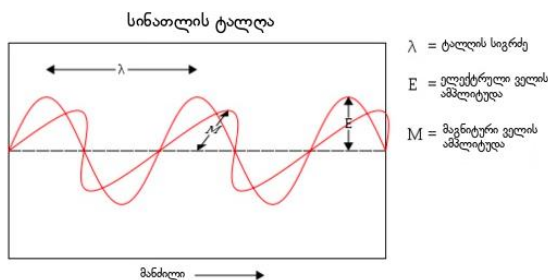
ტრადიციული ენდოდონტიური მკურნალობა ითვალისწინებს არხთა სისტემის ქიმიურ და მექანიკურ დამუშავებას სადეზინფექციო ხსნარებითა და როტაციული სისტემებით, არხთა სისტემის კონფორმაციასა და ჰერმეტიზაციას. საირიგაციოდ იყენებენ NaOCL (0,5%-5,25%), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, EDTA, ქლორჰექსიდინს (Siqueira et al., 2000). თუმცა არხთა სისტემის რთული ანატომიური აგებულების გამო, თანამედროვე საირიგაციო საშუალებები სრულად ვერ უზრუნველყოფენ იმ არხშიდა რეზისტენტული მიკროორგანიზმების გაუვნებელყოფას, რომლებიც არიან არხის კრიტიკულ ზომებში 100 მიკრომეტრზე ღრმად პენეტრირებულები (Vahdaty et al., 1993; Vatkar et al., 2016) და რომლებიც იწვევენ აპიკალური პერიოდონტიტების ჩამოყალიბებას.

ლაზერით მკურნალობის უპირატესობა ითვალისწინებს იმ არხშიდა რეზისტენტული მიკროფლორის დეკონტამინაციას, რომელიც ტრადიციული მეთოდებით ვერ მიიღწევა, (Gutknecht et al., 2000; Arnabat-Domínguez et al., 2010), ლაზეროთერაპიით ფართოვდება არხშიდა მილაკები, ადვილად სცილდება ორგანული და არაორგანული ნარჩენები, ფოტობიომოდულაცია ამცირებს ასევე პოსტპერაგიულ ტკივილს- ეს ყველაფერი კი წარმატებული ენდოდონტიური მკურნალობის გარანტიაა, რაც ამცირებს მსოფლიოში არსებულ პრობლემას, პერიაპიკალური პერიოდონტიტების რაოდენობას (Bordea et al., 2020; Saydjari et al., 2016).

ლაზერი (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) არის აკრონომი და ითარგმნება როგორც სინათლის გაძლიერება ინდუცირებული გამოსხივების მეშვეობით.

სინათლე არის ელექტრომაგნიტური ენერჯის ფორმა, რომელიც განსაზღვრული სიჩქარის ტალღებით ვრცელდება ბუნებაში. ამ გამოსხივებადი ენერჯის უმცირეს ნაწილს ჰქვია ფოტონი. ფოტონის ტალღები გადაადგილდებიან სინათლის სიჩქარით და ხასიათდებიან ორი მთავარი მახასიათებლით: ტალღის სიგრძე და ამპლიტუდა.

**ნახატი: 1 (სინათლის ტალღის მახასიათებლები)**



ტალღას აქვს *მინიმუმი* (ყველაზე დაბალი წერტილი) და *მაქსიმუმი* (ყველაზე მაღალი წერტილი). *ამპლიტუდა* ეწოდება ვერტიკალურ სიგრძეს მაქსიმალური წერტილიდან ტალღის ცენტრალურ ღერძამდე. ამპლიტუდა განსაზღვრავს ტალღის სიკაშკაშეს და ინტენსივობას. მანძილს ორ ამოხეილობას ან ჩახეილობას შორის ეწოდება *ტალღის სიგრძე*. ეს სიგრძეები შეიძლება გამოისახოს მეტრებში, მიკრომეტრებში ( $10^{-6}$ ). სტომატოლოგიაში გამოყენებული ლაზერის სიგრძე იზომება ნანომეტრებში ( $10^{-9}$ მ).

