

History of Laser in Dentistry



A. Gogos¹, I. Prevezanos¹, I. Karousis²

Laser occurred in dentistry and research in the early '60s, soon after the construction of the first device. Nowadays, they offer a multitude of applications, with several benefits for both patients and clinicians. The Laser devices emit monochromatic light, highly directional which can collect high energy in a very small area, giving high accuracy to the target.

The reaction that occurs in the target tissues depends on their optical properties. The more energy per unit area emitted, the more harmful it can be for the tissues. Consequently, only well trained professionals should handle them. The broad use of Lasers in dentistry is consequent to the properties of hydroxyapatite, hemoglobin and melanin to absorb light energy at specific laser's wavelengths. Lasers are used in Periodontics to kill bacteria and to de-epitheliase, in Implantology for osteotomies, in Restorative Dentistry to cut hard tooth tissues, in Endodontics to prepare the root canals, while they can be used to enhance the soft tissue healing and to reduce pain. Due to their specific properties they have many advantages over traditional treatment like reduced pain, swelling, and formation of scarring tissue. Despite the broad usage of Lasers in dentistry, there is a lack of strong evidence in the application protocols, mostly due to the multitude of different combinations of the parameters of the device and the particular composition of each tissue.

Key words: laser, history of laser, lasers in Dentistry, advances in Dentistry

Odontostomatological Progress 2016, 70 (3): 414-425

1. DDS, MSc
2. DDS, MS, Dr.Med Dent, FICD

Department of Periodontology, School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, 2 Thivon Str., Goudi, 115 27 Athens

Η ιστορία των Laser στην Οδοντιατρική



Α. Γκόγκος¹, Ι. Πρεβεζάνος¹, Ι. Καρούσης²

Οι συσκευές Laser αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις του προηγούμενου αιώνα με εφαρμογή σε τομείς όπως η Βιομηχανία, οι Κατασκευές, η Φυσική και η Ιατρική. Στην οδοντιατρική θεραπευτική και έρευνα παρουσιάστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960, λίγο μετά την κατασκευή της πρώτης συσκευής. Σήμερα, πλέον, τυχάνουν πληθώρας εφαρμογών προσφέροντας αρκετά οφέλη τόσο στους ασθενείς όσο και στους θεράποντες. Οι συσκευές Laser εκπέμπουν μονοχρωματικό φως, υψηλής κατευθυντικότητας, που μπορεί και συγκεντρώνει υψηλή ενέργεια σε πολύ μικρό σημείο, προσδίδοντας υψηλή ακρίβεια στον στόχο.

Η αντίδραση που μπορεί να προκληθεί στους ιστούς εξαρτάται από τις οπτικές τους ιδιότητες. Όσο περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας μεταφέρει η ακτινοβολία, τόσο πιο επιβλαβής μπορεί να είναι για τους ιστούς, γι' αυτό επιβάλλεται υψηλή κατάρτιση των ατόμων που τα χειρίζονται. Η ικανότητά τους να απορροφώνται από διάφορα συστατικά των ιστών του στόματος, όπως ο υδροξυαπατίτης, η αιμοσφαιρίνη και η μελανίνη, προσδίδει στα Laser πολλαπλή χρήση στην Οδοντιατρική σε τομείς όπως η Οδοντική χειρουργική, η Ενδοδοντία, η Περιοδοντολογία και η Εμφυτευματολογία. Μερικά από τα βασικά πλεονεκτήματα της εφαρμογής των Laser είναι οι αναίμακτες τομές, η απολύμανση των ιστών, η επιτάχυνση της επούλωσης και η δημιουργία κοιλοτήτων στους οδοντικούς ιστούς χωρίς αναισθησία, ενώ παράλληλα λόγω των συγκεκριμένων ιδιοτήτων η θεραπεία αποφέρει λιγότερο πόνο, οίδημα και δημιουργία ουλώδους ιστού σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους. Παρ' όλη την πληθώρα θεραπευτικών χρήσεων και τα παρατηρημένα οφέλη των θεραπειών με Laser, υπάρχει έλλειψη σε πρωτόκολλα εφαρμογής, εξαιτίας του πλούθους διαφορετικών συνδυασμών στις παραμέτρους της εκάστοτε συσκευής και της ιδιαίτερης σύστασης του κάθε ιστού.

Λέξεις ευρητηρίου: Ιστορία των laser, laser στην Οδοντιατρική, εξελίξεις στην Οδοντιατρική

Οδοντοστοματολογική Πρόοδος 2016, 70 (3): 414-425

1. Περιοδοντολόγος
2. Επίκουρος Καθηγητής

Εργαστήριο Περιοδοντολογίας, Οδοντιατρική Σχολή Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Θηβών 2, Γουδή, 115 27 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιδέα πάνω στην οποία βασίστηκαν οι μετέπειτα ερευνητές για την κατασκευή του Laser ξεκίνησε στις αρχές του προηγούμενου αιώνα από τον Albert Einstein, όταν μίλησε πρώτη φορά για εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας στη μελέτη του *Zur Quantentheorie der Strahlung* (On the Quantum Theory of Radiation).¹

Η εξέλιξη αυτής της ιδέας ανήκει σε επιστήμονες και από τις δύο πλευρές του Ατλαντικού. Η αρχή φαίνεται να έγινε το 1952 από τους Σοβιετικούς N. Basov και A. Prokhorov από το Lebedev Institute of Physics στα πλαίσια συνεδρίου με θέμα τη *Radio-Spectroscopy* που διοργανώθηκε από τη USSR Academy of Sciences. Αντίστοιχα, την ίδια εποχή οι Αμερικανοί C. Townes, J. Gordon και H. Zeiger κατασκεύασαν το πρώτο maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation – Συσκευή ενίσχυσης μικροκυμάτων μετά από εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας) στο Columbia University το 1953.

