

Νεότερα δεδομένα για τις εφαρμογές του laser στη σύγχρονη οδοντιατρική πράξη. ΜΕΡΟΣ II: Εφαρμογές στον τομέα της Προσθετικής

Μ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ¹, Ζ. ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ¹, Α. ΜΠΑΚΟΠΟΥΛΟΥ²

Εργαστήριο Προσθετικής, Οδοντιατρικό Τμήμα, Σχολή Επιστημών Υγείας Α.Π.Θ.

Current data on laser applications in modern dental practice.

PART II: Applications in Prosthetic Dentistry

M. GEORGIU¹, Z. DASKALAKI¹, A. BAKOPOULOU²

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Faculty of Health Sciences, Aristotle University of Thessaloniki

Περίληψη

Η τεχνολογία του laser εξελίσσεται με αλημάτωδεις ρυθμούς καθιστώντας πλέον τα οδοντιατρικά lasers ένα αξιόπιστο κλινικό εργαλείο, ικανό να διασφαλίσει συγκρίσιμα ή πολλές φορές και καλύτερα θεραπευτικά αποτελέσματα από τις συμβατικές θεραπευτικές τεχνικές. Ωστόσο, η χρήση των οδοντιατρικών lasers στον τομέα της Προσθετικής είναι σχετικά περιορισμένη. Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης λοιπόν είναι η διερεύνηση και ανάλυση των νεότερων επιστημονικών δεδομένων όσον αφορά στις εφαρμογές των σύγχρονων lasers στον τομέα της Προσθετικής. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι λόγω της εξαιρετικής χειρουργικής ακρίβειάς τους, της αιμόστασης και της ομαλής επουλώσεως που εξασφαλίζουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για τη διαμόρφωση και προετοιμασία των ούλων πριν από τη λήψη του τελικού αποτυπώματος, για τη χειρουργική επιμήκυνση μύλης κλπ. Οι νεότερες έρευνες αναδεικνύουν την ακτινοβολία με laser ως μία καινούργια τεχνική επιφανειακής κατεργασίας/ αδροποίησης τόσο των οδοντικών όσο και των κεραμικών επιφανειών και κάνουν λόγο ακόμη για τη συμβολή του στην ατραυματική αφαίρεση παλιών κεραμικών όψεων, χωρίς να καταστρέφεται η αποκατάσταση ή το δόντι. Επίσης, η τεχνολογία του laser χρησιμοποιείται και για την κατασκευή του μεταλλικού σκελετού των προσθετικών αποκαταστάσεων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να τεκμηριωθούν τα αποτελέσματα χρήσης του laser και να εξαχθούν οριστικά συμπεράσματα. Συνοψίζοντας, τα οδοντιατρικά lasers έχουν αρχίσει να κερδίζουν έδαφος και στον τομέα της Προσθετικής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν επικουρικά τόσο σε κλινικές όσο και σε εργαστηριακές διαδικασίες της Προσθετικής.

Λέξεις κλειδιά: οδοντιατρικά lasers, Προσθετική, ενδορριζικοί άξονες, όψεις, Προπροσθετική Χειρουργική, οδοντικά εμφυτεύματα

Summary

Laser technology has progressed rapidly and dental lasers are now considered as a reliable clinical tool giving not only comparable but sometimes better results than conventional therapeutic techniques. The use of dental lasers in Prosthodontics is rather limited. This literature review aims to investigate and analyze the applications of dental lasers in Prosthetic Dentistry. Due to excellent surgical precision, faster healing and hemostasis dental lasers can be used pre-prosthetically for esthetic purposes, like gingival contouring or in surgical crown lengthening and for gingival troughing before taking a final impression. Recent studies report that lasers can simplify the procedure of debonding of older porcelain laminate veneers, while laser irradiation can be used as a new surface etching technique applied both to dental and ceramic surfaces leading to increased shear bond strength values. One additional application is laser sintering technology used for the fabrication of metal frameworks for prosthetic restorations. However, further studies are needed in order to draw safe conclusions. To summarize, dental lasers are getting increasingly popular in Prosthetic Dentistry and can be used as an adjunct to various clinical and laboratory procedures.

Key words: Dental lasers, prosthodontics, pre-prosthetic surgery, posts and cores, veneers, dental implants.

Εισαγωγή

Ο όρος LASER αποτελεί ακρωνύμιο των λέξεων **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** δηλαδή **Ενίσχυση Φωτός με Εξαναγκασμένη Εκπομπή Ακτινοβολίας**. Η ιστορία των οδοντιατρικών lasers ξεκινάει στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Ο Maiman (1960)¹ ήταν ο πρώτος που δημοσίευσε σχετική μελέτη για τη χρήση του laser ρουβιδίου (ruby laser) στους οδοντικούς ιστούς. Μέσα στα επόμενα 60 περίπου χρόνια η Οδοντιατρική με laser εξελίχθηκε με αληθινούς ρυθμούς και έχει πλέον σημαντικές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της Οδοντιατρικής². Σύμφωνα και με όσα αναλύθηκαν στο Μέρος I, η ελάχιστη επεμβατική φύση των οδοντιατρικών lasers που εξασφαλίζει ταχύτερη επούλωση των ιστών, αιμόσταση, αναλγησία και αντιβακτηριακή δράση, καθιστά την οδοντιατρική πράξη καλύτερα ανεκτή από τον ασθενή³.

Στο Μέρος I αναπτύχθηκαν οι ιδιότητες και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των συσκευών laser που χρησιμοποιούνται στην κλινική οδοντιατρική, καθώς και οι επιδράσεις τους στους ιστούς της στοματικής κοιλότητας. Στο Μέρος II θα αναφερθούν οι εφαρμογές των lasers στον τομέα της Προσθητικής. Αναλύονται οι χρήσεις τους στην προ-προσθητική χειρουργική, στην απώθηση των ούλων κατά τη λήψη τελικών αποτυπωμάτων, σε διαδικασίες κατεργασίας για τη συγκόλληση ενδορριζικών αξόνων, στην κατασκευή μεταλλικών σκελετών με την τεχνική της πυροσυσσωμάτωσης με laser, στην ατραυματική αποκόλληση όψεων και αδροποίηση της οδοντικής επιφάνειας για συγκόλληση όψεων και τέλος στην εμφυτευματολογία.

Προπροσθητική Χειρουργική

Χειρουργική επιμήκυνση κλινικής μύλης – Ουλεκτομή – Ουλοπλαστική

Στις περιπτώσεις που η διαθέσιμη κλινική μύλη δεν έχει αρκετό ύψος ώστε να εξασφαλίσει την απαραίτητη συγκράτηση σε μία ακίνητη αποκατάσταση ή σε περιπτώσεις προσθίων αποκαταστάσεων στις οποίες υπάρχει αισθητικό πρόβλημα, καταφεύγουμε σε επιμήκυνση της κλινικής μύλης με χειρουργική διαδικασία, η οποία μπορεί να γίνει με συμβατική χειρουργική παρέμβαση με τη χρήση νυστεριού, ηλεκτροχειρουργική ή laser. Αυτή την στιγμή 5 τύποι laser χρησιμοποιούνται στην αποκαταστατική οδοντιατρική: το laser αργού, το laser διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ laser), το διοδικό laser, το laser Ερβίου και το παλμικό laser Νεοδυμίου. Προτού χρησιμοποιηθεί το laser, οι μαλακοί ιστοί σημειώνονται ώστε να προσδιοριστούν τα ουλικά περιγράμματα, οι αξονικές κλίσεις των δοντιών, το zenίθ των ούλων, ενώ μετράται και σημειώνεται το βιολογικό εύρος πρόσφυσης⁴. Τα είδη laser που βρίσκουν εφαρμογή εδώ είναι το laser Ερβίου-Χρωμίου

και το διοδικό laser. Το διοδικό laser χρησιμοποιείται είτε σε άμεση επαφή με τους ιστούς, όταν αποσκοπούμε στην αποκοπή αυτών, είτε σε μικρή απόσταση από αυτούς, όταν στόχος είναι η θεραπεία⁵. Όσον αφορά το laser Ερβίου-Χρωμίου, ο Lowe το 2008 περιέγραψε τη χρήση του σε συνδυασμό με δύο τεχνικές (ανοιχτή και κλειστή τεχνική) για κλινική επιμήκυνση μύλης σε αποκαταστάσεις στην αισθητική ζώνη⁶. Ειδικά, η κλειστή τεχνική συνίσταται για ελάχιστες παρεμβάσεις που αφορούν περιοχές με μικρό βιολογικό εύρος και τη θέση της παρυφής των ούλων, κυρίως σε ασθενείς με παχύ βιότυπο ούλων.

Σε σχέση με τα υπόλοιπα διαθέσιμα μέσα το laser βρίσκεται σε ηλεονεκτική θέση, όπως μπορεί να διαπιστώσει κανείς από τα αποτελέσματα μελετών που έχουν δημοσιευθεί. Η χρήση του νυστεριού προκαλεί περισσότερη αιμορραγία, γεγονός που επιβεβαιώνει ο Lee σε μελέτη του 2006, η οποία είχε ως αντικείμενο την εφαρμογή του διοδικού laser σε ουλεκτομή, ουλοπλαστική και επιμήκυνση κλινικής μύλης⁷. Ακόμη, ο Lagdive και συν. το 2010 μελέτησαν την εφαρμογή του διοδικού laser σε περιπτώσεις ουλεκτομής και ουλοπλαστικής για κλινική επιμήκυνση μύλης στην πρόσθια περιοχή της άνω γνάθου και χαρακτήρισε τη διαδικασία πιο εύκολη και γρήγορη σε σχέση με το νυστέρι, αλλά και πιο ανεκτή από τους ασθενείς⁵. Ο ηλεκτροτόμος, σύμφωνα με τον Lee (2006), παρόλο που επιτυγχάνει αιμόσταση, έχει συχνά ως αποτέλεσμα την επικίνδυνη άνοδο της θερμοκρασίας, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη των παρακείμενων ιστών⁷.

Με το laser επιτυγχάνεται ικανοποιητικός έλεγχος της διαδικασίας και της ποσότητας των ιστών που πρόκειται να αφαιρεθούν, με δυνατότητα για λεπτούς χειρισμούς και αφαίρεσης μιας λεπτής μόνο στρώσης του επιθηλίου κι επομένως η βλάβη στους ιστούς της περιοχής, στα μεταλλικά κράματα και στην πορσελάνη είναι αρκετά περιορισμένη^{5,7}. Επιπλέον, ειδικά στο διοδικό laser χρησιμοποιείται τέτοιο μήκος κύματος, που είναι ικανό να απορροφηθεί με ευκολία από τους μαλακούς ιστούς κι έτσι υπάρχουν ακόμα λιγότερες πιθανότητες για πρόκληση βλαβών στους σκληρούς ιστούς⁷. Επιπρόσθετα, ο Lagdive και συν. στην προαναφερθείσα μελέτη του 2010 κατέγραψαν την απουσία αιμορραγίας, πόνου και οιδήματος τόσο κατά την επέμβαση, όσο και στους επανελεγχόμενους⁵. Ανάλογες παρατηρήσεις έκανε και ο Lowe σε μελέτη του 2008 σχετικά με τη χρήση του laser Ερβίου-Χρωμίου στην κλινική επιμήκυνση μύλης σε αποκαταστάσεις στην αισθητική ζώνη με όψεις πορσελάνης, όπου αναφέρει ότι το laser δεν προκαλεί αιμορραγία και είναι λιγότερο τραυματικό σε σύγκριση με τα συμβατικά μέσα⁶. Οι Bhawar και Rathι το 2010 πραγματοποίησαν ουλεκτομή με laser Ερβίου-Χρωμίου για κλινική επιμήκυνση μύλης στα πρόσθια δόντια της κάτω γνάθου ενός ασθενούς και κατέγραψαν, ομοίως, την απουσία αιμορραγίας και πόνου, και μάλιστα δεν έγινε καθόλου αναι-

σθνσία και δε χρειάστηκε η μετεγχειρητική λήψη αναλγητικών ουσιών. Επισημαίνεται δε, ότι κατέστη δυνατή η ολοκλήρωση των οδοντικών παρασκευών και η λήψη αποτυπωμάτων στην ίδια συνεδρία⁸.