ცენტრალური ღერძის გარშემო წაშში შესრულებული ბრუნვების რაოდენობა არის ოსცილაცია, რხევა. ოსცილაციების რაოდენობა განსაზღვრულ დროში- ესაა სიხშირე. სიხშირე იზომება ჰერცებში, ეს იგივეა რაც წმ<sup>-1</sup>. ერთი ჰერცი ესაა ერთი ოსცილაცია ერთ წაშში. სიხშირე ტალღის სიგრძის უკუპროპორციულია: რაც უფრო მოკლეა ტალღის სიგრძე, მით უფრო მაღალია სიხშირე და პირიქით.

ჩვეულებრივი ნათება, რომელსაც აღიქვამს ჩვენი თვალი არის თეთრი ფერის. ნიუტონის ექსპერიმენტების თანახმად, რეალურად ეს ფერი სხვადასხვა ფერის ჯამია (წითელი, ნარინჯისფერი, ყვითელი, მწვანე, ცისფერი, ლურჯი, იისფერი). სინათლეს არის დუალისტური ბუნების. ის არის როგორც ტალღის, ასევე ფოტონების ერთობლიობა. სინათლე არის დიფუზური და არაფოკალიზებული სხივი.

ლაზერის ნათება განსხვავდება ჩვეულებრივი ნათებისაგან:

1. ლაზერის შუქი არის მონოქრომატული - მხოლოდ წარმოქმნის ერთი ფერის ნათებას,
2. არის კოჰერენტული- ფოტონების ამპლიტუდა და სიხშირე ერთნაირია, ფოტონები არ მოძრაობენ ქაოსურად,
3. პოლარიზებული,
4. ინტერსიური.

ლაზერის აპარატის შემადგენელი ნაწილებია:

- მთავარი აქტიური ნივთიერება,
- დაბომბვის მექანიზმი (ოპტიკური, ელექტრული, ქიმიური),
- ოპტიკური რეზონატორი.

სწორედ მთავარი აქტიური ნივთიერება განსაზღვრავს ლაზერის სახელსა და ტალღის სიგრძეს. აქტიური ნივთიერება შეიძლება იყოს მყარ, თხევად ან გაზის მდგომარეობაში. თუკი მთავარი აქტიური ნივთიერება არის დიოქსიდის კარბონის გაზი, გვაქვს CO<sub>2</sub>-ის ლაზერი. თუკი მთავარი აქტიური ნივთიერებაა მყარი კრისტალი, როგორც იტრიუმ-ალუმინ-ლალი, გვამღვს Er: YAG, თუკი მთავარი აქტიური ნაწილი ნახევრადგამტარი მყარი მეტალებია, გვამღვს დიოდურ ლაზერს. იმისათვის რომ მივიღოთ ლაზერის სხივი, სწორედ აქტიური ნივთიერება უნდა გააქტიურდეს.

როდესაც დაბომბვის მექანიზმი გადაეცემა მთავარ აქტიურ ნივთიერებას, ენერგია შთაინთქმება მთავარი აქტიური ნივთიერების ატომის ელექტრონების მიერ. ის ელექტრონები, რომლებიც შთანთქავენ ენერგიას გადახტებიან შემდეგ ელექტრონულ დონეზე, რომელიც უფრო დაშორებულია ბირთვიდან. გაღიზიანებული ელექტრონები ნელ-ნელა კარგავენ ენერგიას ფოტონის სახით და უბრუნდებიან დაბალ ენერგეტიკულ დონეს. შემდეგ მოჰყვება მთელი ფოტონური ჯაჭვი. ამას ჰქვია სპონტანური გამოსხივება.

