

Βασικές αρχές και εφαρμογές των ακτίνων Laser στην Περιοδοντολογία

Basic principles and application of laser irradiation in Periodontology

Περίληψη

Η εφαρμογή των laser στην Περιοδοντολογία αναγνωρίζεται ως μία εναλλακτική ή συμπληρωματική προσέγγιση στη θεραπεία της περιοδοντικής νόσου. Η εφαρμογή των συσκευών laser βασίζεται στην φωτοθερμική τους δράση και στην ιδιότητα να εξαλείφουν τους μικροβιακούς πληθυσμούς σε θερμοκρασίες άνω των 50°C. Η ακτινοβολία που εκπέμπουν οι διάφοροι τύποι laser απορροφάται από τα παθογόνα βακτήρια, κυρίως τα αρνητικά κατά gram, και με τον τρόπο αυτό εμφανίζουν βακτηριοκτόνο δράση, που οδηγεί σε μείωση της φλεγμονής και την προαγωγή της επούλωσης των ιστών. Η εφαρμογή των συσκευών Nd:YAG και διοδικών laser προτείνεται ως συμπληρωματική θεραπευτική διαδικασία, σε συνδυασμό με τη χρήση μηχανικών εργαλείων, λόγω των βακτηριοκτόνων ιδιοτήτων τους και της δυνατότητας για απομάκρυνση του καταδυσόμενου επιθηλίου των περιοδοντικών θυλάκων. Παρόλα αυτά, λόγω της αδυναμίας αφαίρεσης τρυγίας και της πιθανής υπερθέρμανσης των σκληρών ιστών, οι συγκεκριμένες ομάδες laser δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τη χρήση των εργαλείων χειρός σε όλες τις φάσεις της περιοδοντικής θεραπείας. Τα laser του Ερβίου εμφανίζουν ικανοποιητική τεκμηρίωση στα πλαίσια της μη χειρουργικής θεραπείας των περιοδοντικών νόσων, ως αποκλειστικό ή συμπληρωματικό μέσο με παρόμοια βελτίωση των κλινικών παραμέτρων, σε σύγκριση με τη συμβατική αιτιολογική

Φ. Κασικάνης¹, Δ. Στράκας², Ι. Βούρος³

¹ Μεταπτυχιακός φοιτητής, Εργαστήριο Προληπτικής Οδοντιατρικής, Περιοδοντολογίας και Βιολογίας Εμφυτευμάτων Οδοντιατρική Σχολή ΑΠΘ

² Οδοντίατρος, MSc. in 'Lasers in Dentistry' RWTH-Aachen University Germany, Υποψήφιος Διδάκτωρ Εργαστηρίου Οδοντικής Χειρουργικής Οδοντιατρική Σχολή ΑΠΘ

³ Αναπληρωτής Καθηγητής Εργαστηρίου Προληπτικής Οδοντιατρικής, Περιοδοντολογίας και Βιολογίας Εμφυτευμάτων Οδοντιατρική Σχολή ΑΠΘ

F. Katsikanis¹, D. Strakas², I. Vouros³

¹ Postgraduate Student, Department of Preventive Dentistry, Periodontology and Implant Biology, Dental School, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

² DDS, MSc. in 'Lasers in Dentistry' RWTH-Aachen University Germany, PhD Candidate, Laboratory of Dental Surgery, Dental School, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

³ Associate Professor, Department of Preventive Dentistry, Periodontology and Implant Biology, Dental School, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Abstract

The application of laser irradiation in Periodontology is regarded as an alternative or adjunctive approach to the conventional treatment of periodontal disease. The use of laser devices is based on their photothermal effect and their ability to eliminate microbial populations at temperatures above 50°C. The irradiation, emitted by the different types of lasers, is absorbed by pathogenic bacteria, especially gram-negative strains, and through their bactericidal activity leads to inflammation reduction and promotes tissue healing. The application of Nd:YAG and diode laser devices is recommended as an adjunctive treatment method in combination with the use of mechanical instruments because of their bactericidal properties and the possibility to remove the sulcular epithelium of the periodontal pockets. However, due to its inability to remove calculus and the overheating it may cause to the hard tissues, those lasers devices cannot completely replace the use of hand instruments in all phases of periodontal therapy. The Erbium Laser exhibits satisfying documentation when applied as a sole or supplementary means of non-surgical treatment for periodontal disease, providing similar improvements in clinical parameters compared to conven-

θεραπεία. Επίσης εμφανίζονται ασφαλή και αποτελεσματικά και στην χειρουργική του οστού. Η τεχνική LANAP παρουσιάζεται σαν μία πολλά υποσχόμενη μέθοδος για επίτευξη ακόμα και περιοδοντικής αναγέννησης, όμως το γεγονός ότι έχει εφαρμοστεί από μία μόνο ερευνητική ομάδα που δείχνει ιδιαίτερος ευνοϊκά αποτελέσματα, καθιστά την επιστημονική κοινότητα επιφυλακτική.

Περιοδοντολογικά Ανάλεκτα 2013, 23:81-102

Λέξεις κλειδιά: ακτίνες laser, περιοδοντίτιδα, μη-χειρουργική περιοδοντική θεραπεία, Nd:YAG laser, Er:YAG laser, διοδικά laser.

Εισαγωγή

Η σύγχρονη γνώση για την αιτιοπαθογένεια των περιοδοντικών νόσων αναγνωρίζει ως κύριο χαρακτηριστικό της νόσου την παρουσία φλεγμονώδους αντίδρασης, που σχετίζεται με την ανοσολογική απάντηση του ξενιστή στην μικροβιακή προσβολή και η οποία τροποποιείται από διάφορους τοπικούς και συστηματικούς παράγοντες κινδύνου. Η ευαισθησία και η βαρύτητα της περιοδοντικής νόσου διαφέρει μεταξύ ατόμων, συνεπώς κάποιες ομάδες πληθυσμού εμφανίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο ανάπτυξης και εξέλιξης της νόσου. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί οργανώνονται σε μικροβιακές αποικίες (βιοϋμένια) που προσκολλώνται στην επιφάνεια της ρίζας και είναι ανθεκτικές στους φυσικούς μηχανισμούς άμυνας του ξενιστή. Πρωταρχικός στόχος της περιοδοντικής θεραπείας είναι η διατήρηση της οδοντοφυΐας σε κατάσταση υγείας, άνετης λειτουργίας και αποδεκτής αισθητικής για όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο (AAP 1998). Η αιτιολογική περιοδοντική θεραπεία οδηγεί στην αναστολή της φλεγμονής και περιλαμβάνει έλεγχο των βιοϋμένων, υπερουλική και υποουλική αποτρύγωση, ριζική απόξεση και συμπληρωματική χρήση χημικών παραγόντων. Η μείωση του μικροβιακού φορτίου και των προϊόντων του μεταβολισμού των βακτηρίων ελαττώνει την φλεγμονώδη αντίδραση και δίνει την δυνατότητα επούλωσης των ιστών. Σύμφωνα με αναφορές πολλών μελετών τα τελευταία 30 χρόνια, η μηχανική επεξεργασία της ριζικής επιφάνειας εξακολουθεί να παραμένει η θεραπεία εκλογής στα πλαίσια της αιτιολογικής περιοδοντικής θεραπείας (Badersten και συν. 1987, Badersten και συν. 1990, Cobb 1996). Ωστόσο η παραδοσιακή αποτρύγωση και η ριζική απόξεση δεν οδηγούν συνήθως σε πλήρη απομάκρυνση των βακτηριακών εναποθέσεων και των ενδοτοξινών από την ριζική επιφάνεια (Adriaens και συν. 1988). Επιπλέον, η πρόσβαση σε περιοχές όπως διχασμοί, κοιλότητες, αύλακες και άπω περιοχές γομφίων είναι περιορισμένη. Από την άλλη πλευρά, η συστηματική και τοπική χορήγηση αντιβιοτικών για την μείωση των περιοδοντοπαθογόνων μικροοργανισμών ενέχει τον κίνδυνο ανάπτυξης ανθεκτικών στελεχών.

Προσφάτως προτάθηκαν νέα θεραπευτικά πρωτόκολλα που

conventional periodontal therapy. Moreover, this type of laser has been proven to be safe and effective in bone surgery. The LANAP protocol appears to be a promising technique aiming at periodontal regeneration, but the fact that only one research group has presented these remarkable findings makes the scientific community quite cautious.

Analecta Periodontologica 2013, 23:81-102

Key Words: laser irradiation, periodontal disease, periodontal therapy, Nd:YAG laser, Er:YAG laser, diode laser, non-surgical periodontal therapy.

Introduction

Current knowledge on the pathogenesis of periodontal diseases identifies the presence of an inflammatory reaction as its main feature, which is related to the host immune response to microbial infection, modified by various local and systemic risk factors. The sensitivity and the severity of periodontal disease vary among individuals; accordingly, specific patient groups exhibit a higher risk of development and progression of periodontitis. The microbial biofilm consists of pathogens, which attach to the root surface, organize into colonies and become resistant to natural host defense mechanisms. The primary goal of periodontal treatment is to maintain the dentition's health, comfortable function and acceptable aesthetics for as much time as possible (AAP 1998). The conventional periodontal therapy leads to the resolution of inflammation and includes the control of biofilm, supragingival and subgingival scaling, root planing and adjunctive use of chemical agents. According to a number of studies over the past 30 years, the mechanical debridement of the root surface remains the gold standard in the treatment of periodontal disease (Badersten et al. 1987, Badersten et al. 1990, Cobb 1996). However, conventional scaling and root planing do not usually lead to the complete removal of bacterial endotoxins and calculus deposits from the root surface (Adriaens et al. 1988). Moreover, the access to areas such as furcations, cavities, grooves and molar's distal regions is limited. On the other hand, the systemic and topical administration of antibiotics for the reduction of periopathogens involves the risk of developing resistant strains.

Recently, new treatment protocols have been proposed, utilizing new technologies to be used as adjuncts or substitutes of the conventional mechanical periodontal treatment, which is in fact very laborious, demanding and time-consuming.

εφαρμόζουν νέες τεχνολογίες με σκοπό τη συμπλήρωση η και πιθανή αντικατάσταση της παραδοσιακής μηχανικής θεραπείας, η οποία κατά γενική ομολογία είναι ιδιαίτερος εργώδης, απαιτητική και χρονοβόρα. Η εφαρμογή των συσκευών laser στην οδοντιατρική ξεκινά από την δεκαετία του 1980, όταν χρησιμοποιήθηκαν συσκευές laser CO₂ από γναθοχειρουργούς για επεμβάσεις σε μαλακούς ιστούς (Frame 1985, Pick και συν. 1985). Η ονομασία Laser αντιστοιχεί στο ακρωνύμιο των λέξεων Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation και αποδίδεται ως ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας. Ήδη από το 1960 ο Ted Maiman κατασκεύασε το πρώτο ruby laser, ενώ από τη δεκαετία του 1980 εμφανίστηκαν στην αγορά τα πρώτα οδοντιατρικά laser. Για την κατασκευή ενός laser κατά βάση απαιτούνται:

- α) Μία εξωτερική πηγή φωτεινής ενέργειας
- β) Το ενεργό μέσο (κρύσταλλος, αέριο)
- γ) Η οπτική κοιλότητα, στην οποία πραγματοποιείται η παραγωγή της φωτεινής δέσμης. (Δύο κάτοπτρα παράλληλα μεταξύ τους το ένα εκ των οποίων είναι κατά 2-5% διαπερατό)
- δ) Μια συσκευή ψύξης του συστήματος

Το laser είναι ένα τεχνητό φως που δε συναντούμε στη φύση. Είναι ένα σύνολο φωτονίων που σε αντίθεση με το φυσικό φως, έχει τις εξής ιδιότητες:

- **Μονοχρωματικότητα:** Τα φωτόνια μιας δέσμης laser είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους. Έχουν την ίδια ενέργεια, μήκος κύματος και πόλωση
- **Κατευθυντικότητα:** Τα φωτόνια της δέσμης έχουν όλα την ίδια κατεύθυνση
- **Υψηλή πυκνότητα ισχύος:** Η παραγόμενη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας είναι πάρα πολύ υψηλή (έχουμε συγκέντρωση ενέργειας σε ένα πολύ μικρό όγκο του ιστού, για πολύ μικρό χρονικό διάστημα).
- **Εκλεκτικότητα στην απορρόφηση της ενέργειας:** Εμφανίζεται διαφορετική ανταπόκριση των διαφόρων υλικών στην ίδια ακτινοβολία, ακόμη κι αν βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους.

Είναι σημαντικό να αντιληφθούμε πως δεν είναι όλα τα laser ίδια μεταξύ τους. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα που καλύπτει ένα τεράστιο πεδίο, τα οδοντιατρικά laser ανευρίσκονται τόσο στο ορατό φάσμα (400-700nm), όσο και στο εγγύς (810-1064nm) και το μέσο υπέρυθρο (2780-2940nm) φάσμα. Το κάθε ένα από αυτά παρουσιάζει διαφορετικές ιδιότητες κατά την αλληλεπίδρασή τους με τους ιστούς (Franzen 2011).

Η εφαρμογή των laser στην Περιοδοντολογία έχει προταθεί ως μία καινοφανής θεραπευτική επιλογή σαν συμπληρωματική ή εναλλακτική της κλασσικής περιοδοντικής θεραπείας λόγω των αντιμικροβιακών τους ιδιοτήτων. Η ποικιλότητα των ιστών του περιοδοντικού θυλάκου οδηγεί σε διαφορετικές οπτικές ιδιότητες αυτών, πράγμα που είναι πολύ σημαντικό για την απορρόφηση της οπτικής ενέργειας κάθε μήκους κύματος. Αυτές οι ιδιότητες τροποποιούνται ανάλογα

The application of laser devices in dentistry first appears in the 1980s, when laser CO₂ devices were used by maxillofacial surgeons for the treatment of soft tissues (Frame 1985, Pick et al. 1985). The acronym "LASER" corresponds to the term "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". Already in 1960, Ted Maiman fabricated the first ruby laser device, and since the 1980s, the first dental laser devices have appeared in the market.

A laser device consists of the following components:

- a) A pump source (e.g. flash lamp)
- b) An active medium (crystal rod, gas etc.)
- c) The optical resonator
- d) A cooling device

The laser is an artificial light that is not found in nature. It is a set of photons which has some special properties, in contrast to natural light:

- **Monochromatic.** All beam photons have the same energy, wavelength and polarization
- **Collimation.** All beam photons have the same direction of propagation
- **High spectral energy and power density.** High energy concentration in a very small tissue volume for a very short time period
- **Selectivity.** Different tissues or components inside a tissue can absorb significantly higher amounts of energy than others even if they are in close proximity.