Οι ερευνητές συμφωνούν ότι το αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό και η διαδικασία της επούλωσης είναι πιο ανεκτή από τον ασθενή και πιο γρήγορη, σε σύγκριση με τις άλλες τεχνικές^{6,9}. Μειονέκτημα ωστόσο καταγράφει η μελέτη των Lagdive και συν. (2010)⁵, που παρατήρησαν ότι η διαδικασία της επούλωσης, αν και πραγματοποιείται υπό ευνοϊκότερες συνθήκες καθώς ελέγχεται καλύτερα η ποσότητα των ιστών που απομακρύνονται, η βλάβη στο υποκείμενο οστό και περισσότερο είναι περιορισμένη και επιτυγχάνεται αποστείρωση στην υπό επέμβαση περιοχή, ωστόσο έγινε με πιο αργούς ρυθμούς σε σχέση με το νυστέρι.

Χαλινεκτομή

Το laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χαλινεκτομές, προσφέροντας αρκετά πλεονεκτήματα τόσο κατά την επέμβαση όσο και μετεγχειρητικά. Η διαδικασία καθίσταται πιο ανεκτή από τον ασθενή, καθώς η επούλωση είναι ευνοϊκή και ο πόνος είναι μειωμένος έως και ανύπαρκτος, με φυσικό επακόλουθο την ελαχιστοποίηση της λήψης αναλγητικών φαρμάκων.

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα επιβεβαιώνουν οι Haytac και Ozcelik σε μελέτη που πραγματοποίησαν το 2006¹⁰. Έκαναν σύγκριση της επέμβασης με νυστέρι και με CO₂ laser και κατά την πρώτη μετεγχειρητική εβδομάδα κατέγραψαν μικρότερο βαθμό δυσκολίας κατά τη μάσηση και την ομιλία στους ασθενείς που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με laser. Επίσης, πόνος σημειώθηκε στο 85% των ασθενών με το νυστέρι και στο 33.3% των ασθενών με το laser¹⁰. Ομοίως, ο Gargari και συν. το 2012 κατά την εκτομή κεντρικού χαλινού κάτω χείλους με διοδικό laser (980 nm), πέρα από την απουσία πόνου, κατέγραψε επιπλέον την απουσία αιμορραγίας και λοιπών επιπλοκών διεγχειρητικά και μετεγχειρητικά και τη μη αναγκαιότητα λήψης φαρμακευτικών ουσιών¹¹.

Torus palatinus/Torus mandibularis

Η υπερώια και η γναθιαία εξόστωση που προβληματίζουν τον κλινικό όταν υπάρχει ανάγκη αποκατάστασης με κινητές προσθητικές εργασίες αποτελούν δύο ακόμη περιπτώσεις που μπορούν να αντιμετωπισθούν με laser, με αντιφατικές όμως απόψεις σχετικά με το κατά πόσο η χρήση του βελτιώνει τη διαδικασία. Το 2010 ο Kocēja με το laser Ερβίου-Χρωμίου αφαίρεσε μία γναθιαία εξόστωση και κατέγραψε την απουσία οιδήματος και αιμορραγίας και την εμφάνιση ήπιας ενόχλησης μετεγχειρητικά. Παρατηρήθηκε ομαλή πορεία επούλωσης μετά την πρώτη εβδομάδα και πλήρης επούλωση μετά τη δεύτερη εβδομάδα¹². Από την άλλη, ο Rocca και συν. το 2012

χρησιμοποίησαν το laser Ερβίου για εκτομή μιας γναθιαίας εξόστωσης και λείανση μιας υπερώιας εξόστωσης και διαπίστωσαν ότι και οι δύο αυτές τεχνικές είναι ασφαλείς, αλλά η λείανση της γναθιαίας εξόστωσης χρειάστηκε περισσότερο χρόνο από όσο θα χρειαζόταν με την εφαρμογή μιας συμβατικής μεθόδου. Κρίθηκε, επιπλέον, απαραίτητη η συμπληρωματική χρήση χειρουργικού εργαλείου απόξεσης, για να εξαλειφθούν οι οστικές ακίδες που μπορούν να επηρεάσουν την επούλωση¹³. Συνεπώς, χρειάζονται περισσότερες μελέτες για διερεύνηση της εφαρμογής του laser σε τέτοιες εφαρμογές.

Απώθηση Ούλων

Όσο πιο ακριβής είναι η εφαρμογή της προσθητικής αποκατάστασης στα αυχενικά όρια της παρασκευής τόσο καλύτερη η πρόγνωση του αποτελέσματος. Σε αυτό παίζει καθοριστικό ρόλο η ακρίβεια των αποτυπωμάτων. Για αυτό το λόγο, πριν την αποτύπωση προηγείται η απώθηση των ούλων, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με μηχανικά μέσα, δηλαδή νήμα (τεχνική του απλού/διπλού νήματος), χημικά μέσα ή χειρουργικά (ηλεκτροχειρουργική, laser, περιφερική απόξεση). Τα είδη laser που χρησιμοποιούνται για την απώθηση των ούλων είναι το διοδικό laser (980nm και 810nm), το laser Νεοδυμίου και το laser Ερβίου-Χρωμίου.

Το laser συμβάλλει αρκετά στην ομαλότητα και διευκόλυνση της διαδικασίας, όπως διαπίστωσαν οι Gupta και συν, που το 2012 χρησιμοποίησαν διοδικό laser για απώθηση ούλων και παρατήρησαν ομαλή επούλωση 15 ημέρες μετά, ικανοποιητικό έλεγχο της υγρασίας και αιμόσταση, γεγονός που επέτρεψε τη λείανση και τελειοποίηση των παρασκευών στην ίδια συνεδρία με τις επεμβάσεις¹⁴.

Όταν χρησιμοποιείται το laser, σε σύγκριση με άλλες τεχνικές, η διαδικασία ολοκληρώνεται σε λιγότερο χρόνο, είναι πιο ανώδυνο, επομένως και πιο ανεκτό από τον ασθενή και επιτυγχάνεται αιμόσταση. Οι Gherlone και συν. το 2004 σε μελέτη που πραγματοποίησαν έκαναν σύγκριση του διοδικού laser και του laser Νεοδυμίου με συμβατικές τεχνικές απώθησης των ούλων (τεχνική του διπλού νήματος και ηλεκτροτόμο) και κατέληξαν ότι το laser είναι λιγότερο τραυματικό για το περιοδόντιο, γιατί υπήρχε λιγότερη αιμορραγία και λιγότερη υφίζηση. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διαδικασία καταγράφηκε αιμορραγία στο 14.5% των περιστατικών, όπου η απώθηση των ούλων πραγματοποιήθηκε με διπλό νήμα, στο 3.6% των περιστατικών που εφαρμόστηκε ηλεκτροτόμος και σε ποσοστό 0% στα περιστατικά που χρησιμοποιήθηκε το laser Νεοδυμίου και το διοδικό laser. Επίσης μετά από 15 ημέρες καταγράφηκε υφίζηση στο 7.3% των περιπτώσεων με το διπλό νήμα, στο 12.7% των περιπτώσεων με τον ηλεκτροτόμο, στο 1.8% των περιπτώσεων με το διοδικό laser και στο 2.7% των περιπτώσεων με το laser Νεοδυ-

μίου. Τονίζουν, επίσης, ότι το laser είναι πιο γρήγορο και λιγότερο επώδυνο, αλλά το laser Νεοδυμίου προκαλεί μικρότερη οριζόντια διεύρυνση της ουλοδοντικής σχισμής και στη θεραπεία με λείζερ το κόστος είναι μεγαλύτερο¹⁵. Το 2005 ο Scott συνέκρινε τα αποτελέσματα που είχε η τεχνική των δύο νημάτων με εκείνα του laser Ερβίου-Χρωμίου σε μια ασθενή του και συμπέρανε ότι μετά τη χρήση του laser τα αποτυπώματα που λαμβάνονται είναι πιο ακριβή και υπάρχουν λιγότερες πιθανότητες για επιπλοκές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αλλά και μετά. Επιπρόσθετα, ο Scott συστήνει το laser Ερβίου-Χρωμίου για ευκολότερη λήψη αποτυπωμάτων σε δόντια με μεγάλη εγγύτητα¹⁶.

Ο βαθμός απώθησης των ούλων διαφέρει ανά τριτημόριο και συγκεκριμένα οι Krishna και συν, το 2013 διερεύνησαν το βαθμό απώθησης των ούλων μετά την εφαρμογή του διοδικού laser και βρήκαν ότι ο μέσος όρος απώθησης είναι 399.5μm στο μέσο-παρειαικό τριτημόριο, 455.5μm στο εγγύς-παρειαικό και 422.5μm στο άπω-παρειαικό τριτημόριο. Διαπίστωσαν, επιπλέον, ότι η διαδικασία χρειάστηκε λιγότερο χρόνο για να ολοκληρωθεί και ήταν πιο ανεκτή από τον ασθενή (χρησιμοποιήθηκε μόνο αναισθητική γέλη τοπικά στην ουλοδοντική σχισμή, ενώ δε χρειάστηκε επιπλέον έγχυση ενέσιμου αναισθητικού). Επισημαίνουν, όμως, την ανάγκη για διεξαγωγή περισσότερων μελετών¹⁷.

Ο Melilli σε μία συγκριτική κλινική μελέτη του 2018 συνέκρινε την παραδοσιακή μηχανική απώθηση ούλων με νήμα με το laser Νεοδυμίου αν και δεν βρήκε σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο τεχνικών, ωστόσο φάνηκε ότι η απώθηση με laser είναι ευκολότερη για τον επεμβαίνοντα, απαιτεί λιγότερο χρόνο και είναι πιο ανώδυνη για τον ασθενή. Στη μελέτη αυτή η άνεση του ασθενή αξιολογήθηκε με την Οπτική Αναλογική Κλίμακα (Visual Analogue Scale - VAS)¹⁸. Η κλίμακα VAS αποτελεί μέθοδο αξιολόγησης υποκειμενικών συμπτωμάτων, όπως είναι ο πόνος, ο φόβος και το άγχος, και αποτελείται από μία ευθεία γραμμή, τα άκρα της οποία ορίζουν τη μέγιστη και την ελάχιστη ένταση του συμπτώματος, χωρίς ενδιάμεσες σημάνσεις. Ο ασθενής καλείται να εκτιμήσει και να σημειώσει ο ίδιος σε ποιο επίπεδο κυμαίνεται η ένταση του προβλήματός του¹⁹. Στη μελέτη του Melilli, τα αποτελέσματα της κλίμακας VAS παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες (laser και νήμα απώθησης), αναδεικνύοντας την στατιστικά υψηλότερη άνεση του ασθενή με το laser κυρίως λόγω της απουσίας πόνου¹⁸.

Ενδορριζικοί Άξονες

Η επιτυχία μιας προσθετικής αποκατάστασης με ενδορριζικούς άξονες υαλονημάτων ή αξόνων ενισχυμένων με ίνες επηρεάζεται άμεσα από το δεσμό που αναπτύσσεται μεταξύ άξονα και οδοντίνης. Η χρήση του

laser κατά την επεξεργασία είτε του ριζικού σωλήνα είτε της επιφάνειας του άξονα επιδρά στην ισχύ αυτού του δεσμού. Πιο συγκεκριμένα, οι Mohammadi και συν. το 2012, μετά από σύγκριση ριζών, στις οποίες ο ριζικός σωλήνας ακτινοβολήθηκε με laser Ερβίου-Χρωμίου πριν από τη συγκόλληση του άξονα με ρίζες στις οποίες δεν έγινε κάποια επιπλέον ενέργεια πριν τη συγκόλληση, κατέληξε ότι η ομάδα με το laser είχε πιο ενισχυμένο δεσμό διάτμησης (12.72 ± 6.23 MPa) από τη δεύτερη (8.5 ± 4.93 MPa)²⁰.