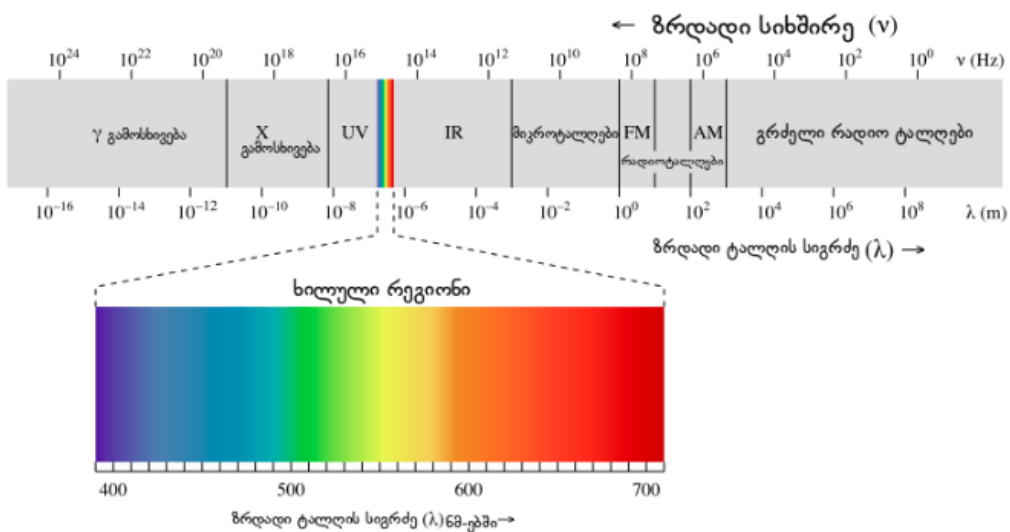
იმისათვის, რომ ლაზერის კონცენტრირებული ენერგიის მიღება შევძლოთ წვრილი სინათლის სახით, საჭიროა ორი, ერთმანეთის პარალელური ოპტიკური რეზონატორი, რომელთაგან ერთი 100 %-ით ირეკლავს, მეორე ნაწილობრივად, რომლის დახმარებითაც ფოტონებისაგან იქმნება მონოქრომატული, კოჰერენტული და პოლარიზებული სხივი. სარკიდან გამოსროლილი სინათლე მიემართება ლაზერის ბუნკამდე სადაც გაგრილების სისტემით ეცემა ტემპერატურა და მხოლოდ ამის შემდეგ გამოდის ბუნკიდან და მოქმედებს ქსოვილზე.

ლაზერის მიერ გამოსხივებული ენერგია ესაა ელექტრომაგნიტური ენერგია. ელექტრომაგნიტური ენერგიის სპექტრი მოიცავს გამა და რენტგენის გამოსხივებიდან, რომელთაც აქვთ ნაკლები ტალღის სიგრძე, რადიო ტალღებამდე შუალედს, რომელთა ტალღის სიგრძე მაღალია.

ლაზერის გამოსხივება მერყეობს 500 დან 10.600 ნმ -მდე.

- KTP – 532 ნმ,
- დიოდი 450- 980 ნმ,
- Nd: YAG- 1 064 ნმ,
- Er, Cr: YSGG- 2780 ნმ,
- Er: YAG – 2940ნმ,
- CO<sub>2</sub> – 10600 ნმ.

ნახატი 2 : სინათლის ტალღის სიგრძე



წყარო: Khan Academy, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მახასიათებლები და ფოტონები

<https://ka.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>

ულტრაიისფერი, ხილული და ინფრაწითელი გამოსხივება განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მაგალითად, ზღვის სანაპიროზე ხილული სინათლით ვარჩევთ ნივთების ფერებს, ულტრაიისფერი სხივებით ვირუჯებით და ინფრაწითელი გამოსხივებით ვთბებით ან ვიწვებით. ულტრაიისფერი გამოსხივება ქსოვილებთან შეხების დროს არ იწვევს სითბოს, მაგრამ ინფრაწითელი გამოსხივება კი პირიქით, წარმოქმნის სითბოს. ამიტომ ულტრაიისფერი ლაზერებს ეძახიან ექსიმერულ ლაზერებს და იყენებენ ოფთალმოლოგიაში, ინფრაწითელი ლაზერები კი ფართოდ გამოიყენება ოდონტოლოგიაში.