It is important to realize that all lasers are not similar. In the electromagnetic spectrum which covers a vast field, dental lasers are found in the visible (400-700 nm), proximal (810-1064 nm) and middle infrared (2780-2940 nm) spectrum. Each one of these exhibits different properties in interaction with the tissues (Franzen 2011).

The application of lasers in periodontology has been proposed as a novel therapeutic approach, to be applied as an adjunct or alternative to the conventional cause-related periodontal therapy, due to their antimicrobial properties. The complexity of the tissues in the periodontal pocket results in different optical properties, a fact which is very important for the absorption of each wavelength's optical energy. These properties are also modified according to the severity of periodontal inflammation. For this reason, it is necessary for the clinician to have a profound knowledge of the laser-target tissue interaction and the appropriate parameters of each laser device, in order to achieve a targeted action on the treated area without the risk of causing damage to the surrounding tissues. The irradiation on tissues may result in four different interactions:

με την βαρύτητα της περιοδοντικής φλεγμονής. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο ο κλινικός να γνωρίζει επακριβώς την αλληλεπίδραση laser - ιστού στόχου καθώς και τις ορθές παραμέτρους της συσκευής laser, με σκοπό την επίτευξη μιας στοχευμένης δράσης στην υπό θεραπεία περιοχή, χωρίς τον κίνδυνο πρόκλησης βλάβης στους γύρω ιστούς. Η ακτινοβολία σε ζώντες ιστούς είναι δυνατόν να επιφέρει διαφορετικές αλληλεπιδράσεις, οι οποίες είναι τεσσάρων τύπων:

- **ανάκλαση** (reflection). Τα φωτόνια δεν διαπερνούν τον ιστό και ανακλώνται με γωνία ίση με τη γωνία πρόσπτωσης της δέσμης.
- **απορρόφηση** (absorption). Πρόκειται για τη μόνη αλληλεπίδραση όπου στην ουσία μεταφέρεται ενέργεια από τη δέσμη laser (φως) στον ιστό. Αυτή η μεταφορά ενέργειας λαμβάνει χώρα στο σημείο απορρόφησης του φωτονίου.
- **μετάδοση** (transmission). Το φωτόνιο διαπερνά τον ιστό χωρίς να μεταφέρει ενέργεια σε αυτόν.
- **σκέδαση** (scattering). Το φωτόνιο διατηρεί την ενέργεια του και εκτρέπεται μέσα στον ιστό, ακολουθώντας μία σχεδόν τυχαία διαδρομή.

Ποιά από όλες τις αλληλεπιδράσεις θα λάβει χώρα, εξαρτάται από το μήκος κύματος του laser. Γενικά οι διάφορες αλληλεπιδράσεις συμβαίνουν για όλα τα μήκη κύματος και για όλους τους τύπους ιστού ωστόσο όχι με την ίδια ισχύ. Ανάλογα με το μήκος κύματος, τα συστατικά του ιστού, τον τρόπο λειτουργίας του laser, την εφαρμογή πίεσης στην επιφάνεια του ιστού (λειτουργία επαφής ή μη-επαφής) και άλλους παράγοντες, κάποιες από τις αλληλεπιδράσεις θα είναι ισχυρές και κάποιες άλλες αμελητέες. Στις οδοντιατρικές εφαρμογές laser μας ενδιαφέρει περισσότερο η απορρόφηση. Η απορρόφηση είναι αυτή που θα μεταφέρει την ενέργεια μέσα στο βιολογικό σύστημα. Παρ' όλα αυτά και οι υπόλοιπες διαδικασίες είναι εξίσου σημαντικές διότι επηρεάζουν την κατανομή του φωτός στον ιστό και το ακριβές σημείο, όπου θα λάβει χώρα η απορρόφηση (Gould & Gordon 1959). Έτσι, στους περισσότερους ιστούς η μεγαλύτερη απορρόφηση συμβαίνει σε μήκη κύματος με την μεγαλύτερη απορρόφηση στο νερό (Ishikawa 2009).

Η εφαρμογή των συσκευών laser βασίζεται στην φωτοθερμική τους δράση και στην ιδιότητα να εξαλείφουν τους μικροβιακούς πληθυσμούς σε θερμοκρασίες άνω των 50°C. Η ακτινοβολία που εκπέμπουν οι συσκευές Nd:YAG και τα διοδικά laser απορροφάται από τα βακτήρια, κυρίως τα μελανινογόνα που θεωρούνται τα κυρίαρχα περιοδοντοπαθογόνα αναερόβια, αρνητικά κατά gram βακτήρια (Gutknecht και συν. 2002). Η ελάττωση του βακτηριακού φορτίου συντελεί στη μείωση της επίδρασης του κύριου αιτιολογικού παράγοντα της περιοδοντικής νόσου και ευνοεί την επούλωση. Έρευνες στη βιβλιογραφία τονίζουν τις βακτηριοκτόνες ιδιότητες του Nd:YAG laser αρνητικών κατά gram αναερόβιων μικροβίων και ειδικότερα στελεχών του είδους *Prevotella* (Harris & Yessik 2004) καθώς και την αντιμικροβιακή δράση των διοδικών laser μετά

- **Reflection:** Photons do not penetrate the tissue and are reflected at an angle equal to the beam incidence angle.
- **Absorption:** This is the only interaction where the energy is transported by the beam (light) into the tissue. This energy transfer takes place on the point of photon absorption.
- **Transmission:** The photon penetrates the tissue without having to transfer energy.
- **Scattering:** The photon maintains energy and deflects into the tissue, following an almost random path.

Which one of all the above-mentioned interactions will take place depends on the laser wavelength. In general, various interactions may occur for all wavelengths and tissue types but not all exhibit the same power. Some of the interactions are powerful and others negligible depending on the wavelength, the tissue components, the laser characteristics, the application of pressure to the tissue surface (contact or non-contact mode) and other factors. In dental laser applications, we are more interested in absorption. Absorption will transfer energy into the biological system. Nevertheless, other processes are equally important because they affect the distribution of light within the tissue and the exact point where absorption occurs (Gould & Gordon 1959). Thus, the highest absorption in most tissues occurs at wavelengths with greater absorption in water (Ishikawa 2009).

The application of laser devices is based on their photothermal effect and their ability to eliminate microbial populations at temperatures above 50°C. The irradiation, emitted by the different types of lasers, is absorbed by pathogenic bacteria, especially gram-negative strains, and through their bactericidal activity leads to inflammation reduction and promotes tissue healing (Gutknecht al. 2002). Accordingly, the effect of the main causative factor of periodontal disease is reduced by the elimination of microbial total counts; thus healing is promoted. Several studies report on the bactericidal properties of the Nd:YAG laser against gram-negative anaerobic bacteria and particular strains of the *Prevotella* species (Harris & Yessik 2004), and emphasize the antimicrobial activity of the diode lasers after application in the periodontal pockets. According to their action mechanism, the beam penetrates the water molecules and the soft tissue, thus achieving a better hemostasis (van As 2004). The Erbium lasers (Er:YAG) exhibit antimicrobial properties against pathogenic microflora (Ando and al. 1996) and the application of that laser type

από εφαρμογή τους στο περιοδοντικό θύλακο. Σύμφωνα με τον μηχανισμό δράσης τους οι ακτίνες διαπερνούν τα μόρια του νερού και διεισδύουν στο εσωτερικό των μαλακών ιστών, επιτυγχάνοντας καλύτερη αιμόσταση (van As 2004). Τα laser του Ερβίου (Er:YAG) επιδεικνύουν και αυτά αντιμικροβιακές ιδιότητες έναντι των περιοδοντοπαθογόνων βακτηρίων (Ando και συν. 1996) και η χρήση των συσκευών φαίνεται ότι είναι αποτελεσματική για τη θεραπεία της χρόνιας περιοδοντίτιδας, τόσο ως μονοθεραπεία, όσο και ως συμπληρωματικό μέσο στη χρήση μηχανικών εργαλείων ή υπερήχων. Η απορρόφηση των Er:Yag laser στο νερό είναι 2,5 έως 15.000 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη άλλων τύπων lasers. Οι ακτίνες τους αφού απορροφηθούν μετατρέπουν τα μόρια νερού σε ατμό, προκαλώντας κατόπιν πίεσης, θερμική έκρηξη της εξωκυττάριας ουσίας στους σκληρούς αλλά και στους μαλακούς ιστούς που εφαρμόζονται (van As 2004).

Σκοπός της παρούσας συγγραφής είναι η παρουσίαση των ιδιοτήτων του laser στην Περιοδοντολογία, της επίδρασης των συσκευών laser στους περιοδοντικούς ιστούς, καθώς και η τεκμηρίωση της εφαρμογής τους στη μη χειρουργική, στη χειρουργική και υποστηρικτική θεραπεία.

Χαρακτηριστικά των διαφόρων laser στην Περιοδοντολογία

Παράμετροι και αλληλεπίδρασεις

Κυρίαρχο ρόλο στην αλληλεπίδραση laser και περιοχής στόχου παίζει η απορρόφηση/μετάδοση της ενέργειας στον ιστό που ακτινοβολείται. Αυτό σημαίνει πως ανάλογα με το μήκος κύματος που χρησιμοποιείται, όσο περισσότερη απορρόφηση υπάρχει στον ιστό τόσο μεγαλύτερη αλληλεπίδραση παρατηρείται. Εξίσου σημαντικό ρόλο όμως έχουν και άλλες παράμετροι στην σχέση laser-ιστού. Η ενέργεια του παλμού (mJ), η ισχύς (W) και η ενεργειακή πυκνότητα (J/cm²) είναι στοιχεία που δίνουν τη δυνατότητα στις συσκευές laser να αφαιρούν διαστρωματικά, να εξαχνώνουν ή να προκαλούν αιμόσταση. Οι παραπάνω παράμετροι καθορίζουν τη συγκέντρωση της ενέργειας στην επιφάνεια. Από την άλλη η συχνότητα επανάληψης (Hz) καθώς και η διάρκεια (μsec) του παλμού καθορίζουν τη συγκέντρωση ενέργειας σε σχέση με το χρόνο. Η ταχύτητα της μετακίνησης της οπτικής ίνας (mm/second) είναι πολύ σημαντική στη συσσώρευση θερμικής ενέργειας στον ιστό. Τέλος η παρουσία ύδατος είναι απολύτως απαραίτητη κατά τη χρήση συσκευών laser της οικογένειας Ερβίου διότι επηρεάζει ως ένα βαθμό την αλληλεπίδραση των διοδικών ή Nd:YAG laser, ελαττώνοντας την επιφανειακή θερμοκρασία και διατηρώντας καθαρό το άκρο της οπτικής ίνας.

Πλεονεκτήματα των laser

Λόγω της ποικιλότητας των χαρακτηριστικών τους όπως η διαστρωματική αφαίρεση, η εξαχνωση, η αιμόσταση και η

has been shown to be effective in the treatment of chronic periodontitis, both as a monotherapy and in conjunction with mechanical periodontal treatment. The absorption of Er:YAG lasers in water is 2.5 to 15,000 times higher than that of other laser types. During the absorption, water molecules are converted into steam, causing thermal explosion under pressure in the extracellular matrix of the hard and soft tissues (van As 2004).

The aim of this review is to discuss the various types of laser applications in periodontology, to explain the interaction of laser devices with periodontal tissues and to evaluate their effectiveness in the non-surgical, surgical and supportive periodontal therapy.

Characteristics, Parameters and Interactions of Various Lasers in Periodontology

The absorption/transmission of energy to the irradiated tissue plays a dominant role in the interaction between laser and the targeted area. This means that depending on the wavelength applied, a higher percentage of absorption by tissues is related to a more intense interaction. Other relevant parameters play equally important roles in the laser-tissue relationship. The pulse energy (mJ), the power (W) and the energy delivered per unit area (J/cm²) are factors which enable the laser devices to perform stromal excision, to sublimate or to act as haemostatic. These parameters determine the concentration of energy on the surface. On the other hand, frequency (Hz) and pulse duration (microseconds) determine energy concentration in relation to time. The movement speed of the optical fiber (mm/second) is very important for the accumulation of thermal energy into the tissue. Finally, the presence of water spray is indispensable when using Erbium laser devices. During the application of the diode and Nd:YAG lasers, a water spray is useful for reducing surface temperature and cleaning the edge of the optical fiber.

Laser Advantages

Because of the diversity of their characteristics such as ablation, vaporization, hemostasis and mi-

μείωση του μικροβιακού φορτίου, τα laser μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά στη μηχανική μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία. Η θεραπεία γίνεται πλέον ελάχιστα επεμβατική, με πιθανή βελτίωση της πρόγνωσης και ευνοϊκά θεραπευτικά αποτελέσματα καθώς είναι δυνατόν να μειώνονται οι περιπτώσεις που απαιτούν στη συνέχεια χειρουργική θεραπεία. Ταυτόχρονα οι συνθήκες εργασίας είναι καλύτερες τόσο για τον κλινικό όσο και τον ασθενή, με μειωμένη αιμορραγία και μετεγχειρητικές επιπλοκές όπως ο πόνος και το οίδημα.

Μειονεκτήματα των laser

Τα πιθανά συμβάματα λόγω υπερθέρμανσης της περιοχής από λανθασμένη εφαρμογή της ενέργειας laser μπορούν να οδηγήσουν σε θερμική βλάβη ή ακόμη και νέκρωση των περιοδοντικών ιστών. Η έλλειψη επαρκούς τεκμηρίωσης, που οφείλεται στον μικρό αριθμό ελεγχόμενων κλινικών μελετών, δεν επιτρέπει προς το παρόν την συστηματική ένταξη των θεραπευτικών πρωτοκόλλων με laser, στην θεραπευτική του περιοδοντίου. Ένα άλλο στοιχείο που θα πρέπει να διερευνηθεί περισσότερο είναι η τυποποίηση των παραμέτρων των συσκευών, καθώς εμφανίζεται μία ετερογένεια στην βιβλιογραφία, σε ότι αφορά τη μεθοδολογία, γεγονός που δυσχεραίνει τη σύγκριση και αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων των δημοσιευμένων μελετών. Τέλος το υψηλό κόστος απόκτησης και εκπαίδευσης που απαιτείται για μια συσκευή laser, παραμένει ακόμη ένα μεγάλο εμπόδιο στην διάδοση και καθιέρωσή τους στην οδοντιατρική κοινότητα.