Η συνέχεια ανήκε στον C. Townes, ο οποίος αργότερα συνεργάστηκε με τον A. Schawlow, ώστε το 1958 να καταθέσουν αίτηση για την πατέντα τους υποβάλλοντας συνημμένα ένα εγχειρίδιο των υπολογισμών τους (Schawlow και Townes 1958). Ωστόσο, η πρώτη αναφορά της λέξης «Laser» ανήκει στον G. Gould (εικ.1) όταν ήταν υποψήφιος διδάκτορας στο πανεπιστήμιο Columbia, στην ομάδα του Townes και περιγράφηκε στο εγχειρίδιό του «Some rough calculations on the feasibility of a LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» (Μερικοί πρόχειροι υπολογισμοί σχετικά με τη σκοπιμότητα του Laser: Συσκευή ενίσχυσης φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας), ενώ μίλησε δημόσια γι' αυτό πρώτη φορά το 1959 σε συνεδριακή παρουσίαση.

Στη θεωρία των ανωτέρω ερευνητών βασίστηκε ο T. Maiman και κατασκεύασε την πρώτη «οπτική» συσκευής maser, την οποία παρουσίασε ως «Laser» το 1960.

Η μάχη για την πατέντα του Laser διήρκησε πολλά χρόνια και κατέληξε στα δικαστήρια. Ωστόσο, το 1964 αμφότερες οι πλευρές και συγκεκριμένα οι C. Townes, N. Basov, και A. Prokhorov βραβεύτηκαν με το βραβείο Nobel Φυσικής για τη συμβολή τους στη δημιουργία του Laser. Τέλος, ο G. Gould κατάφερε μόλις το 1987 να κατοχυρώσει την πατέντα του Laser και να τιμηθεί γι' αυτό. Μάλιστα, έλαβε ως αποζημίωση το ποσό των 30 εκατομμυρίων δολαρίων για διαφυγόντα κέρδη από τη χρήση των Laser από διάφορες εταιρείες. Το εντυπωσιακό είναι πως, αν η επιτροπή κατοχύρωσης ευρεσιτεχνιών δεν είχε απορρίψει τον Gould το 1959 και είχε κατοχυρώσει την πατρότητα της συσκευής, δεν θα λάμβανε καθόλου χρήματα, δεδομένης της ελάχιστης χρήσης των Laser στα πρώτα χρόνια εφαρμογής τους.

Επίσης, ο ίδιος ο εφευρέτης του Laser ωφελήθηκε από το δημιούργημά του, όταν το 1984 υποβλήθηκε σε επέμβαση διόρθωσης αποκολλημένου αμφιβληστροειδούς χιτώνα στον οφθαλμό.²

Στα χρόνια που μεσολάβησαν, η επιστήμη και η τεχνολογία των Laser εξελίχθηκε ραγδαία, ώστε σήμερα να βρίσκει πληθώρα εφαρμογών. Από νωρίς τα Laser χρησιμοποιήθηκαν στη βιομηχανία για την κοπή και την επεξεργασία υλικών με απόλυτη ακρίβεια χωρίς τις μηχανικές καταπονήσεις των άλλων μεθόδων, αλλά και στην ιατρική σε ειδικότητες όπως η Διαγνωστική, η Οφθαλμολογία, η Οδοντιατρική, και η Δερματολογία. Τελικά, σήμερα το Laser θεωρείται μια από τις σπουδαιότερες ανακαλύψεις του προηγούμενου αιώνα τόσο στον τομέα της Φυσικής όσο και για τις πολλές εφαρμογές του. Έτσι, το 2004 πουλήθηκαν περίπου 733 εκατομμύρια διοδικά Laser αξίας



Εικόνα 1. Gordon Gould (1920-2005).

3,20 δισεκατομμυρίων δολαρίων και 131.000 όλων των υπολοίπων ειδών αξίας 2,19 δισεκατομμυρίων δολαρίων.^{3,4}

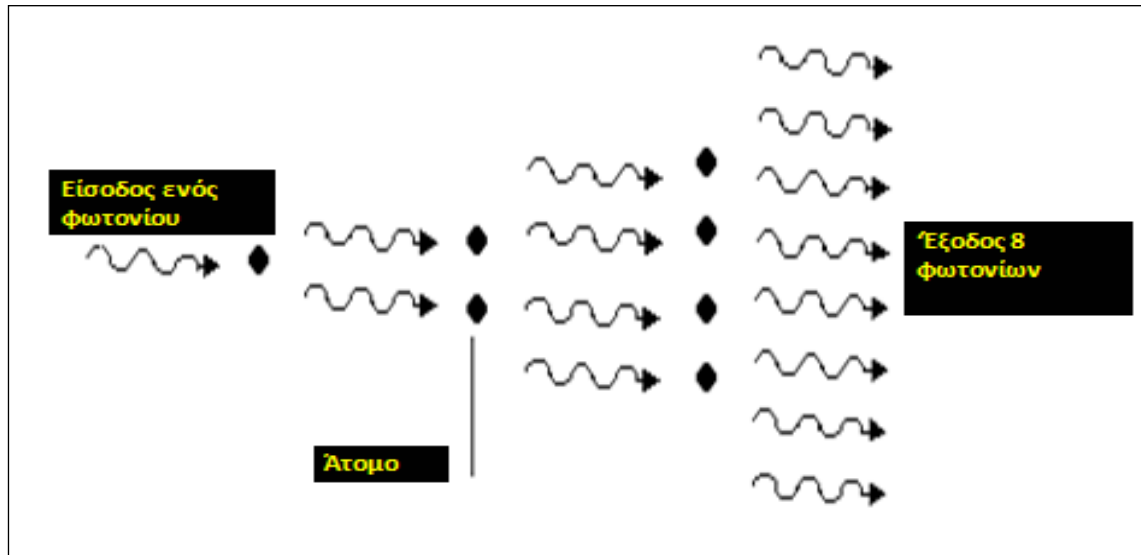
ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ LASER

Προκειμένου να γίνει αντιληπτή η λειτουργία και η χρησιμότητα των Laser είναι απαραίτητο να γίνει μια μικρή αναφορά στην έννοια του φωτός και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ονομάζεται η ακτινοβολία που εκπέμπεται από διάφορες πηγές όπως ο ήλιος ή οι λαμπτήρες, με στοιχειώδες σωματίδιο το φωτόνιο. Το φωτόνιο αποτελεί ένα κβάντο ενέργειας, το οποίο στο κενό κινείται με την ταχύτητα του φωτός. Η δέσμη αυτή της φωτεινής ακτινοβολίας, φυσιολογικά, δεν ανευρίσκεται στη φύση, αλλά μπορεί να παραχθεί μόνο εργαστηριακά με χρήση ειδικού εξοπλισμού.