Μάλιστα, η χρήση διαφορετικών επιπέδων ενέργειας επιφέρει και διαφορετικά αποτελέσματα, γεγονός το οποίο διερεύνησαν οι Garcia και συν. το 2011. Μετά από επεξεργασία των ριζικών σωλήνων με διοδικό laser σε διαφορετικά επίπεδα ενέργειας και συχνότητας διαπίστωσαν ότι τα δόντια που ακτινοβολήθηκαν στα 1.5W και 100Hz ή σε συνεχή παλμό ανέπτυξαν ισχυρότερο δεσμό διάτμησης σε σχέση με εκείνα που η επεξεργασία έγινε με laser των 3.0W και 100Hz ή συνεχή λειτουργία. Η διαφορά ήταν ακόμη μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα δόντια που δεν ακτινοβολήθηκαν καθόλου²¹.

Ανάμεσα σε διαφορετικά είδη laser τα αποτελέσματα μπορούν να διαφέρουν. Έτσι, οι Nagase και συν. σε μελέτη τους το 2010, διαπίστωσαν ότι η ακτινοβολήση του ριζικού σωλήνα με laser Ερβίου-Χρωμίου, πριν την τοποθέτηση του άξονα, επηρέασε τις δυνάμεις συγκράτησης του άξονα σε ανάλογο βαθμό που τις επηρέασαν η πλήρης παράλειψη του laser και η συνδυαστική ακτινοβολήση με laser Νεοδυμίου και laser Ερβίου-Χρωμίου. Ωστόσο, το laser Νεοδυμίου, όταν χρησιμοποιήθηκε μόνο του, δεν επέφερε τόσο καλά αποτελέσματα όσο οι παραπάνω τρεις μέθοδοι²².

Το laser όμως δεν φαίνεται να υπερτερεί έναντι όλων των μεθόδων απολύμανσης του ριζικού σωλήνα. Για παράδειγμα, κατά τη σύγκριση του laser με το αέριο όζον που χρησιμοποιείται για την αναστολή του πολυπλασιασμού παθογόνων μικροοργανισμών δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη βελτίωση του αποτελέσματος. Οι Kivanç και συν. το 2012 μελέτησαν την επίδραση που έχει το αέριο όζον και το laser Νεοδυμίου όταν χρησιμοποιούνται για απολύμανση ριζικού σωλήνα που πρόκειται να δεχθεί άξονα υαλονημάτων. Δε βρέθηκε όμως στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες και στην ομάδα ελέγχου ως προς την αντοχή του δεσμού ανάμεσα στον άξονα και την οδοντίνη (αέριο όζον: 4.2MPa, laser: 4.36MPa, καμία μέθοδος: 4.58MPa). Διαφορές εντοπίστηκαν μόνο στα αυχενικά και ακρορριζικά τμήματα των ριζών στις οποίες χρησιμοποιήθηκε το laser Νεοδυμίου (5.94MPa και 3.3MPa αντίστοιχα) και σε εκείνες που υπέστησαν επιπλέον απολύμανση (6.28MPa και 3.1MPa αντίστοιχα). Η αποτυχία εντοπίστηκε κυρίως μεταξύ κοvίας-οδοντίνης (70%)²³. Παρόμοια μελέτη πραγματοποιήθηκε και από τους Bitter και συν. το 2008²⁴, οι οποίοι συνέκριναν την επίδραση του laser Ερβίου και του αερίου

όζοντος με τη χλωρεξιδίνη, όταν χρησιμοποιηθούν για απολύμανση του ριζικού σωλήνα πριν την τοποθέτηση άξονα νημάτων. Ο Bitter δεν βρήκε διαφορά ανάμεσα στις τρεις μεθόδους, αλλά κατέληξε ότι ο δεσμός εξαρτάται κυρίως από το είδος της κονίας.

Η αντοχή του δεσμού δεν επηρεάζεται μόνο από την ακτινοβολία του ριζικού σωλήνα, αλλά μπορεί να επηρεασθεί και από την εφαρμογή του laser στην επιφάνεια του άξονα. Συγκεκριμένα, οι Arslan και συν. το 2013, μετά από επεξεργασία της επιφάνειας των αξόνων με αμμοβολή και laser Ερβίου, κατέληξαν ότι όταν η επιφάνεια του άξονα επεξεργασθεί με laser Ερβίου στα 4.5W δημιουργείται ισχυρότερος δεσμός διάτμησης με την οδοντίνη ($6.76 \pm 0.9\text{MPa}$) σε σύγκριση με την αμμοβολή ($6.46 \pm 1.64\text{MPa}$), το laser Ερβίου στα 1.5W και 3.0W ($6.21 \pm 1.44\text{MPa}$ και $5.42 \pm 0.35\text{MPa}$ αντίστοιχα) και τη μηδενική επεξεργασία του άξονα ($5.26 \pm 1.35\text{MPa}$)²⁵.

Ψηφιακή Σχεδίαση και Κατασκευή του Μεταλλικού Σκελετού με την Τεχνική της Εκλεκτικής Πυροσυσσωμάτωσης (Selective Laser Sintering)

Η τεχνική της εκλεκτικής πυροσυσσωμάτωσης με laser αποτελεί μία υποσχόμενη νέα τεχνολογία κατασκευής του μεταλλικού σκελετού των προσθετικών αποκαταστάσεων, η οποία στο μέλλον ενδεχομένως να αντικαταστήσει τη συμβατική μέθοδο χύτευσης των βασικών κραμάτων^{26,27}. Η τεχνική αυτή ουσιαστικά αποτελεί μία τεχνολογία κατασκευής στερεών αντικειμένων ελεύθερης μορφής (Solid freeform fabrication) που αναπτύχθηκε από τους Deckard και Beaman στα τέλη της δεκαετίας του 1980²⁸. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τεχνολογία CAD/CAM. Οι μηχανές SFF (Solid Freeform Fabrication) κατασκευάζουν κατά στρώματα αντικείμενα όχι μόνο από μέταλλα, αλλά και από πλαστικό (πολυμερή υλικά), κεραμικά και σύνθετα υλικά. Η δέσμη του laser ακτινοβολεί την επιφάνεια μιας στενά συμπιεσμένης (κονιορτοποιημένης) σκόνης υλικού (μέταλλο ή πολυμερές υλικό) με αποτέλεσμα η θερμότητα που παράγει το laser να προκαλεί την σύντηξη των κόκκων της σκόνης εκεί όπου στοχεύει η δέσμη της ακτίνας laser. Το laser επομένως, εισάγει την ενέργεια που χρειάζεται το υλικό ώστε να μεταβεί από την μία φάση στην άλλη και να προκύψει το επιθυμητό σχήμα του αντικειμένου. Η χρήση του laser βασίζεται στις εγκάρσιες τομές που δημιουργούνται από την τρισδιάστατη ψηφιακή περιγραφή του τμήματος (αρχείο CAD). Μετά τη σάρωση κάθε εγκάρσιας τομής, το πάχος της στιβάδας της σκόνης του μεταλλικού κράματος μειώνεται κατά ένα στρώμα κι ένα καινούργιο στρώμα μετάλλου πάχους 20-60μm περίπου εφαρμόζεται στην κορυφή. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να ολοκληρωθεί το κυτό. Για την κατασκευή του μεταλλικού σκελετού χρησιμοποιούνται laser υψηλής ενέργειας όπως για παράδειγμα τα laser οπτικών ινών (Fiber laser) ή

το CO₂ laser^{26,28}. Για το CO₂ laser έχει γίνει ήδη αναφορά στο Μέρος I. Το laser οπτικών ινών περιέχει σαν ενεργό μέσο οπτικές ίνες εμπλουτισμένες με στοιχεία σπάνιων γαιών όπως έρβιο, υτέρβιο, νεοδύμιο, όλημιο, θούλιο κλπ προκειμένου να αυξηθεί η ένταση της ενέργειας της ακτινοβολίας που εκπέμπουν. Τα laser αυτά βρίσκουν πολλές βιομηχανικές εφαρμογές ενώ στον τομέα της οδοντιατρικής χρησιμοποιούνται για τη ψηφιακή κατασκευή μεταλλικών σκελετών²⁹.

Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι η τεχνική της εκλεκτικής πυροσυσσωμάτωσης με laser είναι εύκολη στην χρήση, εξοικονομεί χρόνο, μειώνει το εργαστηριακό κόστος, εξαλείφει την ανάγκη λήψης αποτυπώματος μετά την παρασκευή των οδοντικών ιστών και παράγει ακριβείς αποκαταστάσεις. Μάλιστα, για το σύστημα πυροσυσσωμάτωσης PM100, που περιλαμβάνει ένα laser οπτικών ινών ισχύος 50W και αφορά κράματα Κοβαλτίου-Χρωμίου (Co-Cr), οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι το κυτό που παράγεται είναι απόλυτα συμπαγές, με λιγότερους πόρους και παρουσιάζει βελτιωμένες ηλεκτροχημικές ιδιότητες. Υποστηρίζουν, ακόμα, ότι με το συγκεκριμένο σύστημα μπορούν να παραχθούν μέχρι 90 τεμάχια, σε κάθε κύκλο λειτουργίας²⁷.

Η αυχενική και εσωτερική εφαρμογή του μεταλλικού σκελετού στο παρασκευασμένο δόντι αποτελεί μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους κλινικής επιτυχίας μιας αποκατάστασης. Αν το οριακό και εσωτερικό κενό της αποκατάστασης είναι μεγάλο, τότε υπάρχει μικροδίοδυση μικροβίων και σάλιου, κατακράτηση μικροβιακής πλάκας με αποτέλεσμα τη δημιουργία τερηδονικών βλαβών, πολφικής και περιοδοντικής φλεγμονής. Ακόμη, ελλοχεύει ο κίνδυνος διάλυσης και κατάρρευσης της συγκολλητικής κονίας²⁷. Υπάρχει μεγάλη αντιπαράθεση όσον αφορά το αποδεκτό μέγεθος του αυχενικού/οριακού κενού των ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων. Σύμφωνα με τους McLean και Von Fraunhofer (1971)³⁰ η μέγιστη τιμή του οριακού κενού μιας μονήρους προσθετικής αποκατάστασης για να θεωρηθεί αποδεκτή πρέπει να είναι 120μm. Από την άλλη, ο Kashani και συν.(1981)³¹ αναφέρουν ότι αν η τιμή του αυχενικού κενού υπερβαίνει τα 100 μm δεν είναι αποδεκτή, ενώ οι Bindl και Mörmann (2005)³² σε μία μελέτη όπου υπολόγισαν το οριακό και εσωτερικό κενό ολοκεραμικών CAD/CAM στεφανών κατέληξαν ότι οι τιμές για το οριακό κενό πρέπει να κυμαίνονται από 17 μέχρι 43 μm και οι τιμές για το εσωτερικό κενό να κυμαίνονται από 81 μέχρι 136μm. Σε μία in vitro μελέτη των Ucar και συν (2009)²⁷ έγινε σύγκριση της εσωτερικής εφαρμογής στεφανών των οποίων ο μεταλλικός σκελετός (κράμα Co-Cr) κατασκευάστηκε με την τεχνολογία της πυροσυσσωμάτωσης με laser και στεφανών των οποίων ο μεταλλικός σκελετός κατασκευάστηκε από Co-Cr κράμα και Ni-Cr κράμα με τη συμβατική μέθοδο χύτευσης. Δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά όσον αφορά το εσωτερικό κενό ανάμεσα στις τρεις ομάδες κι έτσι οι

συγγραφείς κατέληξαν στο ότι η πυροσυσσωμάτωση του κράματος Co-Cr με laser αποτελεί μία υποσχόμενη τεχνική κατασκευής μεταλλικών σκελετών. Παρομοίως σε μία μελέτη των Quante και συν. (2008)³³ στην οποία συγκρίναν την οριακή και εσωτερική εφαρμογή μεταλλικών σκελετών που είχαν κατασκευαστεί από δύο διαφορετικά κράματα Co-Cr και Au-Pt με την τεχνική της άμεσης πυροσυσσωμάτωσης με laser (DMLS) βρήκαν ότι οι τιμές του αυχενικού και εσωτερικού κενού κυμαίνονται στο εύρος των αποδεκτών τιμών.