To Nd:YAG laser (μήκος κύματος 1064nm)

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός laser Νεοδυμίου (μήκος κύματος 1064nm, εγγύς υπέρυθρο φάσμα) είναι η απορρόφηση του στη μελανίνη και την αιμοσφαιρίνη, η χαμηλή απορρόφηση στο νερό και η σκέδασή του στους μαλακούς ιστούς. Το Nd:YAG laser εξαχνώνει και αφαιρεί τους μαλακούς ιστούς μέσω θερμότητας. Η κύρια διαφορά τους από τα διοδικά laser είναι πως τα οδοντιατρικά Nd:YAG laser είναι παλμικής λειτουργίας, παράγουν υψηλότερη μέγιστη ισχύ παλμού της τάξεως των kW, με πολύ μικρή διάρκεια παλμού της τάξεως των μs. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των Nd:YAG laser είναι η αιμόσταση και η μεγάλη μείωση μικροβιακού φορτίου στην υπό θεραπεία περιοχή, καθώς και η μετάδοση της ενέργειάς τους μέσω οπτικών ινών, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στον κλινικό να έχει πρόσβαση σε δύσκολες περιοχές. Συνεπώς με αυτό το μήκος κύματος επιτυγχάνεται η μείωση του μικροβιακού φορτίου στον περιοδοντικό θύλακο και αντίστοιχα και στην επιφάνεια της ρίζας ενώ ταυτόχρονα παρατηρούνται και φαινόμενα βιοδιέγερσης στα βαθύτερα στρώματα. Πρόσφατα η χρήση του ίδιου τύπου laser στην αφαίρεση των μαλακών ιστών που φλεγμαίνουν

microbial load reduction, the laser devices could be used as adjunctive means to non-surgical periodontal treatment. The minimally invasive approach, an improvement of the prognosis and the fact that the need for further surgical treatment could be reduced are considered as positive effects of laser applications. At the same time, the treatment conditions are better for both the clinician and the patient, with reduced bleeding and postoperative complications such as pain and swelling.

Laser Disadvantages

Possible complications derived from local overheating due to the incorrect application of the laser fiber can lead to thermal damage or even necrosis of the periodontal tissues. The lack of sufficient documentation and the small number of published controlled clinical studies do not currently allow for the systematic inclusion of laser treatment protocols in the periodontal treatment planning. Another issue that should be further investigated is related to the need for standardization of the laser devices' parameters. A significant heterogeneity in terms of methodology issues is observed in the existing literature, which does not allow for a proper evaluation of the published studies findings. Finally, the high financial cost of purchasing a laser device as well as the training requirements are still reasons that do not facilitate their spread and establishment in the dental community.

Nd:YAG lasers (wavelength 1064 nm)

The main characteristics of a Neodymium laser (wavelength 1064 nm, near infrared spectrum) are the absorbance of melanin and hemoglobin, the low water absorption and the scattering in the soft tissues. The Nd:YAG lasers lead to the vaporization and excision of soft tissues by causing a thermal effect. The main difference between diode lasers is that dental Nd:YAG lasers are functioning in pulsed mode, producing a very high peak power pulse, in the order of kW, with a very short pulse duration, in the order of microseconds. The advantages of using Nd:YAG laser are hemostasis, greater microbial load reduction in the treated area, as well as transmission of energy through the optical fiber, facilitating a better accessibility to difficult areas. Thus, the microbial load reduction in periodontal pockets and, respectively, onto the root surface is achieved by this wavelength, while biostimulation phenomena are observed in the deeper layers. Recently, the application of this type of laser to remove inflamed soft tissues within

κάτω από συγκεκριμένο πρωτόκολλο αποτελεί την 'Laser Assisted New Attachment Procedure' LANAP, διαδικασία που έλαβε την έγκριση της Αμερικανικής Ένωσης Φαρμάκων και Τροφίμων (FDA) το 2004 με τη σχετική βιβλιογραφία να αναφέρει ακόμα και επίτευξη περιοδοντικής αναγέννησης. Τα μειονεκτήματα της χρήσης τους εστιάζονται στον δύσκολο υπολογισμό του βάθους διείσδυσης της ενέργειας στους ιστούς, επιτάσσοντας στην ουσία τη διαρκή κίνηση της οπτικής ίνας κατά τη διάρκεια της θεραπείας, ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα υπερθέρμανσης των ιστών. Οι έρευνες έδειξαν, ότι η ακτινοβολία με laser Nd:YAG δεν προκαλεί καταστροφή στους σκληρούς ιστούς, όμως προκαλεί σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας (Wilder-Smith και συν. 1995). Λόγω της υψηλής διαπερατότητας της ακτινοβολίας laser η θερμική επίδραση σε ιστούς όπως ο πολφός και το οστό, αποτελεί σημαντική παράμετρο που πρέπει να ελεγχθεί κατά τη διάρκεια της περιοδοντικής θεραπείας (Aoki και συν. 2004). Επιπλέον το Nd:YAG laser είναι ακατάλληλο για διαστρωματική αφαίρεση σκληρών ιστών όπως οστό, αδαμαντίνη, οδοντίνη, ενώ συνίσταται η αποφυγή της χρήσης τους πάνω σε εμφυτεύματα ώστε να μη δημιουργηθεί οστική νέκρωση από τη μετάδοση της θερμικής ενέργειας στην περιοχή της οστεοενσωμάτωσης.

Διοδικά laser (μήκη κύματος 810nm, 940nm, 980nm)

Τα διοδικά laser είναι ημιαγωγοί που χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό στοιχείων όπως Γάλλιο (Ga), Αρσενικό (As), Αργίλιο (Al) και Ίνδιο (In) για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε ενέργεια φωτός. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα τα οδοντιατρικά διοδικά laser τα συναντούμε σε μήκη κύματος μεταξύ 800nm και 1000nm, και συνήθως χρησιμοποιούνται σε επαφή με τον ιστό μέσω μιας εύκαμπτης οπτικής ίνας. Χαρακτηριστικά τους είναι η μηδαμινή απορρόφησή τους στο νερό και τον υδροξυαπατίτη και η μεγάλη απορρόφηση στην αιμοσφαιρίνη και στις χρωστικές (π.χ. μελανίνη). Να σημειώσουμε εδώ πως η απορρόφηση του μήκους κύματος των 980nm στο νερό είναι δέκα φορές μεγαλύτερη από αυτή των άλλων διοδικών laser, κάτι που σημαίνει πως παρατηρούμε περισσότερες θερμικές επιδράσεις με αυτό. Τα διοδικά laser έχουν συνεχή τρόπο λειτουργίας. Με διάφορες τεχνικές αυτή η συνεχής ροή μπορεί να διακοπεί ηλεκτρονικά, με αποτέλεσμα η λειτουργία τους τότε να είναι διακοπτόμενη (chopped) και όχι παλμική.

Τα διοδικά laser είναι εξαιρετικά χειρουργικά εργαλεία για τους μαλακούς ιστούς, με εξαιρετικές αιμοστατικές ιδιότητες, και χρησιμοποιούνται επιτυχώς στη μείωση του μικροβιακού φορτίου της ουλοδοντικής σχισμής και των θυλάκων (Romanos & Nentwig 1999). Το βάθος διείσδυσής τους στους ιστούς είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των Nd:YAG laser, όμως η ανάπτυξη θερμότητας είναι υψηλότερη λόγω της έλλειψης παλμού (Rastegar και συν. 1992, Merigo και συν. 2012). Έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές για την μείωση του

a specified protocol consisted in the 'Laser Assisted New attachment Procedure' (LANAP) process, which was approved by the American Food and Drug Administration (FDA) in 2004. The relevant literature is suggesting that the LANAP protocol is successful in achieving periodontal regeneration. The drawbacks of its use are focused on the difficult estimation of the energy penetration depth in tissues, requiring an essentially continuous movement of the optical fiber during treatment to avoid overheating phenomena on surrounding tissues. Investigations have shown that irradiation with the Nd:YAG laser does not cause destruction of the hard tissues, but a significant increase in temperature (Wilder-Smith et al. 1995). The Nd:YAG lasers exhibit high permeability and consequently could cause an overheating effect on pulp tissue or bone (Aoki et al. 2004). Furthermore, the Nd:YAG laser is unsuitable for hard tissue ablation such as bone, enamel and dentin. Its use should be avoided on implant surfaces in order to avoid bone necrosis created by transmission of thermal energy onto the osseointegration areas.

Diode Lasers (wavelengths 810 nm, 940 nm, 980 nm)

The laser diodes are semiconductors that use a combination of elements such as Gallium (Ga), Arsenic (As), Aluminum (Al) and Indium (In) for converting electrical energy into light energy. In the electromagnetic spectrum, dental diode lasers are found at wavelengths between 800 nm and 1000 nm and normally used in contact with the tissue through a flexible optical fiber. Their characteristics are the minimal absorption in water and hydroxyapatite, and the high absorption in hemoglobin and pigments (e.g. melanin). It should be pointed out that the absorption wavelength of 980 nm in water is ten times greater than that of the other diode lasers, which means that more thermal effects are observed in this wavelength. Diode lasers are operated in continuous mode. Using various techniques, this continuous flow can be interrupted electronically, leading to a chopped, not pulsed function.

The diode lasers can be used for soft tissue excision with excellent hemostatic properties. Additionally, they are capable of reducing the microbial load and gingival pockets (Romanos & Nentwig 1999). The depth of penetration in tissues is less than that of the Nd:YAG lasers, but the heat development is higher because of the lack of pulse (Rastegar et al. 1992, Merigo et al. 2012). Various techniques

μικροβιακού φορτίου με αυτά τα laser, στη θεραπεία της περιοδοντίτιδας. Η αντιμικροβιακή δράση των laser του εγγύς υπέρυθρου φάσματος (διοδικά, Nd:YAG) βασίζεται κυρίως σε θερμικά φαινόμενα καθώς και στην απορρόφηση της προσπίπτουσας ενέργειας από το κεχρωσμένο κυτταρικό τοίχωμα της πλειονότητας των μικροβίων που εμπλέκονται στην περιοδοντίτιδα (Cobb 1997). Λόγω της χρήσης των οπτικών ινών σε περιβάλλον με πολύ διαφορετικές οπτικές ιδιότητες, όσον αφορά στην απορρόφηση της ενέργειας (υποουλική τρυγία, επιθηλιακός ιστός, περιρριζίο, οστεΐνη) είναι επιβεβλημένο ο κλινικός χειριστής να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένος, ώστε να αποφευχθούν ανεπιθύμητα συμβάντα από την μη ελεγχόμενη έκλυση ενέργειας (π.χ. πολφίτιδα, οστική νέκρωση). Τα διοδικά laser μπορούν υπό προϋποθέσεις να χρησιμοποιηθούν στη θεραπεία της περιεμφτευματίτιδας, κυρίως με χαμηλές τιμές μέσης ισχύος της προσπίπτουσας δέσμης.

Τα Er:YAG και Er,Cr:YSGG laser (μήκη κύματος 2940nm, 2780nm)

Στο μέσο υπέρυθρο φάσμα, γύρω στα 3000nm συναντούμε τα laser της οικογένειας του Ερβίου. Πρόκειται για το Er:YAG (2940nm) και το Er,Cr:YSGG (2780nm). Χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη απορρόφηση στο νερό και στον υδροξυαπατίτη. Χρησιμοποιούνται συνήθως με ταυτόχρονο καταιονισμό νερού, το οποίο εκτός από το να μειώνει τη θερμοκρασία του ιστού-στόχου, απορροφά την ενέργεια του laser (Burkes και συν. 1992, Paghdiwala 1991, Visuri και συν. 1996). Έτσι τα μόρια του νερού εξαχνώνονται ταχύτητα μέσω μικροεκρήξεων, οι οποίες συμπαρασύρουν με τη σειρά τους σκληρούς ή μαλακούς ιστούς μέσω διαστρωματικής αφαίρεσης. Η διαδικασία αυτή έχει σαφέστερα μικρότερη θερμική επιβάρυνση στους ιστούς (Merigo και συν. 2012). Μειονέκτημα αυτών αποτελεί η μειωμένη ικανότητα αιμόστασης σε σχέση με τα laser του εγγύς υπέρυθρου φάσματος, καθώς και η μικρότερη ικανότητα μείωσης του μικροβιακού φορτίου σε βαθύτερα στρώματα, λόγω της επιφανειακής τους απορρόφησης.

Στην Περιοδοντολογία τελευταία χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο, λόγω της ικανότητας διαχείρισης ταυτόχρονα σκληρών και μαλακών ιστών. Αναφέρεται η δυνατότητα αποτρύγωσης (Schwarz και συν. 2003β), των επιφανειακών στρωμάτων της οστεΐνης (Schwarz et al. 2001) η απομάκρυνση και αφαίρεση των ενδοτοξινών με μικρή μόνον αύξηση της θερμοκρασίας στις ριζικές επιφάνειες (Schwarz και συν. 2003α). Επιπλέον, επιτυγχάνεται λείανση της ριζικής επιφάνειας που ευνοεί την ιστική πρόσφυση (Aoki και συν.2004). Περιορισμένες in vitro μελέτες αναφέρουν την προσκόλληση και τον λειτουργικό προσανατολισμό των ινών Sharpey του περιρριζίου σε ακτινοβολημένες ριζικές επιφάνειες (Schwarz και συν. 2003B). Εξαιτίας της υψηλής απορρόφησης του μήκους κύματος εκπομπής του από τα μόρια νερού, τα Er:YAG laser έχουν την ικανότητα να αφαιρούν την τρυγία από τις

have been proposed to reduce the microbial load by means of these lasers in the treatment of periodontitis. The antimicrobial action of laser irradiation in the near infrared spectrum (diode, Nd:YAG) is mainly based on thermal effects and absorption of the incident energy from the stained cell membrane of most periopathogenic bacteria (Cobb 1997). The use of optical fibers is essential in environments with very different optical properties with respect to energy absorption (subgingival calculus, epithelial tissue, periodontal ligament, cementum), so the clinician has to be properly trained to avoid irreversible side-effects from uncontrolled energy release (e.g. pulpitis, bone necrosis). The diode lasers can be utilized under certain conditions in treating peri-implantitis, especially by using low power of the incident beam.