Ο όρος «Laser» ως ακρώνυμο του Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, που στα ελληνικά σημαίνει «ενίσχυση φωτός με διεγερμένη εκπομπή ακτινοβολίας», περιγράφει τον τρόπο παραγωγής της ακτινοβολίας. Για την ακρίβεια, παράγεται μια

δέσμη φωτός υψηλής συχνότητας με ένα μοναδικό μήκος κύματος.⁵ Η δέσμη αυτή αποτελείται από σύμφωνο, μονοχρωματικό φως (δηλαδή φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος - χρώμα) το οποίο διαδίδεται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, σχηματίζοντας στενές δέσμες. Αντίθετα, οι συνηθισμένες πηγές φωτός, όπως οι κοινοί λαμπτήρες, παράγουν μη σύμφωνο φως προς όλες τις διευθύνσεις και, επιπλέον, έχουν μεγάλο φασματικό εύρος. Τα κύματα φωτονίων της ακτινοβολίας Laser κατευθύνονται παράλληλα μεταξύ τους προς μία κατεύθυνση. Αυτό επιτρέπει στη δέσμη φωτός να εστιάζεται σε πολύ μεγάλη ένταση σε ένα σημείο.

Εξ ορισμού, Laser είναι οποιαδήποτε κατασκευή που μπορεί να παράγει ή να ενισχύει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε μήκη κύματος 180nm μέχρι 1mm κυρίως με τη διαδικασία της ελεγχόμενης εξαναγκασμένης εκπομπής (Ευρωπαϊκές προδιαγραφές IEC 601). Παρ' όλο που από το πρώτο Laser του Theodore H. Maiman μέχρι τις σύγχρονες συσκευές έχουν αλλάξει πολλά δομικά στοιχεία, κοινό χαρακτηριστικό σε όλους τους τύπους Laser αποτελούν μια πηγή ενέργειας, ένα ενεργό μέσο και το οπτικό αντηχείο. Η πηγή ενέργειας μπορεί να είναι ηλεκτρικό ρεύμα, οπτική ακτινοβολία, ραδιοκύματα ή χημική αντίδραση. Το ενισχυτικό μέσο (π.χ. κρύσταλλος, αέριο, χρωστική κ.τ.λ.) μετατρέπει την παρεχόμενη ενέργεια σε δέσμη φωτός. Συνήθως είναι υλικό με συγκεκριμένο μέγεθος, σύσταση, καθαρότητα και μορφή, που παράγει φως μέσω εξαναγκασμένης εκπομπής. Αναλυτικά, η πρόσκρουση ενός φωτονίου (με συγκεκριμένη ενέργεια και μήκος κύματος) σε διεγερμένα άτομα (αναστροφή πληθυσμού) προκαλεί αλυσιδωτή αντίδραση εκπομπής φωτονίων ίσης ενέργειας με το αρχικό φωτόνιο, τα οποία κατευθύνονται σε ορισμένη κατεύθυνση (εικ. 2). Ανάλογα με το φυσικό ενισχυτικό μέσο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της δέσμης, η ακτινοβολία



Εικόνα 2. Απεικονίζεται η διαδικασία παραγωγής αρκετών φωτονίων από την αρχική διέγερση ενός ατόμου από ένα φωτόνιο. Από <http://www.physics.ox.ac.uk>

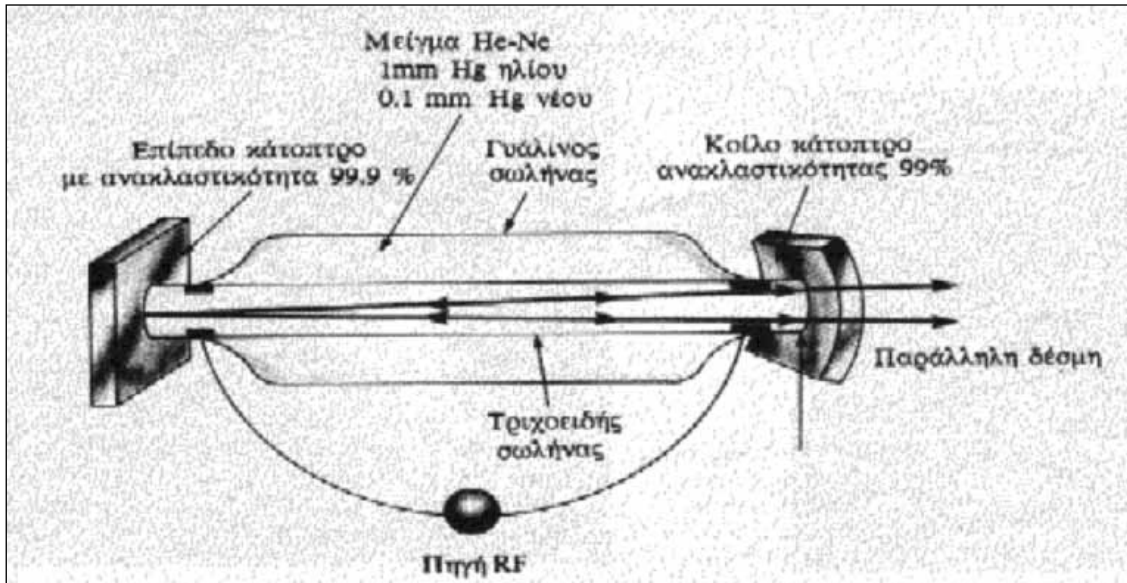
Laser παρουσιάζει ορισμένες ιδιότητες που τη χαρακτηρίζουν και καθορίζουν τη δράση της στο περιβάλλον ή στους ιστούς, ενώ παράλληλα χαρακτηρίζει και τον τύπο του Laser.⁶ Τα φωτόνια που εκπέμπονται διαθέτουν ένα πολύ συγκεκριμένο μήκος κύματος (χρώμα) το οποίο εξαρτάται από την περίσσεια ενέργειας των διεγερμένων ατόμων του ενισχυτικού μέσου. Κατά συνέπεια η ακτινοβολία Laser που παράγεται από ένα συγκεκριμένο ενισχυτικό μέσο διαθέτει πάντοτε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος, το οποίο είναι χαρακτηριστικό για τη συσκευή αυτή και εξαρτάται από τη δομή του ενισχυτικού μέσου.^{7,8}

Η οπτική κοιλότητα (αντηχείο) περιβάλλει το οπτικό μέσο και αποτελείται από ανακλαστικές επιφάνειες, ώστε κάθε φωτόνιο να περνά τουλάχιστο δυο φορές από το ενεργό μέσο πριν φύγει από τα φίλτρα της εξόδου της πηγής Laser (εικ.3). Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η ενισχυτική ικανότητα του ενεργού μέσου και παράλληλα το φως γίνεται πιο συνεκτικό. Μερικά Laser λειτουργούν με συνεχή τρόπο ακτινοβολίας, ενώ άλλα με παλμικό.