Γενικά, τα αποτελέσματα των ερευνών στις οποίες έγινε σύγκριση των τιμών οριακού και εσωτερικού κενού των μεταλλικών σκελετών που κατασκευάστηκαν με την τεχνική της πυροσυσσωμάτωσης με laser και των μεταλλικών σκελετών που κατασκευάστηκαν με τις συμβατικές μεθόδους χύτευσης είναι διφορούμενα. Οι Kim και συν. σε μία έρευνα που δημοσιεύθηκε το 2013³⁴ βρήκαν ότι η οριακή και εσωτερική εφαρμογή των μεταλλικών σκελετών που κατασκευάστηκαν με την τεχνική της άμεσης πυροσυσσωμάτωσης με laser ήταν σαφώς κατώτερη από αυτή των μεταλλικών σκελετών που κατασκευάστηκαν με την κλασική μέθοδο χύτευσης (τεχνική του «εξαχνωμένου κεριού»). Μάλιστα οι τιμές του οριακού και εσωτερικού κενού ήταν ελαφρώς μεγαλύτερες από τις μέγιστες αποδεκτές τιμές.

Από την άλλη όμως, οι μελέτες των Harish και συν. (2014)³⁵, Örtorp και συν. (2010)³⁶ και τέλος των Bhaskaran και συν. (2013)³⁷ έρχονται να αναιρέσουν τα αποτελέσματα των προηγούμενων ερευνών και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι μεταλλικοί σκελετοί που είχαν κατασκευαστεί με την τεχνική της άμεσης πυροσυσσωμάτωσης με laser παρουσίαζαν ανώτερα αποτελέσματα όσον αφορά την αυχενική και εσωτερική εφαρμογή των αποκαταστάσεων συγκριτικά με τις αποκαταστάσεις των οποίων ο μεταλλικός σκελετός είχε κατασκευαστεί με τις συμβατικές μεθόδους χύτευσης.

Με βάση τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι χρειάζεται ακόμα αρκετή έρευνα όσον αφορά την κατασκευή των μεταλλικών σκελετών με την τεχνική της πυροσυσσωμάτωσης με laser για να επιβεβαιωθεί κατά πόσον υπερτερεί έναντι των συμβατικών τεχνικών.

Αποκόλληση Όψεων

Μία σχετικά καινούργια και υπό διερεύνηση ακόμα εφαρμογή του laser είναι η χρήση του στην αποκόλληση των όψεων πορσελάνης. Οι όψεις πορσελάνης είναι ελάχιστα επεμβατικές προσθετικές αποκαταστάσεις που απαιτούν ελάχιστη παρασκευή δοντιού. Οι όψεις έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλείς τα τελευταία χρόνια λόγω της υψηλής αισθητικής απόδοσης που παρουσιάζουν. Παρόλα αυτά, έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής. Η συνθηότερη αιτία αποτυχίας τους είναι η ανάπτυξη τερηδόνας στα όρια

της αποκατάστασης. Άλλες καταστάσεις που οδηγούν στην αφαίρεση των όψεων είναι ο αποχρωματισμός της κονίας στα όρια, τα οριακά κατάγματα, η δημιουργία περιοδοντικών προβλημάτων, η εμφάνιση μη αντιστρεπτής πολιφίτιδας, η λανθασμένη αρχική τοποθέτηση των όψεων και η επιθυμία του ασθενή για αφαίρεσή τους επειδή δεν ικανοποιούν τις αισθητικές του αξιώσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι όψεις πρέπει να αφαιρεθούν και η αποκατάσταση θα πρέπει να ξαναγίνει από την αρχή. Ο κλασικός τρόπος αφαίρεσης των όψεων είναι το τρόχισμα με χειρολαβές υψηλών ταχυτήτων και διαμάντια. Ωστόσο, η διαδικασία αυτή είναι αρκετά χρονοβόρα και δύσκολη και ενέχει τον κίνδυνο ιατρογενούς τραυματισμού των υποκείμενων οδοντικών ιστών. Για αυτούς τους λόγους οι ερευνητές αναζήτησαν μία καινούργια μέθοδο αποκόλλησης των όψεων, χρησιμοποιώντας το laser. Επίσης, σε περίπτωση λανθασμένης αρχικής τοποθέτησης της όψης, με το laser μπορεί να αποκολληθεί χωρίς να καταστραφεί και στη συνέχεια να επανατοποθετηθεί σωστά χωρίς να χρειαστεί να επαναληφθεί.

Τα lasers χρησιμοποιούνται στην αποκόλληση των ορθοδοντικών αγκυλίων για περισσότερο από 20 χρόνια. Έτσι, οι ερευνητές αποφάσισαν να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητά τους και στην αποκόλληση των όψεων πορσελάνης, λαμβάνοντας ενθαρρυντικά αποτελέσματα³⁸. Οι Tocchio και συν. (1993) αναφέρουν ότι η αποκόλληση των ορθοδοντικών αγκυλίων με το laser Νεοδυμίου οφείλεται στην τήξη της ρητινώδους κονίας από την θερμότητα κατά την οποία το συγκολλητικό μέσο θερμαίνεται μέχρι να μαλακώσει. Επίσης, η αποκόλληση μπορεί να γίνει με θερμική διαστρωματική αφαίρεση/εκτομή (thermal ablation) ή με θερμικά επαγόμενη φωτοεκτομή (thermal induced photoablation)³⁹. Ανάλογος είναι και ο μηχανισμός αποκόλλησης των όψεων πορσελάνης³⁸. Οι Morford και συν. το 2011⁴⁰ δημοσίευσαν μία μελέτη, η οποία σχεδιάστηκε για να διερευνήσει συστηματικά την αποτελεσματικότητα του laser Ερβίου στην αποκόλληση των όψεων πορσελάνης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το laser Ερβίου αποκολλά αποτελεσματικά τις όψεις πορσελάνης χωρίς να προκαλεί βλάβη στην υποκείμενη οδοντική δομή και διατηρώντας τις όψεις ακέραιες. Η διατήρηση της ακεραιότητας των οδοντικών ιστών οφείλεται στο γεγονός ότι οι τιμές ισχύος που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 20 φορές μικρότερες από αυτές που απαιτούνται για τη διαστρωματική αφαίρεση της αδαμαντίνης και της οδοντίνης. Σε μία παρόμοια μελέτη των Iseri και συν. (2014)³⁸ βρέθηκε ότι η ακτινοβολία των όψεων με το laser Ερβίου μειώνει αποτελεσματικά την αντοχή του δεσμού διάτμησης των όψεων με τη ρητινώδη κονία, καθιστώντας την απομάκρυνσή τους από το δόντι εύκολη. Χρειάζεται όμως περαιτέρω κλινική διερεύνηση για να καθιερωθεί η χρήση του laser ως μεθόδου αποκόλλησης των όψεων.

Αδροποίηση της κεραμικής και οδοντικής επιφάνειας με Laser (Laser Etching)

Πέρα από τη συμβολή του στην αποκόλληση των όψεων πορσελάνης, το laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν μέθοδος επεξεργασίας της κεραμικής επιφάνειας, ώστε να αυξηθεί η αδρότητα της επιφάνειας και κατ' επέκταση η συγκράτηση κεραμικών όψεων, ενθέτων και επενθέτων και να ενισχυθεί ο δεσμός διάτμησης του κεραμικού με τη ρητινώδη κονία. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την βελτιστοποίηση της αντοχής του δεσμού διάτμησης κονίας – πορσελάνης όπως η αδροποίηση του κεραμικού με περιστρεφόμενα κοπτικά εργαλεία, η αμμοβολή με σωματίδια Al_2O_3 και η οξική κατεργασία της πορσελάνης με υδροφθορικό οξύ (HF). Η οξική κατεργασία με το υδροφθορικό οξύ αποτελεί μία επικίνδυνη διαδικασία τόσο για τον επεμβαίνοντα όσο και για τον ασθενή. Ο επεμβαίνων θα πρέπει να λάβει τα κατάλληλα μέτρα προστασίας για το δέρμα και τα μάτια του, ενώ το υδροφθορικό οξύ θα πρέπει να ξεπλένεται καλά για να απομακρυνθεί τελείως η περίσσειά του πριν τη συγκόλληση. Λόγω αυτών των περιορισμών η αδροποίηση με υδροφθορικό Οξύ δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποιες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα σε επιδιόρθωση κεραμικής αποκατάστασης και προτιμώνται άλλες τεχνικές. Έτσι, τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί το laser σαν μέθοδος αδροποίησης της κεραμικής επιφάνειας αλλά και της οδοντικής επιφάνειας προκειμένου να αυξηθεί η συγκράτηση των όψεων πορσελάνης⁴¹. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το laser προκαλεί μικρο-εκρήξεις κατά την εκτομή των σκληρών οδοντικών ιστών με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στην επιφάνεια της αδαμαντίνης και της οδοντίνης μικροσκοπικές και μακροσκοπικές ανωμαλίες οι οποίες αυξάνουν την αδρότητα της οδοντικής επιφάνειας και κατ' επέκταση τη μικροσυγκράτηση των αποκαταστάσεων χωρίς να χρειάζεται να γίνει οξική κατεργασία. Έχει αναφερθεί ακόμη, ότι το laser διευρύνει τα οδοντινοσωληνάρια και δημιουργεί μία άθραυστη επιφάνεια που ευνοεί ακόμα περισσότερο τη συγκόλληση των αποκαταστάσεων. Εφόσον το laser δεν προκαλεί δονήσεις, η αδροποίηση της οδοντικής επιφάνειας με αυτό είναι ανώδυνη. Τέλος, με το laser αποφεύγεται η δημιουργία μίας εκτεταμένης επιφάνειας αδροποίησης, όπως προκύπτει μετά την εφαρμογή του οξέος. Η αδροποίηση με το laser περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια της αδαμαντίνης και ο δεσμός σχηματίζεται σχετικά γρήγορα. Ένα άλλο μειονέκτημα της αδροποίησης της οδοντικής επιφάνειας με το οξύ που παρακάμπτεται χρησιμοποιώντας το laser, είναι η απασβεσίωση των οδοντικών ιστών, η οποία κάνει το δόντι ευάλωτο στις επιθέσεις των οξέων⁴². Ωστόσο, κατά την ακτινοβόληση της κεραμικής επιφάνειας με το laser προκαλούνται απότομες αλληλαγές της θερμοκρασίας κατά τις φάσεις της θέρμανσης και της ψύξης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εσωτερικές τάσεις που μπορεί να καταστρέψουν το υλικό. Για αυτό το λόγο εί-