Er:YAG and Er,Cr:YSGG Lasers (wavelengths 2940 nm, 2780 nm)

The family of erbium lasers (the Er:YAG (2940 nm) and Er,Cr:YSGG (2780 nm) lasers) is found in the mid-infrared spectrum, around 3000 nm. They are characterized by a high absorption in water and hydroxyapatite. They are usually used with water spray, which in addition to reducing the temperature of the target tissue, achieves the absorption of the laser energy (Burkes et al. 1992, Paghdiwala 1991, Visuri et al. 1996). Thus, water molecules vaporize rapidly through micro explosions, which in turn ablate hard or soft tissues. This process clearly causes less heat damage in tissues (Merigo et al. 2012). The disadvantages of this laser type are the reduced ability of hemostasis in relation to the laser near infrared spectrum and the minor reduction in microbial load into deeper tissue layers, because of their superficial absorption.

Lasers are increasingly used in Periodontology, because of their capacity to manage both hard and soft tissues. It should be mentioned that lasers exhibit properties enabling debridement (Schwarz et al. 2003b), removal of the surface layers of cementum (Schwarz et al. 2001) and endotoxins with only a minor increase in temperature onto the root surfaces (Schwarz et al. 2003a). Moreover, smoothing of root surface is achieved, which favors tissue adhesion (Aoki et al. 2004). Limited in vitro studies showed adherence and functional orientation of Sharpey fibers of the periodontal ligament on irradiated root surfaces (Schwarz et al. 2003b). Because of the high absorption wavelength from the emission of water molecules, the Er:YAG lasers have the ability to remove subgin-

περιοδοντικά προσβεβλημένες επιφάνειες χωρίς θερμικές παρενέργειες επί των γειτονικών ιστών (Aoki και συν. 2004). Αποτελούν επίσης ένα εξαιρετικό εργαλείο για επεμβάσεις αύξησης της κλινικής μύλης, ειδικά όταν επιβάλλεται και τροποποίηση του υποκείμενου οστού (Fujii και συν. 1998, Aoki και συν. 2000, Ishikawa και συν. 2004). Τα laser της οικογένειας Erbium είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο στην αντιμετώπιση της περιεμφυτευματίτιδας, καθότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας πάνω στην επιφάνεια του εμφυτεύματος, χωρίς να επηρεάζουν την οστεοενσωμάτωση.

Κλινική τεκμηρίωση εφαρμογής συσκευών laser στη μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία

Οι πρώτες κλινικές μελέτες σχετικές με την εφαρμογή συσκευών laser στη μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990 με εφαρμογή κυρίως του Nd:YAG laser. Κλινικές μελέτες της εποχής επισημαίνουν τις βακτηριοκτόνες ιδιότητες του laser (Ben Hatit και συν. 1996, Cobb et al. 1992) και αναφέρουν βελτίωση των κλινικών περιοδοντικών παραμέτρων, αντίστοιχη με αυτήν μετά από αποτρύγωση και ριζική απόξεση (Radvar και συν. 1996). Σε διπλά τυφλή split-mouth προοπτική μελέτη διάρκειας 6 μηνών, οι ερευνητές εξέτασαν την κλινική αποτελεσματικότητα του laser Nd:YAG σε συνδυασμό με συντηρητική περιοδοντική θεραπεία και παρατήρησαν διαφορές υπέρ της ομάδας του laser μόνο στις τιμές του ουλικού δείκτη και της αιμορραγίας στην αντίχνευση (Neil & Mellonig 1998). Σε ότι αφορά στα επίπεδα της ιντερλευκίνης-1β η εφαρμογή μονοθεραπείας με laser παρουσίασε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες τιμές σε σύγκριση με την χρήση εργαλείων χειρός μόνο κατά τη θεραπεία (Liu και συν. 1999). Ωστόσο σε μεταγενέστερη προοπτική έρευνα τα κλινικά θεραπευτικά οφέλη της εφαρμογής laser Nd:YAG, εμφανίζονται παρόμοια με αυτά της αποτρύγωσης με χρήση υπερήχων (Miyazaki και συν. 2003). Επιπλέον, μεγαλύτερη μείωση του βάθους θυλάκων, βελτίωση του επιπέδου πρόσφυσης, καθώς και μείωση στον αριθμό των περιοδοντοπαθογόνων βακτηρίων έδειξε η θεραπεία με laser Nd:YAG σε συνδυασμό με τοπική χορήγηση μινοκυκλίνης, σε σχέση με την ακτινοβόληση μόνο, στη θεραπεία της περιοδοντίτιδας (Noguchi και συν. 2005). Στην περιοχή των διχασμών 2ου βαθμού η συνδυαστική θεραπεία laser και μηχανικών εργαλείων δεν επέδειξε επιπρόσθετο θεραπευτικό όφελος σε ότι αφορά μικροβιολογικές παραμέτρους, σε σχέση με την συμβατική μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία μόνο (de Andrade et al. 2008). Μεταγενέστερες προοπτικές μελέτες αναφέρουν σημαντικές μικροβιολογικές διαφορές υπέρ της συνδυαστικής θεραπείας, σε ότι αφορά στις τιμές της IL-1b και TNFα στο υγρό της ουλοδοντικής σχισμής, χωρίς να βρεθούν ανάλογες διαφορές στις κλινικές παραμέτρους. (Gomez και συν. 2011, Slot και συν. 2011). Μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της συνδυαστι-

gival calculus from periodontal infected surfaces without thermal effects on the adjacent tissues (Aoki et al. 2004). They also present an excellent tool for surgical procedures such as clinical crown lengthening, especially when ostectomy is needed (Fujii et al. 1998, Aoki et al. 2000, Ishikawa et al. 2004). The family of erbium lasers is an excellent tool for the treatment of peri-implantitis, since they can be used directly onto the surface of the implant without affecting osseointegration.

Laser Application in Non-Surgical Periodontal Therapy

The first clinical studies reporting on the lasers' effectiveness in non-surgical periodontal therapy appeared in the early 1990s using Nd:YAG lasers. The majority provided evidence of the laser's bactericidal properties (Hatit Ven et al. 1996, Cobb et al. 1992) and found improvements in clinical periodontal parameters compared to those following scaling and root planing (Radvar et al. 1996). In a six-month double-blind split-mouth prospective study, investigators examined the clinical effectiveness of the Nd:YAG laser in combination with conservative periodontal therapy, and observed significant differences in favor of the laser group only in terms of the inflammation indices (Neil & Mellonig 1998). Regarding the levels of IL-1b, laser monotherapy showed statistically significant lower values as compared to the use of hand instruments during treatment (Liu et al. 1999). However, in a subsequent prospective trial, the clinical therapeutic benefits of applying the Nd:YAG laser irradiation appear similar to those of the ultrasonic scalers (Miyazaki et al. 2003). Moreover, treatment with the Nd:YAG laser combined with topical administration of minocycline showed a greater reduction in pocket depth, a higher clinical attachment gain and a larger reduction in the total counts of periopathogenic bacteria in relation to irradiation as a monotherapy in the treatment of periodontitis (Noguchi et al. 2005). In class II furcation sites, the adjunctive application of the Nd:YAG laser exhibited no additional microbiological benefit compared to conventional non-surgical periodontal treatment alone (de Andrade et al. 2008), while subsequent prospective studies reported statistically significant differences in microbiological parameters favoring combination therapy in terms of IL-1b and TNFα in CGF fluid, without revealing similar differences in clinical parameters (Gomez et al. 2011, Slot et al. 2011). The long-term results of combined periodontal treatment using Nd:YAG laser in two re-

κής περιοδοντικής θεραπείας με χρήση Nd:YAG laser σε δύο πρόσφατες split-mouth τυχαιοποιημένες προοπτικές μελέτες εμφανίζουν σημαντικά μικρότερες τιμές βάθους θυλάκων και απώλειας πρόσφυσης 9 μήνες μεταθεραπευτικά (Eltas & Orbak 2012) καθώς και ακτινολογικά μικρότερη απώλεια οστού στους 20 μήνες, συγκριτικά με την χρήση μηχανικών εργαλείων (Qadri και συν. 2011).

Μελέτες που αξιολογούν την εφαρμογή της διόδου συσκευής laser στη μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία έχουν αναφερθεί στην βιβλιογραφία. Οι έρευνες έχουν εστιάσει στη συνδυαστική θεραπεία με τη χρήση μηχανικών εργαλείων και στην ιδιότητα της συσκευής να επιφέρει μεγαλύτερη μείωση στο βακτηριακό φορτίο των περιοδοντικών θυλάκων και ιδιαίτερα στα επίπεδα του *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* σε σχέση με τη συμβατική περιοδοντική θεραπεία (Moritz και συν. 1997). Επιπλέον σημαντική βελτίωση των κλινικών παραμέτρων παρατηρήθηκε συγκριτικά με την αποτρίγωση και ριζική απόξεση μέχρι τους 6 μήνες μετά την θεραπεία (Aykol και συν. 2011, Kreisler και συν. 2005, Qadri και συν. 2005). Ωστόσο άλλες τυχαιοποιημένες προοπτικές μελέτες των τελευταίων ετών απέτυχαν να αποδείξουν, ότι η συνδυαστική ακτινοβόληση με διοδικό laser επιφέρει πρόσθετο θεραπευτικό όφελος τόσο κλινικά (de Micheli και συν. 2010, Lin και συν. 2011, Makhlouf και συν. 2012, Euzebio Alves και συν. 2013) όσο και μικροβιολογικά, σε χρόνο παρατήρησης έως και 6 μηνών (Carpuyens και συν. 2011, Euzebio Alves και συν. 2013). Στα πλαίσια πρόσφατης μετα-ανάλυσης σχετικά με την αποτελεσματικότητα των διοδικών laser, οι συγγραφείς από ένα σύνολο 1501 επιλεγθέντων άρθρων, κατέληξαν σε 5 τυχαιοποιημένες προοπτικές μελέτες, (4 split-mouth και 1 παράλληλου σχεδιασμού) και μετά από αξιολόγηση των κυρίων μεταβλητών (βάθος θυλάκων, κέρδος κλινικής πρόσφυσης) κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η συνδυαστική εφαρμογή laser στην κλασική συντηρητική θεραπεία δεν παρέχει επιπλέον βελτίωση των κλινικών περιοδοντικών παραμέτρων για διάστημα 6 μηνών μεταθεραπευτικά (Sgolastra και συν. 2013).

Η χρήση του Er:YAG laser έχει προταθεί όχι μόνο ως συμπληρωματικό μέσο θεραπείας αλλά και ως εναλλακτική διαδικασία των μηχανικών εργαλείων στη μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία. Τα αρχικά αποτελέσματα προκλινικών μελετών δημιούργησαν προσδοκίες για ευνοϊκά θεραπευτικά αποτελέσματα και στην κλινική πράξη. Μία από τις πρώτες in vitro μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα και ασφάλεια των laser Er:YAG στην αφαίρεση τρυγίας και στην χειρουργική των μαλακών ιστών, έδειξε βελτίωση της αιμορραγίας και καλύτερη επούλωση, συγκριτικά με τη συμβατική θεραπεία με μηχανικά εργαλεία (Watanabe και συν. 1996). Ακολούθησαν πολλές τυχαιοποιημένες προοπτικές κλινικές μελέτες με σκοπό τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των Er:YAG laser στα πλαίσια της αιτιολογικής περιοδοντικής θεραπείας. Παρόλο που οι εργασίες αυτές διεπίστωσαν

cent split-mouth randomized prospective studies have shown significantly lower values in pocket depth and clinical attachment level nine months post-treatment (Eltas & Orbak 2012), as well as less radiographic bone loss at 20 months compared to the use of mechanical instruments (Qadri et al. 2011).

A number of studies reporting on the application of diode lasers in non-surgical periodontal therapy are available in literature. The authors have focused on the combination therapy of mechanical instruments and laser devices to achieve a greater reduction of bacterial load, particularly in the levels of *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* in comparison to the conventional periodontal treatment (Moritz et al. 1997). Furthermore, a significant improvement in clinical parameters was observed compared to scaling and root debridement six months after treatment (Aykol et al. 2011, Kreisler et al. 2005, Qadri et al. 2005). However, other randomized prospective studies in recent years have failed to demonstrate that combination therapy with diode laser irradiation could provide an additional clinical (de Micheli et al. 2010, Lin et al. 2011, Makhlouf et al. 2012, Euzebio Alves et al. 2013) and microbiological therapeutic benefit for an observation time of up to six months (Carpuyens et al. 2011, Euzebio Alves et al., 2013). In a recent meta-analysis investigating the efficacy of diode lasers, the authors concluded that the combined application of lasers and hand-instruments in non-surgical treatment does not provide additional improvement in clinical periodontal parameters for a six-month post-treatment (Sgolastra et al. 2013).

The Er:YAG lasers have also been utilized as a monotherapy in non-surgical periodontal therapy. The initial results of preclinical studies gave expectations for favorable treatment outcomes in clinical practice. One in vitro study on the efficacy and safety of the Er:YAG laser examining the ability of removing calculus and soft tissue surgery showed improvement of bleeding on probing and better healing compared to conventional treatment with the use of mechanical instruments (Watanabe et al. 1996). Several randomized prospective clinical studies testing the effectiveness of Er:YAG lasers in periodontal therapy followed. Although these studies reported an improvement of clinical periodontal parameters after laser application, most of them failed to show additional therapeutic benefits as compared to conventional mechanical treatment. In a similar trial (Schwarz et al. 2001), treatment with Er: YAG laser led to improved rates of bleed-

βελτίωση των κλινικών περιοδοντικών παραμέτρων μετά απο εφαρμογή του laser, οι περισσότερες απέτυχαν να δείξουν επιπρόσθετο θεραπευτικό όφελος, σε σύγκριση με τη συμβατική μηχανική θεραπεία. Οι Schwarz και συν. (2001) παρατήρησαν μετά την θεραπεία περιοδοντικών ασθενών με Er:YAG laser βελτίωση στις τιμές της αιμορραγίας στην ανίχνευση, στο βάθος θυλάκων καθώς και κέρδος πρόσφυσης, σε σύγκριση με την συμβατική αποτρύγωση και ριζική απόξεση, αποτελέσματα που διατηρήθηκαν και 2 χρόνια μεταθεραπευτικά (Schwarz και συν. 2003γ). Σε άλλη προοπτική μελέτη της ίδιας επιστημονικής ομάδας η συμπληρωματική χρήση εργαλείων χειρός μετά την ακτινοβολήση με laser των περιοδοντικών βλαβών δεν φάνηκε να επιφέρει βελτίωση των κλινικών δεικτών (Schwarz και συν. 2003α). Επιπλέον σύμφωνα με τους ερευνητές, η χρήση του laser φαίνεται να είναι ίδιας αποτελεσματικότητας με την αποτρύγωση με υπερήχους, σε μία παρόμοιου σχεδιασμού μελέτη εξάμηνης διάρκειας με μικρό ωστόσο δείγμα ασθενών (Sculean και συν. 2004). Αντιθέτως μεταγενέστερη έρευνα εμφανίζει υπεροχή της θεραπείας με laser σε σύγκριση με τη χρήση υπερήχων 2 χρόνια μετά τη θεραπεία. Ωστόσο θα πρέπει να επισημανθεί, ότι οι δείκτες φλεγμονής παρουσίασαν επιδείνωση κατά την επανάκληση στον πρώτο χρόνο στην ομάδα των υπερήχων, σε σύγκριση με την πειραματική ομάδα του laser, γεγονός που πιθανώς επηρέασε τα αποτελέσματα της μελέτης ένα χρόνο μετά (Crespi και συν. 2007). Σχετικά με την επίδραση του laser στους μικροβιακούς πληθυσμούς δεν αναφέρονται ευνοϊκά ευρήματα συγκριτικά με την συμβατική μηχανική θεραπεία, τόσο βραχυπρόθεσμα (Dominguez και συν. 2010) όσο και μακροπρόθεσμα (Derdilopoulou και συν. 2007) εκτός ίσως από τον μικρότερο χρόνο επαναποίκησης των περιοδοντικών θέσεων (Dominguez και συν. 2010).