Η ακτινοβολία που παράγουν οι διάφορες

συσκευές Laser και η αντίστοιχη ενέργεια μεταφέρονται στο επιθυμητό σημείο δράσης με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε μέσω οπτικής ίνας, για συσκευές που εκπέμπον στο φάσμα του ορατού φωτός και στην εγγύς υπέρυθρη περιοχή, είτε με αρθρωτά μέλη με κάτοπτρα στις αρθρώσεις, για υπεριώδες, ορατό και υπέρυθρο φάσμα, είτε με κοίλους κυματοδηγούς (εύκαμπτοι σωλήνες με ανακλαστική εσωτερική επιφάνεια), για το μέσο και άπω υπέρυθρο φάσμα. Η μετάδοση της ενέργειας μέσω οπτικής ίνας είναι η πιο δημοφιλής για ενδοστοματική χρήση, καθώς προσφέρει καλύτερη προσπέλαση στη στοματική κοιλότητα. Επιπλέον, όλες οι συσκευές Laser που εκπέμπον στο μη ορατό φάσμα είναι εφοδιασμένες με μια δεύτερη πηγή φωτός, η οποία δείχνει το πού ακριβώς κατευθύνεται η ακτινοβολία της συσκευής (Laser pointer).

Η θεραπευτική εφαρμογή της ενέργειας της ακτινοβολίας είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν το εκπεμπόμενο μήκος κύματος της ακτινοβολίας συμπίπτει με το απορροφώμενο μήκος κύματος του ιστού-στόχου. Ο βαθμός διαφοροποίησης αυτών των δύο τιμών μήκους



Εικόνα 3. Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος οπτικού αντηχείου μιας συσκευής Laser που χρησιμοποιεί ως ενισχυτικό μέσο Ήλιο-Νέο.

κύματος θα καθορίσει το ποσό ενέργειας που απορροφάται ή ανακλάται από τον ιστό (εικ. 4). Είναι γεγονός ότι οι ιστοί του στόματος (βλεννογόνος, αδαμαντίνη, οστεΐνη, κτλ.) διαθέτουν διαφορετικές τιμές απορρόφησης ακτινοβολίας. Επομένως, δεν μπορεί μόνο ένας τύπος Laser να εφαρμοστεί αποτελεσματικά για όλους τους ιστούς του στοματικού περιβάλλοντος.⁹ Για το λόγο αυτό υπάρχουν πολλά είδη Laser που χρησιμοποιούνται στην Οδοντιατρική (πίν. 1).

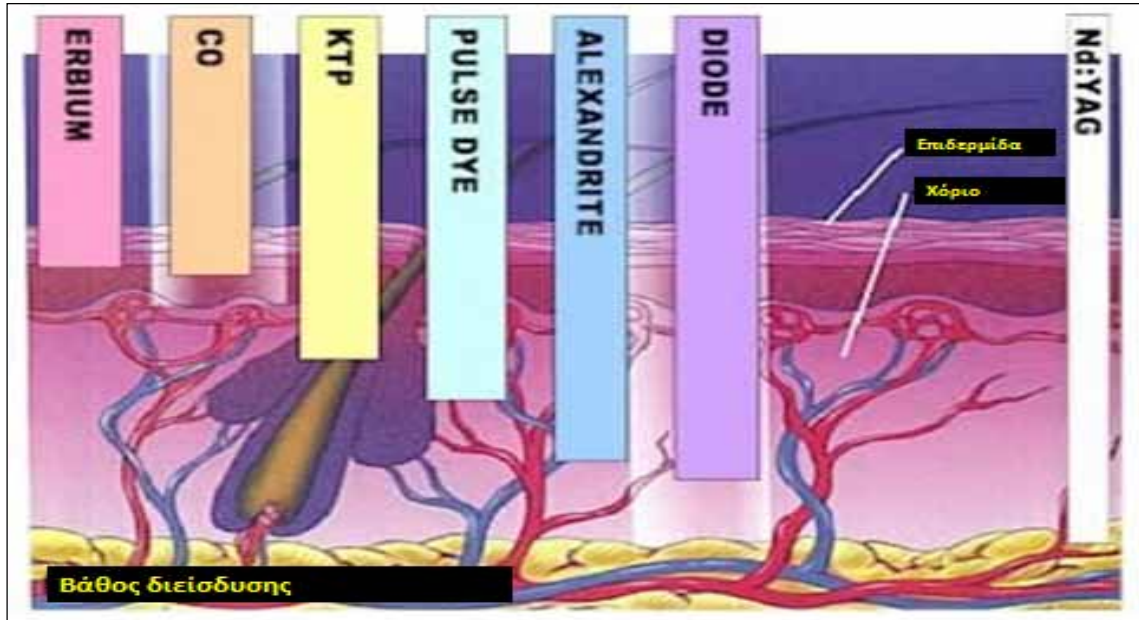
Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν τα Laser πολύ χρήσιμα θεραπευτικά εργαλεία. Ενδέχεται όμως, ακριβώς λόγω αυτών των ιδιοτήτων τους, τα Laser να καταστούν επιβλαβή για τους οφθαλμούς και το δέρμα όταν δεν τηρηθούν οι κανόνες ασφαλείας κατά τη χρήση τους.¹⁰

ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΗΝ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΗ

Οι συσκευές Laser χρησιμοποιούνται βασικά με δυο τρόπους στην Ιατρική και Οδοντιατρική επιστήμη. Αυτές είναι για χειρουργική χρήση, ή θεραπεία με Laser υψηλής έντασης (High Level Laser Treatment - HLLT) και για μη χει-