ναι πολύ σημαντικό το laser να λειτουργεί με τις κατάλληλες παραμέτρους. Οι Gökne και συν. σε μία μελέτη το 2007⁴³, όπου χρησιμοποίησαν laser για την αδροποίηση κεραμικών δοκιμών διπυριτικού λιθίου, διαπίστωσαν ότι η αδρή επιφάνεια που προκύπτει μετά την κατεργασία με laser οφείλεται στην απομάκρυνση της υαλώδους φάσης του κεραμικού υλικού και στη διατήρηση των κρυστάλλων διπυριτικού λιθίου. Ακόμη, αναφέρουν ότι οι ρυθμίσεις υψηλότερης ενέργειας μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφή του κεραμικού υλικού. Η υψηλότερη ενέργεια προκαλεί υπερθέρμανση των επιφανειακών στοιβάδων της πορσελάνης και αποσύνδεσή της από τα κατώτερα στρώματα του κεραμικού υποστρώματος. Τα συστήματα laser που χρησιμοποιούνται τακτικά για την αδροποίηση της οδοντικής επιφάνειας είναι το CO_2 laser, το laser Νεοδυμίου, το laser Ερβίου και το laser Ερβίου-Χρωμίου⁴⁴. Σε μία μελέτη που δημοσιεύτηκε από τους Dundar και συν. το 2011⁴², όπου διερευνήθηκε η αντοχή του δεσμού διάτμησης ανάμεσα στις όψεις πορσελάνης και την οδοντική επιφάνεια που είχε αδροποιηθεί είτε μόνο με οξύ είτε μόνο με laser είτε και με τα δύο μαζί, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές όσον αφορά την αντοχή του δεσμού ανάμεσα στους σκληρούς οδοντικούς ιστούς και στις όψεις πορσελάνης. Επομένως, η αδροποίηση με το laser προτιμάται σε κάποιες περιπτώσεις έναντι της οξικής κατεργασίας, επειδή είναι μία διαδικασία εύκολη εφαρμοσίμη και λιγότερο χρονοβόρα από την οξική κατεργασία. Η ιστολογική εικόνα της οδοντικής επιφάνειας στη μελέτη αυτή έδειξε ότι το laser δημιουργεί πόρους στην οδοντική επιφάνεια όπως και η οξική κατεργασία, μόνο που στην περίπτωση του laser οι πόροι έχουν μικρότερη διάμετρο συγκριτικά με αυτούς που προκύπτουν μετά την οξική κατεργασία. Σε μία άλλη μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2013⁴⁴, οι Dilber και συν. προσπάθησαν να συγκρίνουν την αδρότητα της εσωτερικής επιφάνειας των όψεων πορσελάνης που προκύπτει μετά από διάφορες μεθόδους επιφανειακής κατεργασίας: 1) αμμοβολή με σωματίδια Al_2O_3 , 2) αμμοβολή με Al_2O_3 και ακτινοβόληση με laser Ερβίου, 3) ακτινοβόληση με laser Ερβίου, 4) οξική κατεργασία με 5% υδροφθορικό οξύ (HF) και 5) ακτινοβόληση με laser Ερβίου σε συνδυασμό με οξική κατεργασία με HF 5%. Στο τέλος, παρατήρησαν αδρότερες επιφάνειες στις ομάδες που είχαν υποβληθεί σε αμμοβολή και σε αμμοβολή μαζί με ακτινοβολία με laser ενώ δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τις τιμές αντοχής του δεσμού διάτμησης ανάμεσα στις υπόλοιπες τρεις ομάδες. Το laser λοιπόν χρησιμεύει σαν μέθοδος επιφανειακής αδροποίησης τόσο των εσωτερικών επιφανειών των όψεων όσο και των οδοντικών ιστών (αδαμαντίνη, οδοντίνη) προκειμένου να αυξηθεί η μικρομηχανική συγκράτηση της κονίας στην κεραμική επιφάνεια, αλλά και στην οδοντική επιφάνεια και να ενισχυθεί η αντοχή του δεσμού διάτμησης. Ωστόσο, η οξική κατεργασία των οδοντικών επιφανειών εξακολουθεί να αποτελεί πιο αποτελεσματική μέθοδο αδροποίησης

των οδοντικών ιστών σε σύγκριση με την αδροποίηση που επιτυγχάνουμε με το laser.

Κατά ανάλογο τρόπο το laser χρησιμοποιείται και σαν τεχνική κατεργασίας της εσωτερικής επιφάνειας των ακίνητων προσθετικών αποκαταστάσεων ζιρκονίας. Οι τεχνικές αδροποίησης που χρησιμοποιούνται είναι και πάλι η αεροαποτριβή με σωματίδια αλουμίνιας, η ακτινοβολία με laser Ερβίου ή CO₂ laser και η οξική κατεργασία με υδροφθορικό οξύ σε μικρότερο όμως βαθμό γιατί τα υψηλής αντοχής κεραμικά υλικά όπως το Y-TZP (yttrium-stabilized tetragonal zirconia) δεν έχουν υαλώδη φάση επομένως δεν είναι κατάλληλα για οξική κατεργασία. Σε αυτή την περίπτωση προτιμώνται οι άλλες τεχνικές επιφανειακής αδροποίησης⁴⁵. Οι προαναφερθείσες τεχνικές δημιουργούν μικροσκοπικούς πόρους στην επιφάνεια της ζιρκονίας, αυξάνουν την επιφάνεια επαφής και ενισχύουν τη μηχανική συγκράτηση της κονίας στην αδρή κεραμική επιφάνεια καθότι η ρητινώδης κονία ρέει ελεύθερα προς τους πόρους⁴⁶. Οι Demir και συν. σε μία μελέτη τους το 2012⁴⁵ εκτίμησαν την επιφανειακή αδρότητα και τη μορφολογία της ζιρκονίας μετά από αεροαποτριβή με κόκκους Al₂O₃ και μετά από ακτινοβολία με το laser Ερβίου σε τρεις διαφορετικές τιμές έντασης της ενέργειας (200mJ, 300mJ και 400mJ). Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν ήταν ότι η ακτινοβολία της επιφάνειας της ζιρκονίας στα 400mJ και η αεροαποτριβή μπορούν να χρησιμοποιηθούν πριν την συγκόλληση της προσθετικής αποκατάστασης για να αυξήσουν τη μικρομηχανική συγκράτηση της κονίας, με την αεροαποτριβή να αποτελεί την πιο αποτελεσματική μέθοδο. Η ακτινοβολία στα 400mJ προκάλεσε μορφολογικές αλλαγές στη ζιρκονία και πιο συγκεκριμένα τον σχηματισμό αραιών οπών, ενώ η αεροαποτριβή είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μικροσυγκρατητικών αυλάκων. Η ακτινοβολία του laser Ερβίου στα 200mJ και 300mJ δεν επηρέασε την μορφολογία της ζιρκονίας. Σε μία άλλη μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2014 οι Kasraei και συν.⁴⁷ συνέκριναν την επίδραση της επεξεργασίας της ζιρκονίας με το laser Ερβίου με αυτή του CO₂ laser στην αντοχή του δεσμού διάτμησης της κεραμικής επιφάνειας με τη ρητινώδη κονία και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι και οι δύο τύποι laser ενισχύουν την αντοχή του δεσμού διάτμησης της ζιρκονίας με τη ρητινώδη κονία, αλλά με την ακτινοβολία του CO₂ laser παρατηρούνται υψηλότερες τιμές αντοχής του δεσμού διάτμησης. Η μικροσκοπική ανάλυση έδειξε ότι το laser δημιουργεί μια αδρή επιφάνεια με λεπιδοειδή υφή και μικρορωγμές που αυξάνουν τη μικρομηχανική συγκράτηση της ρητινώδους κονίας και βελτιώνουν την αντοχή του δεσμού διάτμησης κονίας-επιφάνειας ζιρκονίας. Η ενέργεια της δέσμης ακτινοβολίας του CO₂ laser απορροφάται πλήρως από τη ζιρκονία, ενώ η ακτινοβολία του laser Ερβίου δεν απορροφάται τόσο καλά. Η αποτελεσματικότητα του laser στην αποκόλληση των όψεων πορσελάνης και η επίδραση του στην αντοχή διάτμησης χρειάζεται ακόμα διερεύνηση με περισσότερες κλινικές μελέτες³⁸. Στο Πα-

ράρτημα I γίνεται σύνοψη των κυριότερων μελετών που αφορούν την επίδραση του laser στην αποκόλληση των όψεων πορσελάνης και στην επίδραση του laser στον δεσμό διάτμησης κονίας-πορσελάνης, ενώ στον Παράρτημα II παρατίθενται τα αντίστοιχα συμπεράσματα για τις αποκαταστάσεις ζιρκονίας⁴⁰⁻⁵¹.

Εμφυτεύματα και Laser

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση των lasers στην εμφυτευματολογία είναι τα ίδια με αυτά που ισχύουν και για κάθε άλλη οδοντιατρική διαδικασία που αφορά μαλακούς ιστούς, δηλαδή αυξημένη αιμόσταση, ελάχιστη βλάβη στους γύρω ιστούς, περιορισμός οιδήματος και μόλυνσης, μειωμένος μετεγχειρητικός πόνος⁵². Κάθε μήκος κύματος παρουσιάζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά απορρόφησης. Αυτό σημαίνει ότι δεν ενδείκνυται η χρήση όλων των ειδών laser στην εμφυτευματολογία. Για παράδειγμα, η ακτινοβολία του laser Νεοδυμίου προκαλεί διάδοση θερμότητας στο οστό και πορότητα στην επιφάνεια των εμφυτευμάτων καθιστώντας την χρήση του στην εμφυτευματολογία επικίνδυνη⁵³. Από την άλλη, η ακτινοβολία του CO₂ laser δεν απορροφάται από μεταλλικές επιφάνειες και αυτό το γεγονός του δίνει το μεγάλο πλεονέκτημα να μειώνει την αύξηση της θερμοκρασίας και τη βλάβη των ιστών χωρίς να επηρεάζεται η επιφάνεια των εμφυτευμάτων. Το laser αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την χειρουργική τοποθέτηση των εμφυτευμάτων για την πραγματοποίηση της οστεοτομής αντί της κλασσικής χειρολαβής⁵⁴.

Το πρωτόκολλο τοποθέτησης εμφυτευμάτων δύο σταδίων υπαγορεύει την χειρουργική αποκόλληση του εμφυτεύματος, αναμονή δύο περίπου εβδομάδων για επούλωση των ιστών και σε επόμενο στάδιο τη λήψη των αποτυπωμάτων. Η χρήση του laser μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία και στην ίδια συνεδρία να γίνει η αποκόλληση του εμφυτεύματος και η λήψη του αποτυπώματος. Όλα τα είδη laser είναι κατάλληλα για την αποκόλληση των εμφυτευμάτων⁵⁵. Η ελάχιστη συρρίκνωση των ιστών εξασφαλίζει την διατήρηση του ύψους και της μορφολογίας τους, το οποίο συμβάλλει σημαντικά στην επίτευξη καλύτερου αισθητικού και λειτουργικού αποτελέσματος της αποκατάστασης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην πρόσθια αισθητική ζώνη⁵⁶. Τα lasers μειώνουν την καταπόνηση και τον τραυματισμό των ιστών κατά τη δημιουργία του κρημού και τη συρραφή⁵⁷. Ασθενείς με αιματολογικές διαταραχές και αιμορραγικές διαθέσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν με laser σε οστικές επεμβάσεις και τοποθέτηση εμφυτευμάτων με ικανοποιητική αιμόσταση⁵².