Οι κλινικές έρευνες των τελευταίων ετών αμφισβητούν το πρόσθετο κλινικό όφελος που μπορεί να προσφέρει η συνδυαστική είτε η μονοθεραπεία με Er:YAG laser, σε σύγκριση με την μηχανική συντηρητική θεραπεία, σε διάρκεια παρατήρησης 30 ημερών (Lopes και συν. 2008), τριών (Soo και συν. 2012), έξι (Rotundo και συν. 2010) και δώδεκα μηνών (Lopes και συν. 2010). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση, η οποία μετά από αξιολόγηση κλινικών μελετών με συνολικό αριθμό 85 ασθενών και 3.564 περιοδοντικών θέσεων, επισημαίνουν την ανομοιογένεια μεταξύ των ερευνών και τονίζουν την ανάγκη για διεξαγωγή περισσότερων συγκριτικών μελετών (Sgolastra και συν. 2013).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά και τα ευρήματα των πιο πρόσφατων συγκριτικών κλινικών και μικροβιολογικών μελετών, μετά από εφαρμογή διαφόρων τύπων laser στα πλαίσια της μη χειρουργικής και χειρουργικής περιοδοντικής θεραπείας.

Τα συμπεράσματα των συστηματικών ανασκοπήσεων σχετικών με την εφαρμογή των laser στη μη χειρουργική περιο-

ing on probing, pocket depth and clinical attachment gain compared to conventional scaling and root planing, and these results were stable for two years post-treatment (Schwarz et al. 2003c). In a prospective study by the same research group, the adjunctive use of hand instruments after irradiation of periodontal lesions with the Er:YAG laser did not appear to result in improved clinical parameters (Schwarz et al. 2003a). Furthermore, according to the authors, the utilization of laser appeared to be equally effective with ultrasonic scaling, in a similar six-month study, including however a small sample of patients (Sculean et al. 2004). On the other hand, a subsequent study showed the superiority of the laser therapy compared to the use of ultrasound scalers two years after therapy. The deterioration of inflammatory indices in the control group compared to the experimental group in the one-year follow-up should be mentioned, which is probably the reason why those controversial results one year later were recorded (Crespi et al. 2007). Regarding the effect of laser irradiation on microbial populations compared to conventional mechanical treatment, studies did not report any short- (Dominguez et al. 2010) or long-term favorable results (Derdilopoulou et al. 2007), except for the earlier recolonization of periodontal sites (Dominguez et al. 2010).

Recent clinical trials are questioning the additional clinical benefit, which the adjunctive use or monotherapy with the Er:YAG lasers can offer compared to the conventional treatment over 30 days of observation (Lopes et al. 2008), three (Soo et al. 2012), six (Rotundo et al. 2010) and 12 months (Lopes et al. 2010). A recent systematic review and meta-analysis came to the same conclusion, after evaluation of clinical studies with a total of 85 periodontal patients and 3,564 periodontal sites, highlighting the heterogeneity between the existing studies and emphasizing the need for more comparative clinical studies (Sgolastra et al. 2013).

The study characteristics and outcome of recent comparative clinical and microbiological trials after application of various laser types in the non-surgical periodontal therapy are presented on Table 1.

The conclusions of systematic reviews concerning the application of laser in non-surgical periodontal therapy emphasize the small number and high heterogeneity of randomized prospective studies (Schwarz et al. 2008, Slot et al. 2009). According to the researchers, the clinical application of the Nd:YAG and diode lasers, as an adjunct in non-

| Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά του πληθυσμού, της μεθοδολογίας και θεραπευτικού αποτελέσματος πρόσφατων συγκριτικών μελετών εφαρμογής ακτίνων laser στην μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία | | | | | | |
|---|---|---------------------------|---|---|---------------------------|---|
| Συγγραφείς και χρονολογία έκδοσης | Τεχνικά χαρακτηριστικά laser | Σχεδιασμός μελέτης | Πειραματική ομάδα | Ομάδα ελέγχου | Χρόνος παρατήρησης | Αποτελέσματα |
| Lopez και συν. (2010) | Er:YAG 100mJ/pulse, 10Hz, 12.9J/cm ² | RCT, split mouth | 1) SRP+ Er:YAG Laser 19 ασθενείς, 19 θέσεις 2) Er:YAG Laser 19 ασθενείς, 19 θέσεις | 3) SRP 19 ασθενείς, 19 θέσεις 4) καμία θεραπεία 19 ασθενείς, 19 θέσεις | 12 μήνες | Καμία στατιστικά σημαντική κλινική διαφορά μεταξύ των 3 θεραπευτικών ομάδων |
| Rotundo και συν. (2010) | Er:YAG 150mJ/pulse, 10Hz | RCT, split mouth | 1) Er:YAG Laser+SRP 27 ασθενείς 2) Er:YAG Laser 27 ασθενείς | 3) SRP 27 ασθενείς 4) Υπερουλκική αποπύρωση 27 ασθενείς | 6 μήνες | Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ελέγχου. Σημαντικά μικρότερο κέρδος πρόσφυσης η ομάδα μονοθεραπείας με laser σε σύγκριση με τις 2 ομάδες SRP |
| Dominguez και συν. (2010) | Er:YAG 160mJ/pulse, 10 Hz | RCT | SRP+ Er:YAG Laser 15 ασθενείς | SRP 15 ασθενείς | 8 εβδομάδες | Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές όσο αφορά στις κλινικές και μικροβιολογικές παραμέτρους |
| Gomez και συν. (2011) | Nd:YAG 1,064 nm, 2ms, 10Hz | RCT | SRP+ Nd:YAG μία ημέρα μετά 15 ασθενείς | SRP 15 ασθενείς | 8 εβδομάδες | Οχι σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων στις κλινικές και μικροβιολογικές παραμέτρους |
| Slot και συν. (2011) | ND:YAG 6W, 50Hz, pulse duration: 250 μs, 400mJ | RCT, split-mouth | SRP + Nd:YAG 19 ασθενείς | SRP 19 ασθενείς | 3 μήνες | Καμία σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων |
| Eltas και συν. (2011) | Nd:YAG 100 mJ, 10 Hz | RCT, split-mouth | Nd:YAG + SRP 20 ασθενείς, 20 δόντια | SRP 20 ασθενείς, 20 δόντια | 9 μήνες | Η ομάδα του laser+SRP εμφανίζει στατιστικά σημαντικά μικρότερες τιμές PD, CAL και GI |
| Qadri και συν. (2011) | Nd:YAG 4W, 80 mJ/pulse, 50 Hz, pulse duration: 350 μs | RCT, split-mouth | SRP + Nd:YAG 32 ασθενείς | SRP 32 ασθενείς | 20 μήνες | Η ομάδα του laser εμφανίζει στατιστικά σημαντικά μικρότερες τιμές PI, GI, PD και όγκου CGF |
| Soo και συν. (2012) | Er:YAG 2940nm, 160mJ/pulse, 10Hz | RCT split-mouth | Er:YAG Laser 28 ασθενείς | SRP 28 ασθενείς | 12 εβδομάδες | Η ομάδα SRP εμφανίζει στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη μείωση των δεικτών PD, CAL και BOP συγκριτικά με την ομάδα του laser |
| Cappuyns και συν. (2012) | Diode laser 810 nm, 1W | RCT, split-mouth | 1) Diode Laser (32 ασθενείς) 2) Photodynamic Therapy (PT) 32 ασθενείς | 3) SRP 32 ασθενείς | 6 μήνες | PT και SRP εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερη μείωση του αριθμού των Pg, Tf, Td και των υπολειμματικών θυλάκων σε σύγκριση με την ομάδα Diode Laser |
| Euzebio Alves και συν. (2013) | Diode laser 808nm, 1.5W | RCT, split-mouth | SRP+ Diode Laser 36 ασθενείς | SRP 36 ασθενείς | 6 μήνες | Καμία σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στους 6 μήνες. |

PI: Δείκτης πλάκας

GI: Ουλικός δείκτης

PD: Βάθος θυλάκου

CAL: Απόκλιση πρόσφυσης

BOP: Αμορραγία στην ανίχνευση

GCF: Υγρό ουλοοδοντικής σχισμής

RCT: Προσπτική μελέτη με ομάδα ελέγχου

Pg: Porphyromonas gingivalis Tf: Tannerella forsythia Td: Treponema denticola PT: Φωτοδυναμική θεραπεία SRP: Αποπύρωση και ριζική απόξεση RCT: Προσπτική μελέτη με ομάδα ελέγχου

Table 1: Trial, population, methodology and outcome characteristics of recent clinical studies on laser application in non-surgical periodontal therapy

| Author and year | Technical Characteristics | Study design | Experimental group | Control group | Observation period | Findings |
|-----------------------------|---|------------------|---|---|--------------------|--|
| Lopez et al. (2010) | Er:YAG 100mJ/pulse, 10Hz, 12.9J/cm ² | RCT, split mouth | 1) SRP+ Er:YAG Laser 19 patients, 19 sites 2) Er:YAG Laser 19 patients, 19 sites | 3) SRP 19 patients, 19 sites 4) no therapy 19 patients, 19 sites | 12 months | No statistically significant clinical difference between the three treatment groups |
| Rotundo et al. (2010) | Er:YAG 150mJ/pulse, 10Hz | RCT, split mouth | 1) Er:YAG Laser+SRP 27 patients 2) Er:YAG Laser 27 patients | 3) SRP 27 patients 4) supragingival debridement 27 patients | 6 months | No statistically significant difference between control groups. Laser group statistically significantly lesser CAL gain compared with two SRP groups |
| Dominguez et al. (2010) | Er:YAG 160mJ/pulse, 10 Hz | RCT | SRP+ Er:YAG Laser 15 patients | SRP 15 patients | 8 weeks | No significant differences regarding clinical and microbiological parameters |
| Gomez et al. (2011) | Nd:YAG 1,064 nm, 2 ms, 10Hz | RCT | SRP+ Nd:YAG μία ημέρα μετά 15 patients | SRP 15 patients | 8 weeks | No significant differences between groups |
| Slot et al. (2011) | ND:YAG 6W, 50Hz, pulse duration: 250 μs, 400mJ | RCT, split-mouth | SRP + Nd:YAG 19 patients | SRP 19 patients | 3 months | No significant differences between groups |
| Eltas et al. (2011) | Nd:YAG 100 mJ, 10 Hz | RCT, split-mouth | Nd:YAG + SRP 20 patients, 20 teeth | SRP 20 patients, 20 teeth | 9 months | Laser group showed statistically significantly less PD, CAL and GI |
| Qadri et al. (2011) | Nd:YAG 4W, 80 mJ/pulse, 50 Hz, pulse duration: 350 μs | RCT, split-mouth | SRP + Nd:YAG 32 patients | SRP 32 patients | 20 months | PI, GI, PD and CGF volume statistically significantly lower in the laser group |
| Soo et al. (2012) | Er:YAG 2940nm, 160mJ/pulse, 10Hz | RCT split-mouth | Er:YAG Laser 28 patients | SRP 28 patients | 12 weeks | The SRP group exhibited statistically significantly greater reduction of PD, CAL and BOP compared with the laser group |
| Cappuyens et al. (2012) | Diode laser 810 nm, 1W | RCT, split-mouth | 1) Diode Laser (32 patients) 2) Photodynamic Therapy (PT) 32 patients | 3) SRP 32 patients | 6 months | PT and SRP groups showed significantly greater reduction of Pg, Tf, Td and shallower pockets compared to the Diode laser group |
| Euzebio Alves et al. (2013) | Diode laser 808nm, 1.5W | RCT, split-mouth | SRP+ Diode Laser 36 patients | SRP 36 patients | 6 months | No significant differences between groups |

PI: Plaque Index
 Pg: Porphyromonas gingivalis
 Tf: Tannerella forsythia
 Td: Treponema denticola
 PD: Pocket depth
 CAL: Clinical attachment
 PT: Photodynamic therapy
 BOP: Bleeding on probing
 SRP: Scaling and root planing
 GCF: Gingival Crevicular fluid
 RCT: randomized control study

δοντική θεραπεία (Schwarz και συν. 2008, Slot και συν.2009) τονίζουν τον μικρό αριθμό και την μεγάλη ετερογένεια των τυχαιοποιημένων προοπτικών μελετών. Σύμφωνα με τους ερευνητές η κλινική εφαρμογή των Nd:YAG και των διοδικών laser, ως συμπληρωματικών μέσων στη μη χειρουργική θεραπεία, δεν παρέχει επιπρόσθετο όφελος στις κλινικές περιοδοντικές παραμέτρους. Το ίδιο ισχύει και για την εφαρμογή τους ως μονοθεραπεία σε σύγκριση με τη εφαρμογή συμβατικής μηχανικής θεραπείας. Επιπρόσθετα, η αποκλειστική εφαρμογή των συσκευών Er:YAG συγκρινόμενη με την κλασσική αιτιολογική θεραπεία οδήγησαν σε παρόμοια κλινικά αποτελέσματα τόσο σε σύντομο χρόνο παρατήρησης όσο και μακροπρόθεσμα (>24 μήνες).