ρουργική χρήση, ή θεραπεία με Laser χαμηλής έντασης (Low Level Laser Treatment - LLLT). Στην πρώτη περίπτωση, οι συσκευές Laser δρουν μέσω απανθράκωσης, εξάτμισης, συγκόλλησης και μετουσίωσης των πρωτεϊνών και των ιστών, ενώ στη δεύτερη προσφέρουν θεραπευτικές ιδιότητες όπως αντιφλεγμονώδη δράση, αναλγησία και επούλωση των ιστών. Στη στοματική κοιλότητα υπάρχουν μαλακοί και σκληροί ιστοί, ενώ σειρά νοσημάτων απαιτεί χειρουργική και μη χειρουργική θεραπεία. Στην Οδοντιατρική επιστήμη χρησιμοποιούνται σχεδόν από όλες τις ειδικότητες αρκετοί τύποι Laser, με διαφορετικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με τον θεραπευτικό σκοπό.

Η ιδιότητα της μονοχρωματικής ακτινοβολίας, που εκπέμπουν οι συσκευές Laser, να αντιδρά με τους σκληρούς και μαλακούς ιστούς προκάλεσε το ενδιαφέρον της Οδοντιατρικής κοινότητας από τα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των συσκευών αυτών. Συγκεκριμένα, στην Οδοντική Χειρουργική, για την αντιμετώπιση της τερηδόνας, η εισαγωγή ενός ανώδυνου μέσου απομάκρυνσης της τερηδονισμένης οδοντίνης αποτέλεσε σκοπό των επιστημόνων



Εικόνα 4. Ανάλογα με το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας και το μήκος κύματος που απορροφά ο εκάστοτε ιστός καθορίζεται και το βάθος διείσδυσης της ακτινοβολίας στον ιστό.

από τα πρώτα χρόνια εφαρμογής των Laser. Οι προσπάθειες ξεκίνησαν από τους Stern και Sognnaes, με Laser ρουβιδίου, οι οποίοι ανέφεραν υαλοποίηση της αδαμαντίνης και απανθράκωση της οδοντίνης, όταν οι ιστοί ακτινοβολούνταν με $500\text{-}200\text{J}/\text{cm}^2$.¹¹ Βέβαια, οι δόσεις αυτές προκαλούσαν σοβαρές θερμικές βλάβες στον πολφό των δοντιών. Η πρώτη αναφορά για εφαρμογή Laser σε ζωντανό δόντι έγινε από τους Goldman και συν. στο περιοδικό Nature το 1965.¹² Ο ασθενής ανέφερε ότι δεν πόνεσε καθόλου, ενώ παράλληλα προκλήθηκε μικρή επιφανειακή βλάβη (χρησιμοποιήθηκε Laser ρουβιδίου). Τις επόμενες δεκαετίες τα Laser Nd:YAG και CO₂ δεν κατάφεραν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία για την αφαίρεση σκληρών οδοντικών ιστών, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας στον πολφό και τους γύρω ιστούς προκαλούσε μη αντιστρεπτές βλάβες.^{13,14}

Η λύση για ένα Laser με μικρό βάθος εκτομής στους σκληρούς οδοντικούς ιστούς χωρίς τις επιπλοκές λόγω αύξησης της θερμοκρασίας στον πολφό δόθηκε με την κατασκευή των

Er:YAG και Eximer Laser, που εκπέμπουν στο υπέρυθρο και υπεριώδες φάσμα αντίστοιχα.¹⁵ Ωστόσο, κατά την κλινική εφαρμογή του Eximer Laser, τα αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα, κυρίως λόγω τεχνικών προβλημάτων. Αντίστοιχα, το Laser Er:YAG παρά το γεγονός ότι εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του '90, πήρε έγκριση από τον Οργανισμό Ελέγχου Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration – FDA) της Αμερικής για χρήση στην παρασκευή κοιλότητας σε τερηδοπισμένο οδοντικό ιστό, μόλις το 1997. Η πρώτη εταιρεία που εισήγαγε το Laser Er:YAG στην Οδοντιατρική ήταν η γερμανική Kavo (εικ.5), το 1992. Ακολούθησε η παρουσίαση συσκευής Laser Er:YSGG (2780nm) από την εταιρία Biolase στις ΗΠΑ.

Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισαν οι συσκευές Laser και στον τομέα της Διαγνωστικής για την ανίχνευση της τερηδόνας. Ειδικά για τις όμορες επιφάνειες των δοντιών, έχει εισαχθεί στο εμπόριο ειδικό διαγνωστικό Laser. Η πρώτη συσκευή Laser που κατασκευάστηκε για το σκοπό αυτό ήταν το *diagnodent* της Kavo

Πίνακας 1. Οι συσκευές Laser που χρησιμοποιούνται στην Οδοντιατρική.

Τύπος Laser	Μήκος κύματος (nm)	Ενδεικνυόμενη χρήση
Argon	488/514	Πολυμερισμός, λεύκανση δοντιών
KTP	532	Πολυμερισμός, απολύμανση θυλάκων, ριζικών σωλήνων
Diode	655	Ανίχνευση τερηδόνας
Diode	808 ή 980	Χειρουργική μαλακών ιστών, συμπληρωματική περιοδοντική θεραπεία (απολύμανση θυλάκων), απολύμανση ριζικών σωλήνων, βιοενεργοποίηση
Nd:YAG	1064	Χειρουργική μαλακών ιστών, συμπληρωματική περιοδοντική θεραπεία (απολύμανση θυλάκων), απολύμανση ριζικών σωλήνων, βιοενεργοποίηση
Ho:YAG	2140	Αποκοπή μαλακών ιστών,
ErCr :YSGG	2780	Παρασκευή κοιλοτήτων, χειρουργική σκληρών και μαλακών ιστών (όχι αιμόσταση)
Er:YAG	2940	Παρασκευή κοιλοτήτων, χειρουργική σκληρών και μαλακών ιστών (όχι αιμόσταση)
CO ₂	10600	Χειρουργική μαλακών ιστών

dental, με πολύ καλά αποτελέσματα, καθώς συνέβαλε στην ανίχνευση της όμορης τερηδόνας στις περισσότερες από το 90% των περιπτώσεων, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά για τις ακτινογραφίες δήξεως (bite-wing) είναι μόλις 67%.^{16,17}