ყველა ლაზერს აქვს საკუთარი სიმძლავრე, რომელიც იზომება ვატებში (W). სიმძლავრის კომბინირება აპლიკაციის დროსთან გამოისახება ჯოულებში (J).

**ლაზერის გამოსხივების გადაცემის გზები**

ლაზერის ენერგია უნდა მიდიოდეს ქსოვილებამდე ზუსტი და ერგონომიული გზით. ზოგიერ ლაზერს აქვს მინა ბოჭკოვანი სისტემით გადაცემის მექანიზმი, ზომიერთს -სპეციალური გადამცემი დამჭერი მკლავით, ზოგიერთს-საფირის ან კვარცის თავებით (tips). სხვადასხვა ლაზერს განსხვავებული დიამეტრის თავები აქვს, თითოეული თავი განსაზღვრულია სხვადასხვა



მკურნალობისათვის. ზოგჯერ ლაზერის თავი ეხება ქსოვილს, ზოგჯერ კი არა. ამისთვის შემუშავებულია სპეციალური პროტოკოლები.

ლაზერის აპარატები ასხივებენ ენერგიას მუდმივად აქტიური ან პულსით გააქტიურებული და არაგააქტიურებული იმპულსებით.

არსებობს სამი ტიპის ლაზერის სინათლის გადაცემა (Renk, 2012)<sup>25</sup>:

- განგრძობითი ტალღა (Continuous Wave mode, CW). ნიშნავს, რომ სანამ ოპერატორი აწვება პედალს, უწყვეტლავ გამოდის ლაზერის სხივი.
- კონტროლებადი პულსირებადი ტალღა (Gated-pulsed mode), რაც არის მოციმციმე შუქის მსგავსი ტალღა, რომელიც იმპულსირდება, როცა ოპერატორი აწვება პედალს და ქრება, როცა არ აწვება მას.
- თავისუფალი მოძრაობის პულსირებადი ტალღა (Free-running pulsed mode)

თითოეულ იმპულსს აქვს უდიდესი ენერგია, პულსის ხანგრძლივობა ხანმოკლეა, მაგრამ საჭიროა პულსებს შორის შესვენება.

არსებობს ლაზერის ქსოვილებზე მოქმედების 4 ტიპი:

- არეკვლა,
- გატარება, ტრანსმისია,
- დისპერსია, გაფანტვა,
- შთანთქმა.

არეკვლის დროს ლაზერის სხივი მიემართება ქსოვილისაკენ, მაგრამ მასზე არანაირ ეფექტს არ ახდენს და აირეკლება სხვა მიმართულებით. აქ საყურადღებოა, რომ არეკვლილი სხივი შეიძლება მოხვდეს ექიმის ან ასისტენტის თვალებს, ამიტომ მნიშვნელოვანია ლაზერთან მუშაობის დროს უსაფრთხოების ნორმების დაცვა, კერძოდ სპეციალური სათვალეების გამოყენება.

გატარება, ტრანსმისიის დროს ლაზერის ენერგია გაივლის ქსოვილებს განსაზღვრულ სიღრმემდე მათზე ეფექტის მოხდენის გარეშე, თითქმის ყოფილიყო ყველაფერი გამჭვირვალე. ამ დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს ლაზერის ტალღის სიგრძეს. წყალი, მაგალითად, არის გამჭვირვალე სითხე და არ შთანთქმავს დიოდური ლაზერისა და Nd:YAG-ის სხივებს, მაშინ როცა უჯრედთაშორისი სითხე ადგილად შთანთქმავს ერბიუმისა და CO<sub>2</sub>-ის ლაზერის გამოსხივებას.