Κλινική τεκμηρίωση εφαρμογής συσκευών Laser στη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία

Η χρήση του laser στη χειρουργική του περιοδοντίου μπορεί να αποδειχτεί αποτελεσματική στην εξάλειψη του μικροβιακού αιτιολογικού παράγοντα. Το Er:YAG laser επιτυγχάνει αφαίρεση του κοκκιώδους ιστού και αποτρύγωση των ριζικών επιφανειών στα πλαίσια της χειρουργικής θεραπείας, όπως παρουσιάστηκε σε ιστολογική μελέτη σε σκύλους (Mizutani και συν. 2006). Η εφαρμογή του φάνηκε αποτελεσματική, ασφαλής και με σημαντική κλινική βελτίωση μεταθεραπευτικά στην χειρουργική θεραπεία ενδοοστικών βλαβών, ωστόσο χωρίς διαφορές με την κλασσική χειρουργική τεχνική (Sculean και συν. 2004). Προοπτική μελέτη εφαρμογής του Er:YAG laser στη χειρουργική θεραπεία εμφάνισε σημαντικές διαφορές στη μείωση του βάθους θυλάκους και στο κέρδος πρόσφυσης υπέρ της, συγκριτικά με τη κλασσική τροποποιημένη τεχνική κατά Widman (Gaspirc & Skaleric 2007). Επιπρόσθετα, σε αναγεννητικές τεχνικές με παράγωγα της αδαμαντινικής θεμέλιας ουσίας, η ακτινοβόληση της ριζικής επιφάνειας με Er:YAG laser αναφέρθηκε ως εξίσου αποτελεσματική με τη συμβατική διαδικασία που χρησιμοποιεί Αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ (EDTA) για τροποποίηση της επιφάνειας του δοντιού (Schwarz και συν. 2003δ). Συνεπώς η εφαρμογή των συσκευών Er:YAG αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση, αποτελεσματική και ασφαλή όπως δείχνει κλινικά. Παρόλα αυτά τονίζεται η έλλειψη ικανού αριθμού κλινικών προοπτικών μελετών και τεκμηρίωσης σχετικής με την εφαρμογή των συσκευών laser στη χειρουργική θεραπεία των περιοδοντικών νόσων. Μόνο η συστηματική μελέτη του Cobb (2006) εξάγει σχετικά συμπεράσματα που υποστηρίζουν την ασφάλεια των συσκευών laser μετά την αναπέταση κρημνού και εφαρμογή στις οδοντικές επιφάνειες, την δυνατότητα χρήσης των Nd:YAG και διοδικών laser στη χειρουργική των μαλακών ιστών του περιοδοντίου, καθώς και των συσκευών Er:YAG για εκτομή σκληρών ιστών (οστεκτομή, οστεοπλαστική).

surgical treatment, does not provide additional benefits in clinical periodontal parameters. The same also applies to their application as monotherapy in comparison to the use of mechanical instruments alone. In addition, the utilization of the Er:YAG laser as a monotherapy compared to conventional treatment led to similar clinical outcomes both in the short- and the long-term observation time (> 24 months).

Laser Application in Surgical Periodontal Therapy

There is evidence that the application of lasers in periodontal surgery might exhibit some beneficial effects in reducing the microbial load. The Er: YAG lasers were found to achieve granulation tissue and hard deposits removal of the root surfaces within the framework of a surgical approach as presented in a histological study on dogs (Mizutani et al. 2006). The procedure seemed efficient, safe and led to a significant improvement of intra-osseous lesions after surgical treatment, but no difference compared with the conventional surgical approach using hand instruments was recorded (Sculean et al. 2004). A prospective study involving the application of the Er:YAG laser in the surgical treatment showed a significant reduction of pocket depth and clinical attachment gain, compared to the classical modified Widman technique (Gaspirc & Skaleric 2007). Additionally, studies utilizing regenerative techniques with the use of enamel matrix derivatives, irradiation of the root surface with an Er:YAG laser, were reported to be as effective as the conventional process using ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) (Schwarz et al. 2003d). Hence, the Er: YAG laser application in the surgical periodontal therapy is considered a promising, effective and safe approach as demonstrated clinically. However, the limited number of prospective studies and an inadequate clinical documentation relating to the application of laser devices in the surgical treatment of periodontal disease is emphasized. Only one systematic review provided evidence which supported the safety of laser devices after flap elevation and application to tooth surfaces, the possibility of using a Nd:YAG and a diode laser in soft tissue surgery, and the capacity of Er:YAG lasers for hard tissue ablation (bone excision, osteoplasty) (Cobb 2006).

Κλινική τεκμηρίωση εφαρμογής συσκευών laser στην υποστηρικτική περιοδοντική θεραπεία

Η χρήση των συσκευών laser επεκτείνεται και στην φάση της υποστηρικτικής περιοδοντικής θεραπείας. Η παρουσία μεγάλου αριθμού υπολειμματικών περιοδοντικών θυλάκων ($\geq 5\text{mm}$) μετά την θεραπεία έχει συσχετιστεί με υψηλό κίνδυνο εξέλιξης της νόσου (Badersten και συν. 1990, Claffey και συν. 1990). Συνεπώς, κατά τις επισκέψεις επαναξιολόγησης μπορεί κανείς να υποθέσει, ότι οι βακτηριοκτόνες ιδιότητες της ακτινοβολίας των συσκευών Laser ίσως παρέχουν επιπρόσθετο κλινικό όφελος, σε σύγκριση με την επανάληψη θεραπείας των υπολειμματικών θυλάκων με τη εφαρμογή μηχανικής θεραπείας. Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας δεν προσφέρει πλήθος σχετικών άρθρων, ωστόσο πρόσφατη κλινική προοπτική μελέτη (Slot και συν. 2012) έδειξε ότι η συνδυαστική εφαρμογή συσκευής Nd:YAG laser μετά από αποτρύγωση και ριζική απόξεση, στην φάση της υποστηρικτικής θεραπείας, δεν προσφέρει επιπλέον θεραπευτικό κέρδος, 6 μήνες μεταθεραπευτικά. Στα πλαίσια άλλης κλινικής και μικροβιολογικής μελέτης, που αφορά εφαρμογή του Er:YAG σε περιοδοντικούς ασθενείς στην φάση διατήρησης του αποτελέσματος, δεν ανιχνεύονται μικροβιολογικές διαφορές, σε σύγκριση με την χρήση υπερήχων, εκτός ίσως από την ταχύτερη επούλωση και την μικρότερη δυσφορία των ασθενών κατά τη διάρκεια της θεραπείας. (Tomasi και συν. 2006) Πρόσφατα ευρήματα από μία μελέτη κοορτής (Krohn-Dale και συν. 2012) και μία πολυκεντρική μελέτη (Ratka-Kruger και συν. 2012) επισημαίνουν, ότι η ακτινοβολία με συσκευή laser Er:YAG, ως μονοθεραπεία στην υποστηρικτική φάση, παρουσιάζει παρόμοια κλινικά και μικροβιολογικά οφέλη με αυτά των συσκευών υπερήχων.

Πρωτόκολλο LANAP

Την τελευταία δεκαετία θεραπείες βασισμένες σε εφαρμογή laser για την θεραπεία της περιοδοντικής νόσου έχουν προταθεί ως συμπληρωματικό μέσο της συμβατικής θεραπείας. Η Laser Assisted New Attachment Procedure (LANAP) αποτελεί μία μικρής παρέμβασης περιοδοντική χειρουργική θεραπεία που ακολουθεί συγκεκριμένο πρωτόκολλο, με ενδείξεις περιοδοντικής αναγέννησης. Σχεδιάστηκε για να απομακρύνει τους φλεγμαίνοντες ιστούς από το εσωτερικό του περιοδοντικού θυλάκου, με τη χρήση Nd:YAG συσκευής laser αντί των κοπτικών εργαλείων της κλασσικής ENAP διαδικασίας. Προτάθηκε από τους Robert H. Greg και Delwin McCarthy στην California το 1991. Η παρατήρηση για αναγέννηση οστού και δημιουργία νέας πρόσφυσης τους ενθάρρυνε να συνεχίσουν την έρευνα και να τελειοποιήσουν το πρωτόκολλο που χρησιμοποίησαν με την χρήση συγκεκριμένης Nd:YAG συσκευής laser. Να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο πρωτόκολλο έλαβε την έγκριση της Αμερικανικής Ένωσης Φαρμάκων και Τροφίμων (FDA) το 2004.

Laser Application in the Supportive Periodontal Therapy

Laser devices can be utilized in the phase of supportive periodontal therapy as well. The presence of residual periodontal pockets ($\geq 6\text{mm}$) after the treatment has been associated with a high risk of disease progression (Badersten al. 1990, Claffey et al. 1990). Therefore, during the re-evaluation it may be assumed that the bactericidal properties of laser irradiation may provide additional clinical benefits compared to the repeated instrumentation of residual pockets. There are not many relevant publications available in literature; however, a recent clinical prospective study (Slot et al. 2012) showed that the combined application of an Nd:YAG laser device, after scaling and root scaling in the phase of supportive therapy, does not offer additional therapeutic benefit in a six-month period. Another clinical-microbiological study, regarding the application of an Er:YAG laser in patients during maintenance phase, failed to detect microbiological differences compared to the use of ultrasound scalers, except for earlier healing and less discomfort for patients during the treatment (Tomasi et al. 2006). Recent findings from a cohort (Krohn-Dale et al. 2012) and a multicenter study (Ratka-Kruger et al. 2012) indicate that the Er:YAG laser irradiation, as monotherapy during supportive periodontal therapy, may present clinical and microbiological benefits comparable to sonic scalers (ultrasound).

The LANAP Protocol

Over the past decade, therapies based in laser application for the treatment of periodontal disease have been proposed as adjunctive approaches to conventional therapy. The Laser Assisted New Attachment Procedure (LANAP) is a minimally invasive surgical periodontal treatment, which follows a specific protocol aiming to achieve periodontal regeneration. It is designed to remove the inflamed tissues within the periodontal pocket using an Nd:YAG laser device instead of cutting instruments utilized in the ENAP classical procedure. It was initially presented by Robert H. Greg and Delwin McCarthy in California in 1991. The observation of bone regeneration and creation of new attachment encouraged the investigators to continue and refine their protocol by employing an Nd:YAG laser device, which received the approval of the US Food and Drug Association (FDA) in 2004.

Αποτελεί μια ελάχιστης παρέμβασης χειρουργική περιοδοντική θεραπεία που χρησιμοποιεί συγκεκριμένη συσκευή neodmium:yttrium-aluminum-garnet (Nd:YAG) 1064 νανόμετρων laser . Η ακτινοβολία στην πρώτη φάση (4.0W, 100μs/pulse, 20Hz) εφαρμόζεται από την παρυφή των ούλων μέχρι την βάση του θυλάκου, παράλληλα με την ριζική επιφάνεια του δοντιού και η οπτική ίνα μετακινούμενη οριζοντίως και ακρορριζικά-μυλικά αφαιρεί το μολυσμένο καταδυσόμενο επιθήλιο και απολυμαίνει το εσωτερικό του θυλάκου. Το δόντι στη συνέχεια δέχεται αποτρύγωση και ριζική απόξεση με το σετ των 4 ή 5 στελεχών υπερήχων συσκευής πιεζοχειρουργικής (Piezon Master) για την αφαίρεση υπολειμματικής πλάκας και τρυγίας. Ακολουθεί μία δεύτερη ακτινοβολία (4.0W, 650-ms, 20 Hz) από το ακρορριζικό όριο της βλάβης προς την παρυφή των ούλων για ολική απομάκρυνση του επιθηλιακού ιστού, αιμόσταση και δημιουργία θρόμβου. Οι ασθενείς λαμβάνουν μετεγχειρητικές οδηγίες που περιλαμβάνουν: πλύσεις με χλωρεξιδίνη 0,12% για 4 εβδομάδες, τροποποιημένη τεχνική βουρτσίσματος για να προστατευθεί ο θρόμβος ινικής που σχηματίζεται, λήψη αντιβιοτικών και αντιφλεγμονώδων αναλγητικών.

Μία ιστολογική μελέτη ανθρωπίνου υλικού σε δείγμα 6 ασθενών κατέδειξε τη δημιουργία νέας οστείνης και νεόπλαστου συνδετικού ιστού με νεόπλαστες λειτουργικά προσανατολισμένες ίνες του Sharpey (Yukna και συν. 2007). Οι ερευνητές υποστήριξαν τη δημιουργία Νέας Πρόσφυσης στα μονόριζα δόντια που δέχθηκαν τη θεραπεία με laser, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου που δέχτηκε μόνο μη χειρουργική περιοδοντική θεραπεία, όπου η επούλωση μετά από 3 μήνες είχε την μορφή της μακράς επιθηλιακής πρόσφυσης. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι υποστηρίζουν την κλινική αξία του προτεινόμενου πρωτοκόλλου, με εφαρμογή Laser στην περιοδοντική θεραπεία, ωστόσο είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι ο σχεδιασμός της έρευνας αυτής εμφανίζει κάποιες αδυναμίες. Πιο συγκεκριμένα η μελέτη ήταν βραχείας διάρκειας (3 μήνες), όχι τυφλού σχεδιασμού, και το μέγεθος δείγματος της πειραματικής ομάδας ήταν περιορισμένο σε 6 δόντια (θεραπεία με πρωτόκολλο LANAP) και 6 δόντια ελέγχου (θεραπεία με αποτρύγωση και ριζική απόξεση) . Επιπλέον, η μελέτη χρηματοδοτήθηκε και υποστηρίχθηκε από τον κατασκευαστή του λέιζερ, γεγονός το οποίο μπορεί να εγείρει ερωτήματα σχετικά με πιθανή προκατάληψη.