Στα χρόνια που ακολούθησαν πραγματοποιήθηκαν μελέτες που διερεύνησαν τη δράση των συσκευών Laser στην οδοντική υπερευαισθησία^{18,19}, με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι πιθανοί μηχανισμοί πρόκλησης αφορούν την απόφραξη των οδοντινοσωληναρίων, την αναλγητική δράση στα νεύρα και την ψευδή αίσθηση (placebo effect).²⁰

Αντίστοιχα πλούσια στη βιβλιογραφία είναι και η έρευνα στον τομέα της ενδοδοντίας. Χαρακτηριστικά για το Nd:YAG Laser, αξίζει να αναφερθεί ότι μπορεί να αφαιρέσει το μαλακό επίχρισμα (smear layer) και τις εναποθέσεις από το εσωτερικό των ριζικών σωλήνων,²¹ να καθαρίσει και να μορφοποιήσει τους ριζικούς σωλήνες,²² να έχει αντιμικροβιακή δράση²³

και τέλος να αποφράξει το ακρορριζικό τρήμα μετά από ακρορριζεκτομή.²⁴

Επιπλέον, οι συσκευές Laser, λόγω των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν αποτελούν ένα σημαντικό βοήθημα στην οδοντιατρική περίθαλψη ατόμων με ειδικές ανάγκες, όπου γρήγορα και κυρίως ανώδυνα μπορούν να αντιμετωπιστούν νόσοι του περιοδοντίου.²⁵

Το Nd:YAG Laser (εικ.6) αποτέλεσε ένα από τα πρώτα χειρουργικά Laser που χρησιμοποιήθηκαν στην Περιοδοντολογία.²⁶ Ωστόσο, άδεια εφαρμογής στους περιοδοντικούς θυλάκους, με σκοπό την απολύμανσή τους, πήρε από τον Αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) μόλις το 1998. Το βασικό του πλεονέκτημα είναι η σε βάθος αιμόσταση που προκαλεί, καθώς η ακτινοβολία που παράγει απορροφάται από κυτταρικά στοιχεία που φέρουν χρώση, όπως η αιμοσφαιρίνη.²⁷ Έτσι βρήκε ευρεία εφαρμογή στην αφαίρεση μεγάλων τμημάτων μαλακών ιστών²⁸ και στην αφαίρεση μελανών κηλίδων από τα ούλα



Εικόνα 5. Συσκευή Laser Er:YAG (2940nm) <http://www.fotodiegarsi.gr>



Εικόνα 6. Συσκευή Laser Nd:YAG (1064nm) <http://www.dekaLaser.com>

και το βλεννογόνο.²⁹ Κατά τη φάση της μη χειρουργικής περιοδοντικής θεραπείας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επικουρικά στη μηχανική απομάκρυνση των εναποθέσεων με πολύ καλά αποτελέσματα,³⁰ καθώς απολυμαίνει την ριζική επιφάνεια²⁸ και απενεργοποιεί τις τοξίνες των μικροβίων.³¹ Επιπλέον, μπορεί να κάνει απόξεση του ουλικού τοιχώματος καλύτερα από τα κλασικά μέσα.³²

Στην παραπάνω χρήση βασίστηκαν οι Yuckna και συν. οι οποίοι με μια σειρά κλινικών περιστατικών υποστήριξαν τη δημιουργία νέας πρόσφυσης, με ιστολογικά κριτήρια, με τη χρήση Nd:YAG Laser. Η τεχνική αυτή ονομάστηκε τεχνική δημιουργίας νέας πρόσφυσης με τη χρήση Laser (Laser Assisted New Attachment Procedure - LANAP) και αποτελεί θεραπεία, με κατοχυρωμένο πρωτόκολλο (αριθμός ευρεσιτεχνίας #5,642,997) στις ΗΠΑ.³³

Αντίστοιχα, όπως και το Nd:YAG Laser, τα Laser ημιαγωγών υψηλής ισχύος (διοδικά) μπορούν να εκπέμπουν στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα. Κατασκευάστηκαν με σκοπό την

αντικατάσταση των Laser κρυστάλλων. Έχουν παρόμοιες εφαρμογές στη χειρουργική με το Nd:YAG, ενώ στα πλεονεκτήματά τους περιλαμβάνονται το χαμηλό κόστος, το μικρό μέγεθος και η ανθεκτικότητα σε χτυπήματα και δονήσεις. Επίσης, αν και υστερούν σε σχέση με το Nd:YAG, ως προς το βάθος διείσδυσης (1 χιλ. σε σχέση με 3 χιλ.) χρησιμοποιούνται στην ασφαλή αφαίρεση μεγάλων τμημάτων μαλακών ιστών.³⁴ Παράλληλα, έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην αφαίρεση ουλικών αποστημάτων³⁵ και στην αφαίρεση μελανών κηλίδων από τα ούλα και το βλεννογόνο.³⁶ Εμφανίζουν πολύ καλή αιμοστατική ιδιότητα, ενώ στη μη χειρουργική θεραπεία του περιοδοντίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν επικουρικά με τη μηχανική απομάκρυνση των εναποθέσεων, καθώς απολυμαίνουν το θύλακο και τη ριζική επιφάνεια. Μάλιστα, σε παλμική λειτουργία στα 805 nm εμφανίζουν τη μέγιστη αντιμικροβιακή δράση.³⁷

Σε αντίθεση με τα κοπτικά Laser υψηλής έντασης, η Low Level Laser Treatment (LLLT)