დისპერსიის დროს ხდება ლაზერის გარკვეული ენერგიის პენეტრაცია ქსოვლებში და დასუსტება, გაფანტვა. ეს ახასიათებთ ინფრაწითელ ლაზერებს. დისპერსიის დროს ფოტონები იცვლიან მიმართულებას, გადაეცემა სითხო მეზობელ ქსოვილებს და წარმოიქმნება არასასურველი თერმული დაზიანება.

ქსოვილის ტიპი (პიგმენტაციის ხარისხი, წყლის შემცველობა, ჰემოგლობინის რაოდენობა) განსაზღვრავს რა რაოდენობის ლაზერის ენერგია იქნება შთანთქმული სამიზნე ქსოვილის მიერ. ამ დროს მნიშვნელოვანია ლაზერის ტალღის სიგრძეც.

მედიცინაში გამოყენებული ლაზერის კლასიფიკაციის მიხედვით, არსებობს დაბალი პოტენციის ლაზერები (<0,5 W) და მაღალი პოტენციის ლაზერები (>1 W)

დაბალი პოტენციის ლაზერები (<0,5 W)

- He, Ne
- As, Ga
- As, Ga, Al
- InGa Alp
- Diodo

მაღალი პოტენციის ლაზერები (>1 W)

- Argón
- Nd: YAG KTP
- Nd: YAG
- Nd: YAP

- Ho: YAG
- Er, Cr: YSGG
- Er:YAG
- CO<sub>2</sub>
- Diodo

ლაზერმა ქსოვილებზე შეიძლება მოახდინოს შემდეგი ეფექტები (Shimoda,1986)<sup>26</sup>.

1. ფოტო-თერმული,
2. ფოტო-ქიმიური,
3. ფოტო-მექანიკური,
4. ფოტო-ელექტრული.

ფოტო-თერმული ეფექტი დამოკიდებულია ლაზერის ენერგიაზე, spot-ის ზომასა და მოხმარების დროზე. მაგალითად, **გაკვეთა** მიიღწევა როცა spot არის ფოკალიზებული და მცირე ზომის, **აბლაცია/ვაპორიზაცია**-როცა spot არის დესფოკალიზებული და განიერი, მოქმედებს ზედაპირულად.

ფოტო-ქიმიურ ეფექტებს მიეკუთვნება: ბიოსტიმულაცია, ფოტოდინამოთერაპია, ფლოუორესცენცია. ფოტო-მექანიკურ ეფექტებში შედის: ფოტოდისოციაცია, ფოტოდესტრუქცია, ფოტო-ელექტრულ ეფექტს მიეკუთვნება ფოტოპლაზმოლიზი.

**ქსოვილების ტემპერატურა ლაზეროთერაპიის დროს**

- ლაზერის თერმული ეფექტი დაკავშირებული სამიზნე ქსოვილის წყლის შემცველობასთან. როცა ქსოვილის ტემპერატურა, რომელიც შეიცავს წყალს აღწევს 100 °C, ხდება წყლის ვაპორიზაცია ქსოვილის შიგნით. ამ პროცესს ჰქვია აბლაცია,
- 37–50 °C გვაქვს ბაქტერიციდული ეფექტი და ქსოვილების ჰიპერთერმია.
- 60°C-ის ზემოთ იწყება პროტეინების დესნატურალიზაცია და კოაგულაცია,
- 100–150 °C - ვაროპიზაცია, აორთქლება,
- 200 °C ზე ზემოთ - კარბონიზაცია.