Στη βιβλιογραφία επισημαίνεται ακόμη η χρήση των lasers και συγκεκριμένα των laser Ερβίου και CO₂ laser, στην απολύμανση της επιφάνειας των εμφυτευμάτων από το μικροβιακό φορτίο και η συμβολή τους στην θεραπεία της περιεμφυτευματίτιδας⁵⁸. Έχει βρεθεί ότι η ακτινοβολία της επιφάνειας τιτανίου με το CO₂ laser αυξάνει την

πρόσφυση των οστεοβλαστών στην επιφάνεια των εμφυτευμάτων και τον οστικό σχηματισμό⁵⁹. Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ακτινοβολία του laser μπορεί να λειτουργήσει επικουρικά σε συνδυασμό με την μηχανική απομάκρυνση της μικροβιακής πλάκας από την επιφάνεια των εμφυτευμάτων δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με τη συμβατική θεραπεία μόνο (μηχανική αποτρίγωση)⁵⁸. Η επεξεργασία με laser της επιφάνειας των εμφυτευμάτων δημιουργεί μοναδικά επιφανειακά χαρακτηριστικά και συγκεκριμένα μία σειρά περιφερικών διόδων σε μέγεθος όσο ενός κυττάρου, ιδανικό για την πρόσφυση και την οργάνωση τόσο των οστεοβλαστών όσο και των ινοβλαστών. Αυτή η πρόσφυση δημιουργεί έναν βιολογικό φραγμό γύρω από το μυλικό τμήμα του εμφυτεύματος που αποτρέπει την ακρορριζική μετανάστευση του επιθηλιακού και συνδετικού ιστού και διασφαλίζει τη σταθερότητα και την υγεία του φατνιακού οστού. Αυτή η τεχνική επιφανειακής κατεργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα διαβληνογόνια στηρίγματα. Η σταθερότητα του βιολογικού εύρους πρόσφυσης επηρεάζεται αρνητικά από την ασταθή σύνδεση εμφυτεύματος-διαβληνογόνιου κολοβώματος επιφέροντας μία μικροκιντικότητα του κολοβώματος κατά τη λειτουργία και ιδανικές συνθήκες για τον αποικισμό και τον πολυπληθιασμό αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι διαταράσσουν την υγεία των περιεμφυτευματικών ιστών. Η κατεργασία λοιπόν του διαβληνογόνιου κολοβώματος με laser χαμηλής ενέργειας προάγει την πρόσφυση των ινών του συνδετικού ιστού στο αυχενικό τμήμα του εμφυτεύματος και τη βάση του κολοβώματος και τη δημιουργία ενός περισσότερο σταθερού και άρα προστατευτικού φραγμού από περιεμφυτευματικούς μαλακούς ιστούς. Αυτό έχει ως τελικό αποτέλεσμα τη διατήρηση του επιπέδου του περιεμφυτευματικού φατνιακού οστού^{60,61}.

Συζήτηση -Συμπεράσματα:

- Το laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χειρουργική επιμήκυνση κλινικής μύλης, ουλεκτομή, ουλοπλαστική, χαλινεκτομή και αφαίρεση εξοστώσεων, στα πλαίσια της προ-προσθητικής χειρουργικής, προσφέροντας τη δυνατότητα ελέγχου των χειρισμών, αιμόσταση, ομαλή και ταχεία επούλωση.
- Όταν το laser εφαρμόζεται για την απώθηση των ούλων πριν την αποτύπωση, συντομεύει το σύνολο της διαδικασίας, προκαλεί αιμόσταση και είναι καλύτερα ανεκτό από τον ασθενή σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τεχνικές. Χρειάζεται όμως να διεξαχθούν περισσότερες σχετικές μελέτες.
- Ο δεσμός διάτμησης μεταξύ ενός ενδορριζικού άξονα και του ριζικού σωλήνα μπορεί να ενισχυθεί με την ακτινοβολία είτε του ριζικού σωλήνα είτε της επιφάνειας του ίδιου του άξονα. Η ένταση της ενέργειας και το είδος του laser είναι παράγοντες που επηρεάζουν τον παραπά-

νω δεσμό. Σε σύγκριση όμως με το αέριο όζον, δεν φαίνεται να υπάρχουν σημαντικές διαφορές.

- Όσον αφορά την τεχνική της εκλεκτικής πυροσυσσωμάτωσης με laser φαίνεται να αποτελεί μία πολύ υποσχόμενη τεχνική κατασκευής μεταλλικών σκελετών που εξοικονομεί χρόνο και κόστος καθώς και την ανάγκη λήψης τελικού αποτυπώματος μετά την παρασκευή των δοντιών. Οι περισσότεροι συγγραφείς καταλήγουν στο ότι η οριακή καθώς και η εσωτερική εφαρμογή των αποκαταστάσεων των οποίων ο μεταλλικός σκελετός κατασκευάζεται με αυτήν την τεχνική είναι συγκρίσιμες με τις αποκαταστάσεις που προκύπτουν από τη συμβατική τεχνική της χύτευσης. Ωστόσο, δεν υπάρχει πλήρης ομοφωνία στην υπάρχουσα βιβλιογραφία.

- Η τεχνολογία του laser δεν μας επιτρέπει ακόμη την παρασκευή δοντιού για προσθητικές αποκαταστάσεις χωρίς την χρήση συμβατικών μέσων. Η δυνατότητα κοπής μόνο από το άκρο του tip καθιστά εξαιρετικά δύσκολο τον αξονικό τροχισμό και την επίτευξη σωστής κλίσης στην παρασκευή.

- Η σάρωση των οδοντικών επιφανειών καθώς και της εσωτερικής επιφάνειας κεραμικών αποκαταστάσεων αυξάνει την αντοχή του δεσμού διάτμησης τόσο της κονίας με τους οδοντικούς ιστούς όσο και της κονίας με τις κεραμικές αποκαταστάσεις δημιουργώντας αδρές επιφάνειες που φέρουν μικροσκοπικές και μακροσκοπικές ανωμαλίες με τελικό επακόλουθο την αύξηση της μικρομηχανικής συγκράτησης των αποκαταστάσεων στο δόντι. Παρόλα αυτά, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση προκειμένου να καθιερωθεί επίσημα ως τεχνική επιφανειακής κατεργασίας/αδροποίησης.

- Από την άλλη, αρκετές μελέτες κάνουν λόγο για τη δυνατότητα της «ατραυματικής» αποκόλλησης όψεων πορσελάνης με laser χωρίς να καταστρέφεται η αποκατάσταση και χωρίς να θυσιάζεται μεγάλη ποσότητα οδοντικών ιστών. Με τη διαδικασία της θερμικά επαγόμενης φωτοεκτομής η συγκολλητική κονία θερμαίνεται και «μαλακώνει» με αποτέλεσμα στο τέλος να διαλύεται και να επιτυγχάνεται η αποκόλληση των όψεων πορσελάνης από το δόντι. Η έρευνα στον τομέα αυτό βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο, οπότε απαιτούνται κι άλλες μελέτες για να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε οριστικά συμπεράσματα.

- Στην προσθητική επί εμφυτευμάτων τα συστήματα laser δείχνουν πολύ καλά αποτελέσματα μειώνοντας τον χρόνο επούλωσης και διατηρώντας την μορφολογία των ιστών έτσι ώστε να επιτευχθεί πιο γρήγορο και ικανοποιητικό θεραπευτικό αποτέλεσμα. Επιπρόσθετα, η ακτινοβολία της επιφάνειας του εμφυτεύματος, αλλά και του διαβληνογόνιου κολοβώματος, δημιουργεί συνθήκες απολύμανσης, συμβάλει στη θεραπεία της περιεμφυτευματίτιδας, προωθεί την οστεοενσωμάτωση και δίνει το έναυσμα για το σχηματισμό ενός προστατευτικού φραγμού που διατηρεί το επίπεδο του περιβάλλοντος φατνιακού οστού σταθερό.

Παράρτημα Ι: Οι κυριότερες μελέτες που αφορούν την επίδραση του laser στην αποκόλληση των όψεων πορσελάνης και στην επίδραση του laser στον δεσμό διάτμησης κονίας-πορσελάνης.

Συγγραφείς-Έτος	Στόχος μελέτης	Περιγραφή μελέτης – Υλικά & Μέθοδοι	Συμπεράσματα
Iseri et al, 2014	Υπολογισμός της δύναμης που απαιτείται για αποκόλληση ολθοκεραμικών όψεων μετά από τη χρήση του Er:YAG laser.	Κυλινδρικά κεραμικά δοκίμια προσκολλήθηκαν σε 60 κάτω τομείς ελεύθερους τερηδόνας. Πειραματική ομάδα: εφαρμόστηκε ER:YAG laser κάθετα προς την όψη σε απόσταση 2mm για 9s, ώστε να αποκολληθεί η όψη πορσελάνης. Ομάδα ελέγχου: δεν εφαρμόστηκε laser.	Er:YAG laser: 1. Αποτελεσματικό για την αποκόλληση των όψεων πορσελάνης. 2. Αποτελεσματική μείωση της αντοχής του δεσμού διάτμησης των όψεων πορσελάνης.
Morford et al, 2011	Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του Er:YAG laser στην αποκόλληση όψεων πορσελάνης χωρίς την πρόκληση βλάβης στο δόντι ή στην πορσελάνη.	Με φασματοσκόπηση υπολογίστηκε ποιο μήκος κύματος από το υπέρυθρο φάσμα της ακτινοβολίας διαδίδεται μέσω της πορσελάνης. 24 όψεις πορσελάνης συγκολλήθηκαν σε προσφάτως εξαχθέντες τομείς που παρασκευάστηκαν για όψεις και προσδιορίστηκε η ενέργεια και ο χρόνος που απαιτείται για την ολική αποκόλληση της όψης. Η οδοντική δομή εξετάστηκε με μικροσκόπιο φωτός για τυχόν ζημιές που προκλήθηκαν κατά την αποκόλληση.	Η ακτινοβολία του Er:YAG laser αποκολλά αποτελεσματικά τις όψεις πορσελάνης, διατηρώντας την οδοντική δομή ακεραία. Η ακεραιότητα των όψεων πορσελάνης πιθανόν οφείλεται στην αντοχή που παρουσιάζουν στην κάμψη.
Oztoprak et al, 2011	Να προσδιοριστεί ο χρόνος που απαιτείται για την αποκόλληση όψεων πορσελάνης με Er:YAG laser και να συγκριθεί η αντοχή του δεσμού διάτμησης σε 3 διαφορετικούς χρόνους εφαρμογής του Er:YAG laser.	80 κυλινδρικά κεραμικά δοκίμια από Empress II, συγκολλήθηκαν προστομακά, με κονία Variolink II (Ivoclar Vivadent AG, Schaan Liechtenstein), σε κάτω τομείς που εξήχθησαν από βόδια. 4 ομάδες: Στην ομάδα ελέγχου: όχι Er:YAG laser, ενώ στις άλλες 3 εφαρμόστηκε για 3s, 6s και 9s αντίστοιχα. Χρησιμοποιήθηκε μέθοδος σάρωσης (scanning) και Instron Universal Testing Machine για να εξεταστεί η αντοχή του δεσμού διάτμησης.	Η αντοχή του δεσμού διάτμησης ήταν αξιοσημείωτα πιο χαμηλή στις ομάδες που υποβλήθηκαν στην ακτινοβολία του Er: YAG laser και για τους 3 χρόνους. Το laser αποκολλά αποτελεσματικά τις όψεις, μαλακώνοντας την κονία.
Kursoglu et al, 2013	Προσδιορισμός της επίδρασης της αδροποίησης με Υδροφθορικό (HF) οξύ και της ακτινοβολίας με Er,Cr: YSGG laser στην αντοχή του δεσμού διάτμησης της ρητινώδους συγκολλητικής κονίας με την κεραμική επιφάνεια από διπυριτικό λίθιο.	Δείγμα 55 κεραμικών blocks χωρίστηκε σε 5 ομάδες. 1 ^η : Οξική κατεργασία με Υδροφθορικό οξύ. 2 ^η , 3 ^η και 4 ^η ομάδα: Er:YAG laser για 60 sec με ισχύ εξόδου 1.5watts, 2.5W και 6W αντίστοιχα. 5 ^η ομάδα: όχι επεξεργασία της κεραμικής επιφάνειας. Ένα δείγμα από κάθε ομάδα εξετάστηκε στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Συνθετικοί κύλινδροι συγκολλήθηκαν στις κεραμικές επιφάνειες με ρητινώδη κονία και υπολογίστηκε η αντοχή του δεσμού διάτμησης με μία Universal Testing machine με σταθερή ταχύτητα 1mm/min.	Η ακτινοβολία του Er,Cr: YSGG laser με ισχύ εξόδου 1.5W και 2.5W αυξάνει την αντοχή του δεσμού διάτμησης ανάμεσα στη ρητινώδη κονία και την κεραμική επιφάνεια διπυριτικού λίθιου σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου που δεν υπέστη επεξεργασία. Η ισχύς των 6W πιθανώς δεν αποτελεί αποτελεσματική τεχνική επεξεργασίας της κεραμικής επιφάνειας, διότι οι υψηλότερες τιμές της ισχύος εξόδου μειώνουν την αντοχή του δεσμού ανάμεσα στις ολθοκεραμικές αποκαταστάσεις και τη ρητινώδη κονία. Η αδροποίηση της κεραμικής επιφάνειας με HF οξύ αυξάνει την αντοχή του δεσμού διάτμησης ανάμεσα στην κεραμική επιφάνεια και τη ρητινώδη κονία περισσότερο από ότι η επεξεργασία του κεραμικού με το laser.
Dundar et al, 2010	Να εκτιμηθεί η αντοχή του δεσμού διάτμησης ανάμεσα στις όψεις πορσελάνης και τις οδοντικές επιφάνειες που αδροποιήθηκαν με οξύ και laser είτε ξεχωριστά είτε σε συνδυασμό.	Δείγμα 60 τομών χωρίστηκε τυχαία σε 4 ομάδες, με βάση τη μέθοδο αδροποίησης. 1 ^η ομάδα: φωσφορικό οξύ 37%. 2 ^η ομάδα: Er,Cr:YSSG laser και μετά οξύ. 3 ^η ομάδα: οξύ και μετά laser. 4 ^η ομάδα: Er,Cr:YSSG laser. Κατασκευάστηκαν 60 κυλινδρικά δοκίμια από IPS Empress II και συγκολλήθηκαν στις αδροποιημένες επιφάνειες με ρητινώδη κονία διπλού πολυμερισμού. Ακολούθησαν δοκιμές αντοχής του δεσμού διάτμησης με testing machine και εξέταση της κεραμικής επιφάνειας με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).	Δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεθόδων αδροποίησης που εξετάστηκαν εδώ. Αυτό σημαίνει ότι το laser μπορεί να προτιμάται από την αδροποίηση με οξύ. Επίσης, τα δεδομένα φανερώνουν ότι η σειρά με την οποία εφαρμόζονται το οξύ και το laser στις θεραπείες που χρησιμοποιούνται συνδυαστικά έχει σημασία.