ή Soft Laser Therapy ή Low Intensity Laser Therapy δρα φωτοδιεγερτικά στα κύτταρα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω φωτοηλεκτρικών, φωτοχημικών και φωτοφυσικών φαινομένων που συμβαίνουν στα κύτταρα-στόχο. Στους ιστούς υπάρχουν διάφορα φωτοδεκτικά μόρια τα οποία, μετά την έκθεση σε ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος, προκαλούν μια σειρά από κυτταρικές αντιδράσεις που τροποποιούν τη συμπεριφορά του κυττάρου ως προς το μεταβολισμό και την παραγωγή πρωτεϊνών. Από τα πρώτα χρόνια χρησιμοποίησης των συσκευών Laser, οι ερευνητές προσπάθησαν να εκμεταλλευτούν τις ιδιότητες αυτές. Έτσι, ήδη το 1967, ο Ούγγρος ιατρός Endre Mester, από το πανεπιστήμιο του Semmelweis, διατύπωσε τον όρο «βιοδιέγερση» μετά από ακτινοβολία με Laser ρουβιδίου. Συγκεκριμένα, στην προσπάθειά του να μελετήσει την ασφάλεια του Laser σε πειραματόζωα (ποντίκια), ξύρισε τη ράχη τους και τα ακτινοβόλησε με χαμηλής έντασης ακτινοβολία. Με έκπληξη διαπίστωσε ότι όχι μόνο τα ποντίκια δεν ανέπτυξαν καρκινικούς όγκους, αλλά μάλιστα το τρίχωμα των ποντικών στην ομάδα ακτινοβόλησης μεγάλωσε γρηγορότερα σε σχέση με την ομάδα που δεν ακτινοβολήθηκε.³⁸

Στην πορεία προέκυψαν πολλές κυρίως *in vitro* μελέτες που έδειξαν αύξηση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού, μετά από ακτινοβόληση με Laser χαμηλής ισχύος σε κύτταρα της ενδοστοματικής περιοχής, όπως οστεοβλάστες³⁹ επιθηλιακά,⁴⁰ κύτταρα του περιρριζίου⁴¹ και ινοβλάστες.⁴² Η ιδιότητα αυτή των συσκευών Laser συμβάλλει καθοριστικά στην επιτάχυνση της επούλωσης των ιστών, γεγονός ιδιαίτερα χρήσιμο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η στοματική

κοιλότητα είναι μια μη στείρα περιοχή με συνεχή μικροβιακό και μηχανικό ερεθισμό.

Οι σύγχρονες συσκευές Laser έχουν προεπιλεγμένες ρυθμίσεις για την αντίστοιχη θεραπευτική παρέμβαση, ώστε με μια συσκευή να μπορεί ο κλινικός να αντιμετωπίσει πολλές παθήσεις, και μάλιστα η εναλλαγή των προγραμμάτων να γίνεται εργονομικά, εύκολα και γρήγορα. Ωστόσο, η θέσπιση των ιδανικών ρυθμίσεων για την εκτέλεση μιας θεραπευτικής πράξης με Laser δεν έχει μέχρι σήμερα επιτευχθεί και ο λόγος είναι η διαφορετικότητα των συσκευών Laser (διαφορετικά μήκη κύματος) και η ιδιαιτερότητα του κάθε ιστού, που ανάλογα με το χρώμα και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται (πχ. φλεγμονή) αντιδρά διαφορετικά στην ακτινοβολία. Η σύγχρονη έρευνα πάνω στα Οδοντιατρικά Laser θα πρέπει να οδηγηθεί προς αυτή την κατεύθυνση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι συσκευές Laser αποτελούν μια εφεύρεση του ανθρώπου και σχεδόν 60 χρόνια μετά την πρώτη αναφορά τους εξακολουθούμε να ανακαλύπτουμε καθημερινά νέες κλινικές εφαρμογές. Με την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας οι σύγχρονες συσκευές Laser έχουν αισθητά μικρότερο μέγεθος, είναι περισσότερο ασφαλείς και κοστίζουν λιγότερο σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, δίνοντας την ευκαιρία στον οδοντίατρο να εκμεταλλευτεί τις μεγάλες δυνατότητες των συσκευών και να εφαρμόσει τεχνικές ελάχιστης παρέμβασης. Ωστόσο, όσο αυξάνεται η λίστα με τις πιθανές εφαρμογές αυξάνεται και η ανάγκη για κατάρτιση και έκδοση θεραπευτικών πρωτοκόλλων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Einstein 1917. Zur Quantentheorie der Strahlung (On the Quantum Theory of Radiation).
2. <http://news.softpedia.com/news/Gordon-shtml>.
3. Kincade, Kathy and Stephen Anderson (2005) «Laser Marketplace: Consumer applications boost laser sales 10%», Laser Focus World, 2005 vol. 41, no.1.
4. Steele, Robert V. «Diode-laser market grows at a slower rate», Laser Focus World, 2005: vol. 41, no. 2.
5. Svelto O. Principles of Lasers, Plenum Press, New York, 1998.
6. Miserendino LJ, Neiburger EJ, Pick RM. Current status of lasers in dentistry. Dent J. 1987; 56(4):254-257.
7. Javan A, Bennet WR, Herriot DR. Population inversion and continuous oscillations in gas discharge containing a He-Ne laser mixture, Phys. Rev. Lett. 1961; 6:106-110.
8. Moritz A. Oral Laser Applications. 2006. Quintessence books.
9. Cobb CM. Lasers in periodontics: a review of the literature. J Periodontol. 2006; 77(4):545-564.
10. Baxter G., Diamantopoulos C. Therapeutic lasers: theory and practice Edinburgh; New York: Churchill Livingstone, 1994.
11. Stern RH & Sognnaes RF. Laser beam on dental hard tissues. J Dent. Res. 1964; 43:873.
12. Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman B. Impact of the Laser on Dental Caries. Nature 1964:203:417.
13. Melcer J, Chaumette MT, Melcer F, Dejardin J, Hasson R, Merard R, Pinaudeau Y, Weill R. Treatment of dental decay by CO₂ laser beam: preliminary results. Lasers Surg Med. 1984; 4(4):311-321.
14. Melcher AH, Cheong T, Cox J, Nemeth E, Shiga A. Synthesis of cementum-like tissue in vitro by cells cultured from bone: a light and electron microscope study. J Periodontal Res. 1986; 21(6): 592-612.
15. Keller U, Hibst R. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. Lasers Surg Med. 1989;9(4):345-351.
16. Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: an optical method for caries detection. J Dent Res. 2004;83 Spec No C:C80-83.
17. Lussi A, Imwinkelried S, Pitts N, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. Caries Res. 1999 Jul-Aug;33(4):261-266.
18. Rochkind S, Nissan M, Barr-Nea L, Razon N, Schwartz M, Bartal A. Response of peripheral nerve to He-Ne laser: experimental studies. Lasers Surg Med. 1987;7(5):441-443.
19. Kawakami T. et al. The effectiveness of GaAlAs semiconductor laser treatment to pain decrease after irradiation]. Higashi Nihon Shigaku Zasshi. 1989 Jun;8(1): 57-62.
20. Kimura Y, Wilder-Smith P, Yonaga K, Matsumoto K. Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. J Clin Periodontol 2000; 27(10):715-721.
21. Arisu HD, Bala O, Alimzhanova G, Turkoz E. Assessment of morphological changes and permeability of apical dentin surfaces induced by Nd:YAG laser irradiation through retrograde cavity surfaces. J Contemp Dent; (2004) Pract5: 102-113.
22. Levy G. Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. J Endod; (1992) 18:123-127.
23. Bergamens L, Moisiadas P, Teughels W, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Bactericidal effect of Nd:YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. Int Endod J 2006;39: 447-457.
24. Stabholz A, Khayat A, Ravan-shad SH, McCarthy DW, Neev J, Torabinejad M. Effects of Nd:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. J Endod 1992: 18:371-375.
25. de Oliveira Guaré R, Costa SC, Baeder F, de Souza Merli LA, Dos Santos MT. Drug-induced gingival enlargement: biofilm control and surgical therapy with gallium-aluminum-arsenide (GaAlAs) diode laser-A 2-year follow-up. Spec Care Dentist. 2010 Mar-Apr;30(2):46-52.
26. Geusic JE, Marcos HW, Van Uitret LLG. Laser oscillations in Nd-doped yttrium aluminum, yttrium gallium, and gadolinium garnets. Appl Phys Lett 1964:4:182
27. White JM, Goodis HE, Setcos JC, Eakle S, Hulscher BE, Rose CL. Effects of pulsed Nd:YAG laser energy on human teeth: a three-year follow-up study. J Am Dent Assoc. 1993 Jul;124(7):45-51.
28. White JM, Goodis HE, Rose CM. Nd:YAG pulsed infrared laser for treatment of root surface. J Calif Dent Assoc. 1991; 19(11):55-58.
29. Atsawasuwan P, Greethong K, Nimmanon V. Treatment of gingival hyperpigmentation for esthetic purposes by Nd:YAG laser: report of 4 cases. J Periodontol 2000: 71:315-321.
30. Neil ME, Mellonig JT. Clinical efficacy of the Nd:YAG laser for combination periodontitis therapy. Pract Periodontics Aesthet Dent. 1997; 9:1-5.
31. 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.
32. Gold SI, Vilardi MA. Pulsed laser beam effects on gingiva. J Clin