Σε πρόσφατη ιστολογική μελέτη σε δείγμα 8 ασθενών παρατηρήθηκε δημιουργία νέας πρόσφυσης στα 5 από τα 10 εξαχθέντα δόντια που αποτέλεσαν το υλικό βιοψίας μετά από επούλωση 9 μηνών (Nevins και συν. 2012). Μεταγενέστερα δημοσιευμένη έρευνα, στο ίδιο δείγμα ασθενών υποστήριξε την βελτίωση των κλινικών δεικτών ιδιαίτερα στους βαθείς θυλάκους (>5mm) 9 μήνες μετά την θεραπεία με το πρωτόκολλο LANAP (Nevins και συν. 2014). Μειονεκτήματα των ερευνών αυτών αποτελούν το μικρό δείγμα ασθενών καθώς

It is a minimally invasive surgical periodontal treatment employing a neodmium: yttrium-aluminum-garnet (Nd:YAG) 1064 nanometer laser device. The laser beam during the first phase (4.0 W, 100 ms/pulse, 20 Hz) is applied from the gingival margin to the bottom of the pocket moving in the coronal-apical direction, thus leading to the removal of the contaminated sulcular epithelium and the disinfection of the soft tissue in the pocket. Then, scaling and root planing is performed with a set of four or five tips of a Piezosurgery ultrasonic device (Piezon Master), in order to remove the residual plaque and calculus. A second irradiation follows (4.0 W, 650-ms, 20 Hz) from the apical area of the sulcus to the gingival margin for the total removal of the epithelial tissue, hemostasis and clot formation. Patients receive postoperative instructions, which include mouthwashes with a 0.12% chlorhexidine solution for 4 weeks, a modified brushing technique to protect the fibrin clot, antibiotics and anti-inflammatory analgesics.

A human histological study on six patients showed the formation of new cementum, new connective tissue and new functionally oriented Sharpey fibers (Yukna et al. 2007). Researchers supported the establishment of a new attachment in teeth receiving laser treatment compared to the control group that received only non-surgical periodontal therapy, where healing after three months was achieved by means of a long junctional epithelial attachment. The results of this study appear to support the clinical value of the proposed laser protocol in periodontal therapy, but it is important to note that the design of this research shows some weaknesses. More specifically, the study was of a short duration (three months), did not include a blindness design and the sample size of the experimental group was limited to six teeth (treated with the LANAP protocol) and six control teeth (treated with scaling and root planing). Furthermore, the study was funded and supported by the laser manufacturer, something which can raise questions about potential bias.

In a recent histological study on eight patients, new attachment was observed in five out of 10 extracted teeth after nine months (Nevins et al. 2012). A subsequent trial in the same sample supported the improvement of clinical indicators, particularly in the deep pockets (> 5 mm), nine months after the therapy with the LANAP protocol (Nevins et al. 2014). The small sample of patients and the lack of control groups are the limitations of these studies. In conclusion, there is still no

και η απουσία ομάδων ελέγχου. Συμπερασματικά, δεν υπάρχει ακόμα τεκμηρίωση της κλινικής αποτελεσματικότητας της μεθόδου αφού απουσιάζουν προοπτικές κλινικές μελέτες με παρουσίαση μακροπρόθεσμων ευρημάτων που θα συγκρίνουν το πρωτόκολλο LANAP με συμβατικές θεραπείες. Κατά συνέπεια οι κλινικοί οφείλουν να σταθμίσουν τα διαθέσιμα στοιχεία, όσον αφορά στο πρωτόκολλο LANAP, όταν εξετάζουν τις θεραπευτικές επιλογές για τη αντιμετώπιση των νόσων του περιοδοντίου.

Συμπεράσματα

Η εφαρμογή των laser στην Περιοδοντολογία αναγνωρίζεται ως μία εναλλακτική ή συμπληρωματική θεραπευτική προσέγγιση της συμβατικής αιτιολογικής θεραπείας. Τα τελευταία χρόνια έχουμε αύξηση του αριθμού τυχαιοποιημένων κλινικών μελετών που διερευνούν την αποτελεσματικότητα και επιβεβαιώνουν την ασφαλή χρήση τους, αλλά δεν τεκμηριώνουν κλινικό όφελος μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής μηχανικής θεραπείας.

Οι συσκευές Nd:YAG και διοδικών laser δείχνουν ευνοϊκά αποτελέσματα κατόπιν ακτινοβολήσης των μαλακών ιστών του περιοδοντικού θυλάκου, τόσο όσο αφορά στην βελτίωση των κλινικών παραμέτρων όσο και στην μείωση των βακτηριακών πληθυσμών. Ωστόσο η άμεση εφαρμογή τους επάνω στην ριζική επιφάνεια και η χρήση τους για απομάκρυνση εναποθέσεων είναι δυνατόν να προκαλέσει βλάβες λόγω υπερθέρμανσης.

Τα laser της οικογενείας Ερβίου παρουσιάζουν καλύτερες προοπτικές με βάση τα ευρήματα των συστηματικών ανασκοπήσεων, στη θεραπεία των περιοδοντικών νόσων. Η κατηγορία αυτή των laser, λόγω της μεγάλης απορρόφησης στο νερό, εμφανίζει δυνατότητα αφαίρεσης σκληρών εναποθέσεων υποουλικά χωρίς να προκαλεί θερμικές βλάβες στους παρακείμενους ιστούς. Τα ευρήματα ιστολογικών μελετών, σε ότι αφορά την επούλωση, είναι αντικρουόμενα και κάποιιοι ερευνητές υποστηρίζουν την δημιουργία νέας οστεΐνης μετά από εφαρμογή τους (Ishikawa και συν. 2007, Schwarz και συν. 2007). Δεδομένα ανθρωποκεντρικών μελετών, που διερευνούν την αποδοχή της θεραπείας από τον ασθενή, δείχνουν μείωση του πόνου και καθαρή προτίμηση στην αντιμετώπιση με laser, συγκριτικά με τη μηχανική μη χειρουργική θεραπεία (Tomasi και συν. 2006, Braun και συν. 2010). Μέχρι τώρα τα laser της συγκεκριμένης ομάδος έχουν αποδειχτεί ασφαλή και αποτελεσματικά και στην χειρουργική του οστού, πάντα σε συνδυασμό με καταιονισμό νερού.

Η τεχνική LANAP παρουσιάζεται σαν μία πολλά υποσχόμενη μέθοδος για επίτευξη ακόμα και περιοδοντικής αναγέννησης, όμως το γεγονός ότι έχει εφαρμοστεί από μία μόνο ερευνητική ομάδα που δείχνει ιδιαιτέρως ευνοϊκά αποτελέσματα, καθιστά την επιστημονική κοινότητα επιφυλακτική. Θα πρέπει τα ευρήματα αυτά να βρουν υποστήριξη και από

documented evidence for the clinical efficacy of the method, as there is only a small number of prospective clinical trials with long-term results comparing the LANAP protocol with conventional treatment procedures.

Conclusions

The application of lasers in periodontology is recognized as an alternative or adjunctive therapeutic approach in conventional cause-related therapy. In recent years, there is a remarkable increase in the number of clinical studies investigating the efficacy and confirming the safe use of laser devices, yet showing no additional clinical benefit compared to that of conventional non-surgical therapy.

The Nd:YAG and diode laser devices show favorable results after irradiation of the soft tissues in the periodontal pocket, both in terms of improving the clinical parameters and reducing the bacterial counts. However, the application on the root surface and the use for deposits removal can cause damage due to overheating.

The erbium lasers seem to have a better prospective, based on the findings of systematic reviews in the treatment of periodontal diseases. This type of laser has demonstrated an ability to remove subgingival hard deposits without causing thermal damage to the surrounding tissues, because of its high absorption in water. The histological findings of studies reporting on healing are contradictory and the formation of new cementum after its application has been suggested by some researchers (Ishikawa et al. 2007, Schwarz et al. 2007). Data from human studies investigating the patient perception of the Er:YAG laser treatment showed a remarkable decrease in pain and a clear preference for laser treatment over the mechanical non-surgical treatment (Tomasi et al. 2006, Braun et al., 2010). So far, this type of laser seems to be safe and effective in bone surgery, always in combination with water irrigation.

The LANAP protocol appears to be a promising technique aiming at periodontal regeneration, but the fact that only one research group has presented these remarkable findings makes the scientific community quite cautious. More research groups should support these findings in order to provide adequate documentation for this protocol.

The need for more comparative clinical trials

άλλους ερευνητές, έτσι ώστε να υπάρξει επαρκής τεκμηρίωση της εφαρμογής του πρωτοκόλλου.

Επισημαίνεται η ανάγκη για περισσότερες τυχαιοποιημένες κλινικές συγκριτικές μελέτες (RCTs) με ικανό αριθμό ασθενών, οι οποίες να τεκμηριώνουν την αποτελεσματικότητα των laser στην αντιμετώπιση της περιοδοντικής νόσου και την ασφαλή χρήση τους, τόσο στη μη χειρουργική όσο και στη χειρουργική θεραπεία, καθώς και στη διατήρηση της σταθερότητας των θεραπευτικών αποτελεσμάτων σε βάθος χρόνου. Θα πρέπει να τονιστεί, ότι η χρήση των συσκευών laser στην κλινική πράξη, προϋποθέτει σαφή γνώση των χαρακτηριστικών τους και της αλληλεπίδρασης στους ιστούς καθώς και κατάλληλη εκπαίδευση του θεραπευτή, έτσι ώστε πιθανώς μελλοντικά να αποτελέσουν μία τεκμηριωμένη εναλλακτική προσέγγιση στη θεραπευτική των νόσων του περιοδοντίου.

(RCTs) with a sufficient number of patients for the documentation of the laser efficiency in the treatment of periodontal disease and their safe use in the non-surgical, surgical and supportive therapy, is emphasized. It should be also pointed out that the use of laser devices in the clinical practice requires a solid knowledge of their characteristics and their interaction with tissues. Moreover, the therapist's proper training is highly recommended, for the safe use of laser irradiation in the treatment of periodontal diseases.

Βιβλιογραφία - References

- Adriaens, P.A., Edwards, C.A., De Boever, J.A. & Loe-sche, W.J. (1988) Ultrastructural observations on bacterial invasion in cementum and radicular dentin of periodontally diseased human teeth. *Journal of Periodontology* **59**, 493–503
- American Academy of Periodontology (AAP) (1998) Guidelines for periodontal therapy. *Journal of Periodontology* **69**, 405–408
- Ando, Y., Aoki, A., Watanabe, H. & Ishikawa, I. (1996) Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Lasers in Surgery and Medicine* **19**, 190–200
- Aoki, A., Ando, Y., Watanabe, H. & Ishikawa, I. (1994) In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium:YAG laser. *Journal of Periodontology* **65**:1097–106
- Aoki, A., Miura, M., Akiyama, F., Nakagawa, N., Tanaka, J., Oda, S., Watanabe, H. & Ishikawa, I. (2000) In vitro evaluation of Er:YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. *Journal of Periodontal Research* **35**, 266–77
- Aoki, A., Sasaki, K.M., Watanabe, H. & Ishikawa, I. (2004) Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontology 2000* **36**, 59–97
- Aykol, G., Baser, U., Maden, I., Kazak, Z., Onan, U. & Tanrikulu-Kucuk, S. (2011) The effect of low-level laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment. *Journal of Periodontology* **82**, 481–488
- Badersten, A., Nilveus, R. & Egelberg, J. (1987) Effect of nonsurgical periodontal therapy (VIII). Probing attachment changes related to clinical characteristics. *Journal of Clinical Periodontology* **14**, 425–432
- Badersten, A., Nilveus, R. & Egelberg, J. (1990) Scores of plaque, bleeding, suppuration and probing depth to predict probing attachment loss. 5 years of observation following nonsurgical periodontal therapy. *Journal of Clinical Periodontology* **17**, 102–107
- Ben Hatit, Y., Blum, R., Severin, C., Maquin, M. & Jabro, M.H. (1996) The effects of a pulsed Nd:YAG laser on subgingival bacterial flora and on cementum: an in vivo study. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* **14**, 137–143
- Braun, A., Jepsen, S., Deimling, D., Ratka-Kru'ger, P. (2010) Subjective intensity of pain during supportive periodontal treatment using a sonic scaler or an Er:YAG laser. *Journal of Clinical Periodontology* **37**, 340–345.
- Burkes, E.J., Hoke, J., Gomes, E. & Wolbarsht, M. (1992) Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. *Journal of Prosthetic Dentistry* **67**, 847–851.
- Cappuyns, I., Cionca, N., Wick, P., Giannopoulou, C. & Mombelli, A. (2012) Treatment of residual pockets with photodynamic therapy, diode laser, or deep scaling. A randomized, split-mouth controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science* **27**, 979–986
- Claffey, N., Nylund, K., Kiger, R., Garrett, S. & Egelberg, J. (1990) Diagnostic predictability of scores of plaque, bleeding, suppuration and probing depth for probing attachment loss. 3.5 years of observation following initial periodontal therapy. *Journal of Clinical Periodontology* **17**, 108–114
- Cobb, C.M., McCawley, T.K. & Killoy, W.J. (1992) A preliminary study on the effects of the Nd:YAG laser on root surfaces and subgingival microflora in vivo. *Journal of Periodontology* **63**, 701–707
- Cobb, C.M. (1996) Non-surgical pocket therapy: mechanical. *Annals of Periodontology*, **1**, 443–490
- Cobb, C.M. (1997) Lasers in periodontics: use and abuse. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **18**, 847–852, 854–855, 858–859
- Cobb, C.M. (2006) Lasers in periodontics: a review of the literature. *Journal of Periodontology* **77**, 545–564
- Cobb, C.M., Low, S.B. & Coluzzi, D.J. (2010) Lasers and the treatment of chronic periodontitis. *Dental Clinics of North America* **54**, 35–53
- Crespi, R., Cappare, P., Toscanelli, I., Gherlone, E. & Romanos, G.E. (2007) Effects of Er:YAG laser compared to ultrasonic scaler in periodontal treatment: a 2-year follow-up split-mouth clinical study. *Journal of Periodontology* **78**, 1195–1200
- de Andrade, A.K., Feist, I.S., Pannuti, C.M., Cai, S., Zzell, D.M. & De Micheli, G. (2008) Nd:YAG laser clinical assisted in class II furcation treatment. *Lasers in Medical Science* **23**, 341–347
- de Micheli, G., de Andrade, A.K., Alves, V.T., Seto, M., Pannuti, C.M. & Cai, S. (2011) Efficacy of high intensity diode laser as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized controlled trial. *Lasers in Medical Science* **26**, 43–48
- Derdilopoulou, F.V., Nonhoff, J., Neumann, K. & Kielbassa, A.M. (2007) Microbiological findings after periodontal therapy using curettes, Er:YAG laser, sonic, and ultrasonic scalars. *Journal of Clinical Periodontology* **34**, 588–598
- Domínguez, A., Gómez, C., García-Kass, A.I. & García-Núñez, J.A. (2010) IL-1beta, TNF-alpha, total antioxidant status and microbiological findings in chronic periodontitis treated with fluorescence-controlled Er:YAG laser radiation. *Lasers in Surgery and Medicine* **42**, 24–31
- Eltas, A. & Orbak, R. (2012) Effect of 1,064-nm Nd:YAG laser therapy on GCFIL-1beta and MMP-8 levels in patients with chronic periodontitis. *Lasers in Medical Science* **27**, 543–550
- Euzebio Alves, V.T., de Andrade, A.K., Toaliar, J.M., Conde, M.C., Zzell, D.M., Cai, S., Pannuti, C.M. & De Micheli, G. (2013) Clinical and microbiological evaluation of high intensity diode laser adjunct to non-surgical periodontal treatment: a 6-month clinical trial. *Clinical Oral Investigations* **17**, 87–95