<p>Dilber et al, 2012</p>	<p>Να εκτιμηθεί η επίδραση διαφορετικών τεχνικών επεξεργασίας της επιφάνειας στην επιφανειακή αδρότητα 2 κεραμικών συστημάτων: α) σε κεραμικά διπυριτικού λιθίου και β) σε αστριούχα κεραμικά.</p>	<p>Κατασκευάστηκαν 50 δίσκοι από διπυριτικό λιθίο και 50 αστριούχοι κεραμικοί δίσκοι. Κάθε κεραμικό σύστημα χωρίστηκε σε 5 ομάδες, με βάση τη μέθοδο κατεργασίας της κεραμικής επιφάνειας. Ομάδα SB: αμμοβολή με σωματίδια Al_2O_3. Ομάδα SB-L: αμμοβολή και Er:YAG laser. Ομάδα L: Er:YAG laser. Ομάδα HF: οξική κατεργασία με 5% HF Ομάδα HF-L: αδροποίηση με HF οξύ 5% και ακτινοβολήση με Er:YAG laser. Υπολογισμός της αδρότητας της επιφάνειας με προφιλόμετρο και εξέταση των δειγμάτων με AFM (atomic force microscopy).</p>	<p>Τα δείγματα που υποβλήθηκαν σε αμμοβολή ή σε συνδυασμό αμμοβολής και ακτινοβολίας με Er:YAG laser παρουσίασαν αδρότερες επιφάνειες από τα δείγματα που υποβλήθηκαν στις άλλες μεθόδους (οξική κατεργασία, ακτινοβολήση με laser ή συνδυασμός οξικής κατεργασίας με laser). Όχι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων HF, HF-L και L.</p>
<p>Gökçe et al, 2007</p>	<p>Να διαπιστωθεί κατά πόσο η επεξεργασία της κεραμικής επιφάνειας με το laser μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική τεχνική της χημικής αδροποίησης με Υδροφθορικό Οξύ.</p>	<p>Δείγμα 110 ολοκεραμικών δοκιμίων διπυριτικού λιθίου χωρίστηκε σε 5 ομάδες: 1^η ομάδα: Καθόλου επεξεργασία. 2^η ομάδα: οξική κατεργασία της κεραμικής επιφάνειας με HF οξύ 9.5%. Στην 3^η, 4^η και 5^η ομάδα: χρησιμοποιήθηκε Er:YAG laser με ισχύ 300 mJ, 600 mJ και 900 mJ αντίστοιχα. 10 δείγματα από κάθε ομάδα συγκολλήθηκαν σε άλλα 10 με κόνια διπλού πολυμερισμού. Έγινε Τεστ αντοχής του δεσμού διάτμησης και εξέταση με SEM.</p>	<p>Η οξική κατεργασία με το Υδροφθορικό Οξύ 9.5% και η εφαρμογή του λέιζερ στα 300mJ αυξάνουν την αντοχή του δεσμού διάτμησης. Όσο αυξάνει η ισχύς των laser, αυξάνει και η μέση τιμή της αντοχής του δεσμού διάτμησης. Εντούτοις, απαιτείται περεταίρω διερεύνηση όσον αφορά τις τιμές ισχύος των laser που απαιτούνται.</p>

Παράρτημα II: Οι κυριότερες μελέτες που αφορούν την επίδραση του laser στην αποκόλληση των αποκαταστάσεων ζirkονίας και στην επίδραση του laser στον δεσμό διάτμησης κόνιας-ζirkονίας.

Συγγραφείς-Έτος	Στόχος μελέτης	Περιγραφή μελέτης	Πειραματικές μέθοδοι	Συμπεράσματα
Demir et al, 2012	Σύγκριση της επιφανειακής αδρότητας και των μορφολογικών αλλαγών των επιφανειών ζirkονίας που δεν είχαν υποστεί επεξεργασία με τις επιφάνειες ζirkονίας που υποβλήθηκαν σε αεροσποτρίβη ή σε ακτινοβολία του Er:YAG laser, σε διαφορετικές εντάσεις ενέργειας.	50 δοκίμια ζirkονίας από Y-TZP υποβλήθηκαν σε επιφανειακή επεξεργασία. Ανάλογα με τη μέθοδο επιφανειακής επεξεργασίας που εφαρμόστηκε, το δείγμα χωρίστηκε σε 5 ομάδες (n=10). Ομάδα ελέγχου: καθόλου επεξεργασία. 2 ^η , 3 ^η και 4 ^η ομάδα: Er:YAG laser σε 3 διαφορετικές τιμές έντασης της ισχύος στα 200, 300 και 400 mJ αντιστοίχως. 5 ^η ομάδα: αεροσποτρίβη με σωματίδια Al ₂ O ₃ . Ακολούθησε εξέταση στο μικροσκόπιο.	-AFM (Atomic Force Microscopy) -SEM (Scanning Electron Microscopy)	Το Er:YAG laser στα 400mJ και η αεροσποτρίβη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τεχνικές επεξεργασίας της επιφάνειας της ζirkονίας για την απόκτηση μικρομηχανικής συγκράτησης πριν τη συγκόλληση. Εντούτοις, η αεροσποτρίβη είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος επιφανειακής κατεργασίας.
Murthy et al, 2014	Αξιολόγηση της επίδρασης 4 τεχνικών κατεργασίας της επιφάνειας στην αντοχή του δεσμού διάτμησης μεταξύ ζirkονίας και ρητινώδους κόνιας.	25 επίπεδα δείγματα ζirkονίας παρασκευάστηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές ISO και χωρίστηκαν σε 5 ομάδες. 1 ^η ομάδα: Όχι επιφανειακή κατεργασία. 2 ^η ομάδα: Αμμοβολή με σωματίδια αλουμίνας διαμέτρου 110μm. 3 ^η ομάδα: Αμμοβολή με σωματίδια αλουμίνας διαμέτρου 250μm. 4 ^η ομάδα: Οξική κατεργασία με Υδροφθορικό οξύ 9.6% 5 ^η ομάδα: Ακτινοβολία της επιφάνειας με Laser CO ₂ . Ακολούθησαν τεστ αντοχής του δεσμού διάτμησης.	Τεστ αντοχής του δεσμού διάτμησης με universal testing machine.	Το CO ₂ laser φαίνεται να αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο επιφανειακής επεξεργασίας, η οποία αυξάνει την αντοχή του δεσμού διάτμησης.
Cavalcanti et al, 2009	Να εκτιμηθεί η επίδραση διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας της επιφάνειας και διαφόρων primers μετάλλου στην αντοχή του δεσμού διάτμησης των ρητινώδων κονιών με το κεραμικό υλικό Y-TZP.	240 πλάκες χωρίστηκαν τυχαία σε 24 ομάδες ανάλογα με το συνδυασμό της μεθόδου επιφανειακής επεξεργασίας (1. Καμία μέθοδος, 2. Αεροσποτρίβη με σωματίδια Al ₂ O ₃ , 3. Ακτινοβολία με Er:YAG laser), του μεταλλικού primer (1. Καβένα, 2. Alloy Primer, 3. Metal Primer II ή Metaltite) και της ρητινώδους κόνιας: Calibra (Bis-GMA-based) ή Panavia F2.0 (MDP-based). Στη συνέχεια εξετάστηκε η αντοχή του δεσμού διάτμησης.	-Τεστ αντοχής του δεσμού διάτμησης με μία μηχανή φόρτισης load testing machine. -Εξέταση με Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης.	Οι μέθοδοι επιφανειακής επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκαν και η εφαρμογή των metal primers επηρέασαν σημαντικά την αντοχή του δεσμού ζirkονίας-κόνιας. Ο συνδυασμός της αεροσποτρίβης με σωματίδια Al ₂ O ₃ διαμέτρου 50μm με την εφαρμογή μεταλλικού primer μπορεί να επιδράσει συνεργικά στο δεσμό οδοντίνης-ζirkονίας. Η Bis-GMA κόνια παρουσίασε έναν ισχυρότερο άμεσο δεσμό με τις επεξεργασμένες επιφάνειες από ό,τι η MDP-based κόνια. Και οι 2 κόνιες είχαν παρόμοια συμπεριφορά σε μη επεξεργασμένες επιφάνειες.
Kasraei et al, 2014	Εκτίμηση της επίδρασης του CO ₂ laser και του Er:YAG laser (που χρησιμοποιήθηκαν για επεξεργασία της επιφάνειας της ζirkονίας) στην αντοχή του δεσμού διάτμησης ζirkονίας-ρητινώδους κόνιας.	45 δίσκοι ζirkονίας χωρίστηκαν τυχαία σε 3 ομάδες (n=15), με βάση την τεχνική επιφανειακής κατεργασίας που χρησιμοποιήθηκε. Ομάδα CNT: Καμία επεξεργασία. Ομάδα COL: CO ₂ laser. Ομάδα EYL: Er:YAG laser. Στη συνέχεια δίσκοι σύνθετης ρητίνης συγκολλήθηκαν στους δίσκους ζirkονίας με ρητίνη διπλού πολυμερισμού. Ακολούθησε τεστ αντοχής του δεσμού διάτμησης.	-Τεστ αντοχής του δεσμού διάτμησης με Universal testing machine. -Εξέταση με στερεομικροσκόπιο.	Η επεξεργασία της επιφάνειας της ζirkονίας με CO ₂ laser και Er:YAG laser βελτιώνει την αντοχή του δεσμού διάτμησης της ζirkονίας με τη ρητινώδη κόνια με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στα δείγματα που ακτινοβολήθηκαν με το CO ₂ laser. Η SEM ανάλυση έδειξε ότι κάποια από τα δείγματα που ακτινοβολήθηκαν με CO ₂ laser παρουσίασαν ρωγμές στην κεραμική επιφάνεια, ενώ η κεραμική επιφάνεια που ακτινοβολήθηκε με Er:YAG laser παρουσίαζε λειοδαγμάτωση.