- Periodontol 1994;21:391-396.
33. 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.
 34. Romanos G, Nentwig GH. Diode laser (980 nm) in oral and maxillofacial surgical procedures: clinical observations based on clinical applications. *J Clin Laser Med Surg* 1999; 17: 193-197.
 35. Prasad S, Monaco EA Jr, Andreana S. Gingival abscess removal using a soft-tissue laser. *Dent Today.* 2011 Feb;30(2):114-116.
 36. Yousuf A, Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kinoshita J, Matsumoto K. Removal of gingival melanin pigmentation with the semiconductor diode laser: a case report. *J Clin Laser Med Surg* 2000; 18: 263-266.
 37. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int.* 1997; 28(3):205-209.
 38. Mester E, Szende B, Tota JG. Effect of laser on hair Growth of mice. *Kiserl Orvostud.* 1967; 19: 628-631.
 39. Pinheiro AL, Gerbi ME. Photo engineering of bone repair processes. *Photomed Laser Surg* 2006;24:169-178.
 40. Whelan HT, Smits RL, Buchmann EV, Whelan NT, Turner SG, Margolis DA, Cevenini V, Stinson H, Ignatius R, Martin T, Cwiklinski J, Philippi AF, Graf WR, Hodgson B, Gould L, Kane M, Chen G, Caviness J: Effect of NASA Light-Emitting Diode (LED) Irradiation on Wound Healing. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery:* 2001;19, 305-314.
 41. Chen YJ, Jeng JH, Jane Yao CC, Chen MH, Hou LT, Lan WH. Long-term effect of pulsed Nd:YAG laser irradiation on cultured human periodontal fibroblasts. *Lasers Surg Med.* 2005; 36(3):225-233.
 42. Gkogkos AS, Karoussis IK, Prevezanos ID, Marcopoulou KE, Kyriakidou K, Vrotsos IA. Effect of Nd:YAG Low Level Laser Therapy on Human Gingival Fibroblasts. 2015 *Int J Dent.* 2015;2015:258941.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΟΔΟΝΤΟΣΤΟΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΗΣ 2017 ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΣΤΟΜΑΤΟΣ

27-28 Ιανουαρίου 2017

Η ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΣΤΟΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΕΙΟ

ΟΜΙΛΗΤΕΣ:	Ε. Βάρδας	Οδοντίατρος, Ειδικευθείς στην Χειρουργική Στόματος στο Πανεπιστήμιο Αθηνών
	Δ. Καλύβας	Αναπληρωτής Καθηγητής Στοματικής Χειρουργικής Πανεπιστημίου Αθηνών
	Γ. Καμπέρος	Οδοντίατρος, Ειδικευθείς στην Στοματολογία και Χειρουργική Στόματος στο Πανεπιστήμιο Αθηνών
	Λ. Ποδαρόπουλος	Οδοντίατρος, Ειδικευθείς στη Χειρουργική Στόματος στο Πανεπιστήμιο Sheffield Αγγλία
	Α. Σπανού	Οδοντίατρος, Ειδικευθείσα στη Χειρουργική Στόματος στο Πανεπιστήμιο Freiburg, Γερμανία

Σκοπός της εκπαιδευτικής αυτής δραστηριότητας είναι η ενημέρωση του Οδοντιάτρου για τις σύγχρονες απόψεις που υπάρχουν σχετικά με τις μικρές επεμβάσεις που τον αφορούν (χειρουργικές εξαγωγές, περιακρορριζική χειρουργική, χειρουργική καλοήθων όγκων του βλεννογόνου του στόματος, προεμφυτευματική χειρουργική) και η εξοικειωσή του με μεθόδους που παρέχει η σύγχρονη τεχνολογία (lasers, πιεζοχειρουργική) για την καλύτερη αντιμετώπιση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς του.