- Franzen, R., (2011) "Principles of Medical and Dental Lasers", Lulu Publishing ISBN: 978-1-4709-0592-7
- Frame, J.W. (1985) Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions. *British Dental Journal* **158**, 125-128
- Fujii, T., Baehni, P.C., Kawai, O., Kawakami, T., Matsuda, K. & Kowashi, Y. (1998) Scanning electron microscopic study of the effects of Er:YAG laser on root cementum. *Journal of Periodontology* **69**, 1283-1290
- Gaspirc, B. & Skaleric, U. (2007) Clinical evaluation of periodontal surgical treatment with an Er:YAG laser: 5-year results. *Journal of Periodontology* **78**, 1864-1871
- Gomez, C., Dominguez, A., Garcia-Kass, A.I. & Garcia-Nunez, J.A. (2011) AdjunctiveNd:YAG laser application in chronic periodontitis: clinical, immunological, and microbiological aspects. *Lasers in Medical Science* **26**, 453-463
- Gold, S.I. & Vilardi, M.A. (1994) Pulsed laser beam effects on gingiva. *Journal of Clinical Periodontology* **21**, 391-396
- Gould, R. & Gordon (1959) "The LASER, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". In Franken, P.A. and Sands, R.H. (Eds.). The Ann Arbor Conference on Optical Pumping, the University of Michigan, pp. 128, 15 June through 18 June
- Gutknecht, N., Radufi, P., Franzen, R. & Lampert, F. (2002) Reduction of specific microorganisms in periodontal pockets with the aid of an Nd:YAG laser— an in vivo study. *The Journal of Oral Laser Applications* **2**, 175-180.
- Hale, G.M. & Querry, M.R. (1973) Optical constants of water in the 200-nm to 200-lm wavelength region. *Applied Optics* **12**, 555-563
- Harris, D.M. & Yessik, M. (2004) Therapeutic ratio quantifies laser antiseptis: ablation of Porphyromonas gingivalis with dental lasers. *Lasers in Surgery and Medicine* **35**, 206-213
- Ishikawa, I., Aoki, A. & Takasaki, A.A. (2004) Potential applications of Erbium:YAG laser in periodontics. *Journal of periodontal research* **39**, 275-85
- Ishikawa, I., Sculean, A. (2007) Laser dentistry in periodontics. In: Gutknecht N, editor. 1st International Workshop of Evidence Based Dentistry on Lasers in Dentistry. Vaals, The Netherlands: Quintessence Publishing Co., 115-128.
- Ishikawa, I., Aoki, A., Takasaki, A.A., Mizutani, K., Sasaki, K.M. & Izumi, Y. (2009) Application of lasers in periodontics: true innovation or myth? *Periodontology* **2000** **50**, 90-126
- Kreisler, M., Al Haj, H. & D'Hoedt, B. (2005) Clinical efficacy of semiconductor laser application as an adjunct to conventional scaling and root planning. *Lasers in Surgery and Medicine* **37**, 350-355
- Krohn-Dale, I., Bøe, O.E., Enersen, M., & Leknes, K.N. (2012) Er:YAG laser in the treatment of periodontal sites with recurring chronic inflammation: a 12-month randomized, controlled clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology* **39**, 745-752
- Lin, J., Bi, L., Wang, L., Song, Y., Ma, W., Jensen, S. & Sao, D. (2011) Gingival curettage study comparing a laser treatment to hand instruments. *Lasers in Medical Science* **26**, 7-11
- Liu, C.M., Hou, L. T., Wong, M. Y. & Lan, W. H. (1999) Comparison of Nd:YAG laser versus scaling and root-planing in periodontal therapy. *Journal of Periodontology* **70**, 1276-1282
- Lopes, B.M., Marcantonio, R.A., Thompson, G.M., Neves, L.H. & Theodoro, L.H. (2008) Short-term clinical and immunologic effects of scaling and root planing with Er:YAG laser in chronic periodontitis. *Journal of Periodontology* **79**, 1158-1167
- Lopes, B.M., Theodoro, L.H., Melo, R.F., Thompson, G.M. & Marcantonio, R.A (2010) .Clinical and microbiologic follow-up evaluations after non-surgical periodontal treatment with erbium:YAG laser and scaling and root planing. *Journal of Periodontology* **81**, 682-691
- Makhlouf, M., Dahaba, M.M., Tunér, J., Eissa, S.A. & Harhash, T.A. (2012) Effect of adjunctive low level laser therapy (LLLT) on nonsurgical treatment of chronic periodontitis. *Photomedicine and Laser Surgery* **30**, 160-166
- Merigo, E., Clini, F. & Fornaini, C., Oppici, A., Paties, C., Zangrandi, A., Fontana, M., Rocca, J.P., Meleti, M., Manfredi, M., Cella, L. & Vescovi, P. (2013) Laser-assisted surgery with different wavelengths: a preliminary ex vivo study on thermal increase and histological evaluation. *Lasers in Medical Science*. **28**, 497-504
- Miyazaki, A., Yamaguchi, T., Nishikata, J., Okuda, K., Suda, S., Orima, K., Kobayashi, T., Yamazaki, K., Yoshikawa, E. & Yoshie, H. (2003) Effects of Nd:YAG and CO2 laser treatment and ultrasonic scaling on periodontal pockets of chronic periodontitis patients. *Journal of Periodontology* **74**, 175-180
- Mizutani, K., Aoki, A., Takasaki, A.A., Kinoshita, A., Hayashi, C., Oda, S. & Ishikawa, I. (2006) Periodontal tissue healing following flap surgery using an Er:YAG laser in dogs. *Lasers in Surgery and Medicine* **38**, 314-324
- Moritz, A., Gutknecht, N., Doertbudak, O., Goharkhay, K., Schoop, U., Schauer, P. & Sperr, W. (1997) Bacterial reduction in periodontal pockets through irradiation with a diodelaser: a pilot study. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* **15**, 33-37
- Neill, M. E. & Mellonig, J. T. (1997) Clinical efficacy of the Nd:YAG laser for combination periodontitis therapy. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry* **9**(Suppl. 6), 1-5
- Nevins, M.L., Camelo, M., Schupbach, P., Kim, S.W., Kim, D.M. & Nevins, M. (2012) Human clinical and

- histologic evaluation of laser-assisted new attachment procedure. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **32**, 497-507
- Nevins, M., Kim, S.W., Camelo, M., Martin, I.S., Kim, D. & Nevins, M. (2014) A prospective 9-month human clinical evaluation of Laser-Assisted New Attachment Procedure (LANAP) therapy. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **34**, 21-27
- Noguchi, T., Sanaoka, A., Fukuda, M., Suzuki, S. & Aoki, T. (2005) Combined effects of Nd:YAG laser irradiation with local antibiotic application into periodontal pockets. *Journal of the International Academy of Periodontology* **7**, 8-15
- Paghdwala, A.F. (1991) Does the laser work on hard dental tissue? *Journal of American Dental Association* **122**, 79-80
- Pick, R.M., Pecaro, B.C. & Silberman, C.J. (1985) The laser gingivectomy. The use of the CO₂ laser for the removal of phenytoin hyperplasia. *Journal of Periodontology* **56**, 492-496
- Qadri, T., Miranda, L., Tunér, J. & Gustafsson, A. (2005) The short-term effects of low-level lasers as adjunct therapy in the treatment of periodontal inflammation. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 714-719
- Qadri, T., Javed, F., Poddani, P., Tuner, J. & Gustafsson, A. (2011) Long-term effects of a single application of a water-cooled pulsed Nd:YAG laser in supplement to scaling and root planing in patients with periodontal inflammation. *Lasers in Medical Science* **26**, 763-766
- Radvar, M., MacFarlane, T.W., MacKenzie, D., Whitters, C.J., Payne, A. P. & Kinane, D. F. (1996) An evaluation of the Nd:YAG laser in periodontal pocket therapy. *British Dental Journal* **180**, 57-62
- Rastegar, S., Jacques, S.L., Motamedi, M. & Kim, B.M. (1992) Theoretical analysis of equivalency of high-power diode laser and Nd:YAG laser for coagulation. *Proc SPIE* **1646**, 150-160
- Ratka-Krüger, P., Mahl, D., Deimling, D., Mönzing, J.S., Jachmann, I., Al-Machot, E., Sculean, A., Berakdar, M., Jervøe-Storm, P.M. & Braun A. (2012) Er:YAG laser treatment in supportive periodontal therapy. *Journal of Clinical Periodontology* **39**, 483-491
- Romanos, G. & Nentwig, G.H. (1999) Diode laser (980 nm) in oral and maxillofacial surgical procedures: clinical observations based on clinical applications. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* **17**, 193-7.
- Rotundo, R., Nieri, M., Cairo, F., Franceschi, D., Mervelt, J., Bonaccini, D., Esposito, M. & Pini-Prato, G. (2010) Lack of adjunctive benefit of Er:YAG laser in non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology* **37**, 526-533
- Schwarz, F., Sculean, A., Georg, T. & Reich, E. (2001) Periodontal treatment with an Er: YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. *Journal of Periodontology* **72**, 361-367.
- Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Georg, T., Reich, E. & Becker, J. (2003). Clinical evaluation of an Er:YAG laser combined with scaling and root planing for non-surgical periodontal treatment. A controlled, prospective clinical study. *Journal of Clinical Periodontology* **30**, 26-34 (α)
- Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Szathmari, L., Georg, T. & Becker, J. (2003) 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 in Surgery and Medicine* **32**, 359-66 (β)
- Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Georg, T., Reich, E. & Becker, J. (2003) Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planing. A 2-year follow-up split-mouth study. *Journal of Periodontology* **74**, 590-596 (γ)
- Schwarz, F., Sculean, A., Georg, T. & Becker J. (2003) Clinical evaluation of the Er:YAG laser in combination with an enamel matrix protein derivative for the treatment of intrabony periodontal defects: a pilot study. *Journal of Clinical Periodontology* **30**, 975-981 (δ)
- Schwarz, F., Jepsen, S., Hertzen, M., Aoki, A., Sculean, A. & Becker, J. (2007) Immunohistochemical characterization of periodontal wound healing following non-surgical treatment with fluorescence controlled Er:YAG laser radiation in dogs. *Lasers in Surgery and Medicine* **39**, 428-440
- Schwarz, F., Aoki, A., Becker, J. & Sculean, A. (2008) Laser application in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* **35** (Suppl. 8), 29-44.
- Sculean, A., Schwarz, F., Berakdar, M., Romanos, G.E., Arweiler, N.B. & Becker, J. (2004) Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to ultrasonic instrumentation: a pilot study. *Journal of Periodontology* **75**, 966-973
- Sculean, A., Schwarz, F., Berakdar, M., Windisch, P., Arweiler, N.B. & Romanos, G.E. (2004) Healing of intrabony defects following surgical treatment with or without an Er:YAG laser. *Journal of Clinical Periodontology* **31**, 604-608
- Sgolastra, F., Petrucci, A., Gatto, R. & Monaco, A. (2012) Efficacy of Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science* **27**, 661-673
- Sgolastra, F., Severino, M., Gatto, R. & Monaco A. (2013) Effectiveness of diode laser as adjunctive therapy to scaling root planing in the treatment of chronic periodontitis: a meta-analysis. *Lasers in Medical Science* **28**, 1393-1402
- Slot, D. E., Kranendonk, A. A., Paraskevas S. & van der Weijden F. (2009) The effect of a pulsed Nd:YAG laser

- in non-surgical periodontal therapy. *Journal of Periodontology* **80**, 1041-1056.
- Slot, D.E., Kranendonk, A.A., Van der Reijden, W.A., Van Winkelhoff, A.J., Rosema, N.A., Schulein, W.H., Van der Velden, U. & Van der Weijden, F.A. (2011) Adjunctive effect of a water-cooled Nd:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* **38**, 470-478
- Slot, D.E., Timmerman, M.F., Versteeg, P.A., van der Velden, U. & van der Weijden, F.A. (2012) Adjunctive clinical effect of a water-cooled Nd:YAG laser in a periodontal maintenance care programme: a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Periodontology* **39**, 1159-1165
- Soo, L., Leichter, J.W., Windle, J., Monteith, B., Williams, S.M., Seymour, G.J. & Cullinan, M.P. (2012) A comparison of Er:YAG laser and mechanical debridement for the non-surgical treatment of chronic periodontitis: a randomized, prospective clinical study. *Journal of Clinical Periodontology* **39**, 537-544
- Tomasi, C., Schander, K., Dahlén, G. & Wennström, J.L. (2006) Shortterm clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance. *Journal of Periodontology* **77**, 111-118
- van As, G. (2004) Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America* **48**, 1017-59
- Visuri, S.R., Walsh, J.T. & Wigdor, H.A. (1996) Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. *Lasers in Surgery and Medicine* **18**, 294-300
- Watanabe, H., Ishikawa, I., Suzuki, M. & Hasegawa, K. (1996) Clinical assessments of the erbium:YAG laser for soft tissue surgery and scaling. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* **14**, 67-75
- Wilder-Smith, P., Arrastia, A.M., Schell, M.J., Liaw, L.H., Grill, G. & Berns, M.W. (1995) Effect of Nd:YAG laser irradiation and root planing on the root surface: structural and thermal effects. *Journal of Periodontology* **66**, 1032-1039
- Yukna, R.A., Carr, R.L. & Evans, G.H. (2007) Histologic evaluation of an Nd:YAG laser-assisted new attachment procedure in humans. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **27**, 577-587

Επικοινωνία: Κατσικάνης Φώτιος, Κονίτσης 28
Σταυρούπολη Θεσσαλονίκη, 564 31, τηλ: 6945109338,
email: fkatsikanis@gmail.com

Correspondence: Katsikanis Fotios, 28 Konitsis Str.,
Stavroupoli Thessoloniki, 115 27 Athens, Greece, tel:
+30 6945109338, email: fkatsikanis@gmail.com