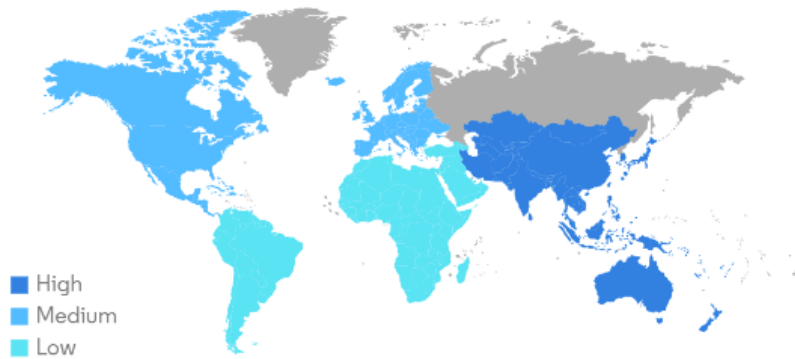
მაგარი და ფიბროზული ქსოვილის მოსაკვეთად უფრო მეტი ენერგია გვჭირდება, ვიდრე შემუშავებული, ანთებითი ქსოვილის დროს. მაგალითად მინანქრის აბლაციას გაცილებით მეტი ენერგია სჭირდება, ვიდრე კარიესული ქსოვილისას.

თანამედროვე სტომატოლოგიაში ლაზერს ვიყენებთ შემდეგი პროცედურების ჩასატარებლად: **ქირურგია** (გინგივექტომია, გინგივოპლასტიკა, ფიბრომა, ეპულისი, ნებისმიერი ტიპის განაკვეთის გატარება, პერიკორონარიტი), **ენდოდონტია** (პულპოტომია, პულპექტომია, არხების დეკონტამინაცია, პერიაპიკალური მიდამოს რეზექცია), **პაროდონტოლოგია** (ფრენექტომია, ვესტიბულოპლასტიკა, პაროდონტოლოგიური ჯიბეების დეკონტამინაცია, ღრძილოვანი აბსცესი), კბილების გათეთრება, ჰიპერპიგმენტაციის მოშორება, პარესთეზიის მკურნალობა, ჰიპერმგრძობელობის დაქვეითება, აფთა, მუკოზიტი, პერიიმპლანტიტი, ქელიტი, კარიესის მკურნალობა.

ქვემოთ მოცემული სურათი გვიჩვენებს რომელ ქვეყნებშია გავრცელებული ლაზეროთერაპია მაღალი, საშუალო და დაბალი ინტენსივობით.

ნახატი: 3 სტომატოლოგიური ლაზერის ბაზარი მსოფლიოში

Dental Lasers Market - Growth Rate by Region



Source: Mordor Intelligence

წყარო: Mordor Intelligence, Dental Lasers Market- share, size, manufactures and trends:  
<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/dental-lasers-market>

### დასკვნა

სტომატოლოგიური ლაზერის გამოყენება დღითი-დღე მოთხოვნადი და აუცილებელი მკურნალობის მეთოდი ხდება. ყოველწლიურად იზრდება სამედიცინო დაწესებულებების ლაზერით აღჭურვა, რაც მოითხოვს სამედიცინო პერსონალის გადამზადებას. ასევე იზრდება მოთხოვნა ლაზეროთერაპიის მკურნალობის ახალი პროტოკოლების მიმართ. იზრდება ლაზეროთერაპიის ეფექტურობა, გამოჯანმრთელებული პაციენტების რიცხვი. საჭიროა შემდგომი სამეცნიერო კვლევების ჩატარება სფეროში არსებული საჭიროებებს საკითხები გადასაწყვეტად.

### გამოყენებული ლიტერატურა

- Arnabat-Domínguez J. (2015). Aplicaciones del láser en endodoncia. RCOE Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España, 20 (1), 37-45.
- Bohr N. (1913). On the constitution of atoms and molecules. Parts I-III, Lond Edinb Dublin Philos Mag J Sci Sixth Series 26 (151): 1-25,(153):476-501, (155):857-875,1913.
- Bordea IR, Benedicenti HS. (2020). Evaluation of the outcome of various laser therapy applications in root canal disinfection: a systematic review. Photodiagnosis Phytodyn. Ther., 29, 101611.
- Descartes R. (1985). Discours de ka méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences plus la dioptrique. En: Cottingham J, Stoothoff R, Murdoch D, translators. Editors: The philosophical writings of Descartes, vol 1, Cambridge, UK, University Press.
- Einstein A. (1905). Uber einen die erzeugung und verwandlung des lichtet betreffenden heuristischen geischt-punkt-On a heuristic point of view concerning the generalization and transformation of light), Ann Phys 17: 132-148.
- Fitzpatrick TB, Pathak MA. (1999), Historical aspects of methoxsalen and other furocoumarins, J Invest Dermatol. 32 (2): 229-231.
- Gordon JP, Zeiger HJ, Townes CH. (1957). Molecular microwave oscillator and new hyperfine structure in the microwave spectrum of NH<sub>3</sub>, Phys Rev 95 (1): 282-284.
- Gutknecht N, Gogswaardt DV, Conrads G, Apel G, Schubert G, Lampert F. (2000). Diode Laser radiation and its bactericidal effect in root canal Wall dentin. J. Clin. Laser Med. Surg., 18, 57.60

- Hooke R. (1665). *Micrographia; or, some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*, London, Martyn, and Allestry.
- Kalka K, Mek H, Mukhtar H. (2001). Photodynamic therapy in dermatology, *J Am Acad Dermatol.* 42 (3): 389-413.
- Maggioni M, Attanasio T, Scarpelli F. (2010). Láser en odontología 1(1): 2-3.
- Maxwell JC. (1865). A dynamical theory of the electromagnetic field, *Philos Trans R Soc Lond* 155:459-512.
- Newton I. (1704). *Optiks: a treatise of the reflections, refractions, inflections, and colors of light, And two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures*. London. Smith and Walford, printers to the Royal Society.
- Niemz MH. (2003). *Laser. tissue interactions: fundamentals and applications* (3<sup>a</sup> ed). Springer-Verlag
- Planck M. (1900). Zur theorie des gesetzes der energieverteilung im normalspektrum, *Verh Dtsch Phys Ges* 2 :237-245.
- Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó Martinez P, Collado- Catellano N, Manzano-Saiz A. (2019). Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Med. Oral Patol.Oral Cir. Bucal.*, 24 (3),364-372.
- Siqueira JF, Roças IN, Favieri A, Lima KG. (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2,5 %, and 5,25 % sodium hypochlorite. *J. Endod.*, 26, 331-334.
- Townes CH (1978). The laser's roots: Townes recalls the early days. *Laser Focus* 14(8): 52.
- Vatkar NA, Hedge V, Sathe S. (2016). Vitality of *Enterococcus faecalis* inside dentinal tubules after five root canal disinfection methods. *J. Conserv. Dent.*, 19 (5), 445-449.
- Renk KF. (2012). *Basics of laser physics, for students of science and engineering*. Springer- Verlag.
- Saydjari Y, Gutknecht N. (2016). Laser application in dentistry: irradiation effects of Nd: YAG 1064nm and diode 810 nmand 980 nm in infected root Canals. A literature overview. *Biomed. Res. Int.*, 8421656
- Shimoda K. (1986). *Introduction to laser physics* (2<sup>a</sup> ed). Springer- Verlag.
- Tipler PA, Mosca G. (2008). *Physics for scientists and engineers* (6 an ed). W H. Freeman and Co.
- Vahdaty. A, Pitt Ford TR, Wilson RF. (1993). Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro. *Endodo. Dent. Traumatol.*, 9 (6), 243-248
- Wheeland RG. (1995). History of lasers in dermatology. *Clin Dermatol.* 13 (1): 3-10.
- Yamamoto H, Okabe H, Ooya K. (1972). Laser effect on vital oral tissue, a preliminary investigation, *J Oral Pathol* 1 (5): 256-264,