				εμφάνιση αυξάνοντας την επιφανειακή αδρότητα.
Kasraei et al, 2014	Αξιολόγηση της επίδρασης του CO ₂ laser στην αντοχή του δεσμού διάτμησης ζιρκονίας-ρητινώδους κονίας.	30 δίσκοι ζιρκονίας διαμέτρου 6mm και πάχους 2mm. Το δείγμα χωρίστηκε τυχαία σε 2 ομάδες (n=15). 1η ομάδα: καμία επεξεργασία στην επιφάνεια της ζιρκονίας, 2 ^η ομάδα: αδροποίηση της επιφάνειας της ζιρκονίας με CO ₂ laser.	Τεστ αντοχής του δεσμού διάτμησης με mechanical testing machine.	Η αδροποίηση της επιφάνειας της ζιρκονίας με CO ₂ laser αυξάνει την αντοχή του δεσμού διάτμησης μεταξύ ζιρκονίας και ρητινώδους κονίας.
Kirmali et al, 2014	Μελέτη της επιφανειακής αδρότητας και των μορφολογικών αλλαγών που δημιουργούνται στην επιφάνεια του ZrO ₂ (πριν την σύντηξη) μετά από αμμοβολή και από ακτινοβολή με Er,Cr: YSGG laser διαφορετικών εντάσεων.	Κατασκευάστηκαν 80 κύλινδροι ZrO ₂ και χωρίστηκαν σε 8 ομάδες. 1 ^η ομάδα: καμία επεξεργασία. 2 ^η ομάδα: αμμοβολή με κόκκους Al ₂ O ₃ . Στις επόμενες 6 ομάδες: Er,Cr: YSGG laser με τιμές ενεργειακής έντασης από 1W έως 6W αντίστοιχα.	Η μέση επιφανειακή αδρότητα εξετάστηκε με προφιλόμετρο και οι μορφολογικές αλλαγές με Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM).	Οι υψηλότερες τιμές επιφανειακής αδρότητας παρατηρήθηκαν στην ομάδα των 6W, ακολουθεί η ομάδα των 5W, 4W, 3W, 2W, η ομάδα στην οποία έγινε αμμοβολή, και τέλος η ομάδα του 1 W και η ομάδα ελέγχου. Η ακτινοβολία του Er,Cr: YSGG στα 4-6W/20Hz επηρεάζει σημαντικά την επιφανειακή αδρότητα της Ζιρκονίας σε σχέση με τις άλλες μεθόδους επεξεργασίας.

Βιβλιογραφία

- Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby lasers. *Nature*. 1960; 187:493.
- Coluzzi DJ, Convissar RA. *Atlas of Laser Applications in Dentistry*. Quintessence Publishing Co, Inc 2007; viii.
- Gounder R, Gounder S. Laser Science and its Applications in Prosthetic Rehabilitation. *J Lasers Med Sci* 2016 Autumn;7(4):209-213.
- Adams TC, Pang PK. Lasers in aesthetic dentistry. *Dent Clin N Am*. 2004;48:833-860.
- Lagdive SB, Lagdive SS, Marawar PP, Bhandari AJ, Darekar A, Saraf V. Surgical lengthening of the clinical tooth crown by using semiconductor diode laser: A case series. *J Oral Laser Applications* 2010; 10(1): 53-57
- Lowe RA. Minimally invasive dentistry combined with laser gingival plastic surgery. *Den Today* 2008; 27(8): 102, 104-5
- Lee EA. Laser-assisted gingival tissue procedures in esthetic dentistry. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006; 18(9): suppl 2-6
- Bhawar SV, Rathi DD. LASER assisted crown lengthening procedure-A case report. *J Dent Lasers* 2010;4(1): 20-3
- Mazunder D, Das U. Use of Er,Cr:YSGG laser in crown lengthening and esthetic soft tissue recontouring – Case reports. *J Dent Lasers* 2009;3: 6-9
- Haytac MC, Ozcelik O. Evaluation of patient perceptions after frenectomy operations: A comparison of Carbon Dioxide Laser and scalpel techniques. *J Periodontol* 2006;77(11):1815-9
- Gargari M, Autili N, Petrone A, Prete V. Using the diode laser in the lower labial frenum removal. *Oral Implantol (Rome)* 2012; 5(2-3): 54-7
- Koceja MK. Atraumatic laser excision and ablation of mandibular tori. *Dent Today* 2010;29(6): 72, 74
- Rocca JP, Raybaud H, Merigo E, Vescovi P, Fornaini C. Er:YAG laser: A new technical approach to remove torus palatinus and torus mandibularis. *Case Rep Dent* 2012; 2012: 487802. <https://doi.org/10.1155/2012/487802>.
- Gupta A, Jain N, Makhija PG. Clinical applications of 980nm diode laser for soft tissue procedures in prosthetic restorative dentistry. *J Lasers Med Sci* 2012; 3(4): 185-8.
- Gherlone EF, Maiorana C, Grassi RF, Ciancaglini R, Cattoni R. The use of 980-nm diode and 1064-nm Nd:YAG laser for gingival retraction in fixed prostheses. *J Oral Laser Applications* 2004; 4: 183-190
- Scott A. Use of erbium laser in lieu of retraction cord: A modern technique. *Gen Dent* 2005;53: 116-9
- Krishna CV, Gupta N, Reddy KM, Sekhar NC, Aditya V, Reddy GV. Laser gingival retraction: A quantitative assessment. *J Clin Diagn Res* 2013; 7(8): 1787-8
- Melilli et al. Gingival displacement using diode laser or retraction cords: A comparative clinical study. *Am J Dent* 2018 Jun;31(3):131- 134.
- Kos D, Raeymaekers J, Van Remoortel A, D'hooghe MB, Nagels G, D'Haeseleer M, et al. Electronic visual analogue scales for pain, fatigue, anxiety and quality of life in people with multiple sclerosis using smartphone and tablet: a reliability and feasibility study. *Clin Rehabil*. 2017 Sep;31(9):1215-25.
- Mohammadi N, Oskoe SS, Kahn moui MA, Bahari M, Kimyai S, Rikhtegaran S. Effect of Er, Cr:YSGG pretreatment on bond strength of fiber posts to root canal dentin using a self-adhesive resin cement. *Lasers Med Sci* 2013; 28(1): 65-9
- Garcia FL, Naves LZ, Farina AP, Walker CM, Consani S, Pires-de-Souza CF. The effect of a 980 nm diode laser with different parameters of irradiation on the bond strength of fiberglass posts. *Gen Dent* 2011;59(1):31-7
- Nagase DY, de Freitas PM, Morimoto S, Oda M, Vieira GF. Influence of laser irradiation on fiber post retention. *Lasers Med Sci* 2011; 26(3): 377-80
- Kıvanç BH, Arısu HD, Özcan S, Görgül G, Alanam T. The effect of the application of gaseous ozone and ND:YAG laser on glass-fibre post bond strength. *Aust Endod J* 2012; 38(3): 118-23
- Bitter K, Noetzel J, Volk C, Neumann K, Kielbassa AM. Bond strength of fiber posts after the application of Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet laser treatment and gaseous ozone to the root canal. *J Endod* 2008; 34(3): 306-9
- Arslan H, Kurklu D, Ayrancı LB, Barutçigil C, Yılmaz CB, Karatas E et al. Effects of post surface treatments including Er:YAG laser with different parameters on the pull-out bond strength of the fiber posts. *Lasers Med Sci* 2014; 29(5): 1569-74
- Akova T, Ucar Y, Tukay AI, Balkaya MC, Brantley WA. Comparison of the bond strength of laser- sintered and cast base metal dental alloys to porcelain. *Dental Materials* 2008;24(10):1400-4.
- Ucar Y, Akova T, Akyil MS, Brantley WA. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental crown fabrication technique: Laser-Sintered Co-Cr Crowns. *J Prosthet Dent* 2009;102(4):253-9.
- Venkatesh KV, Nandini V. Direct Metal Laser Sintering: A Digitized Metal Casting Technology. *J Indian Prosthodont Soc* 2013;13(4):389-92.
- Knight JC. Photonic crystal fibers and fiber lasers. *J Opt Soc Am B* 2007;24(8):1661-8
- McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971; 131:107-11.
- Kashani HG, Khera SC, Gulker IA. The effects of bevel angulation on marginal integrity. *J Am Dent Assoc* 1981; 103: 882-5.
- Bindl A, Mörman WH. Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown copings on chamfer preparations. *J Oral Rehabil* 2005; 32(6): 441-7.
- Quante K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dental Materials* 2008; 24(10):1311-5.
- Kim KB, Kim WC, Kim HY, Kim JH. An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system. *Dental Materials* 2013; 29(7): e91-e96.
- Harish V, Mohamed Ali SA, Jagadesan N, Ifthikar M, Senthil S, Basak D, et al. Evaluation of Internal and Marginal Fit of Two Metal Ceramic System-In Vitro Study. *J Clin Diagn Res* 2014;8(12):53-6.
- Örtorp A, Jönsson D, Mouhsen A, Von Steyern PV. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: A comparative study. *Dental Materials*. 2011;27(4):356-63.
- Bhaskaran E, Azhagarasan NS, Miglani S, Ilango T, Krishna P, Gajapathi B. Comparative Evaluation of Marginal and Internal Gap of Co-Cr Copings Fabricated from Conventional Wax Pattern, 3D Printed Resin Pattern and DMLS Tech: An In Vitro Study. *J Indian Prosthodont Soc* 2013;13(3):189-95.
- Iseri U, Oztoprak MO, Ozkurt Z, Kazazoglu E, Arun T. Effect of ER:YAG laser on debonding strength of laminate veneers. *Eur J Dent* 2014;8(1): 58-62
- Tocchio RM, Williams PT, Mayer FJ, Standing KG. Laser debonding of ceramic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103(2):155-62
- Morford CK, Buu NCH, Rechmann BMT, Finzen Fc, Sharma AB, Rechmann P. Er:YAG Laser Debonding of Porcelain Veneers. *Lasers Surg Med* 2011; 43(10): 965-74.
- Kursoglu P, Karagoz PF, Yurdagüven H. Shear bond strength of resin cement to an acid etched and a laser irradiated ceramic surface. *J Adv Prosthodont* 2013;5:98-103.
- Dundar B, Guzel KG. An analysis of the shear strength of the bond between enamel and porcelain laminate veneers with different etching systems:acid and Er, Cr:YSGG laser separately

- and combined. *Lasers Med Sci* 2011;26(6):777-82.
43. Gökne B, Özpınar B, Dündar M, Çömlekoglu E, Sen BH, Güngör MA. Bond Strengths of All-Ceramics: Acid Vs Laser Etching. *Oper Dent* 2007;32(2): 173-8.
 44. Dilber E, Yavuz T, Kara HB, Ozturk AN. Comparison of the Effects of Surface Treatments on Roughness of Two Ceramic Systems. *Photomed Laser Surg* 2012;30(6): 308-14.
 45. Demir N, Subaşı M.G, Ozturk AN. Surface Roughness and Morphologic Changes of Zirconia Following Different Surface Treatments. *Photomed Laser Surg* 2012;30(6): 339-45.
 46. Murthy V, Manoharan, Bala JI, Livingstone D. Effect of Four Surface Treatment Methods on the Shear Bond Strength of Resin Cement to Zirconia Ceramics-A Comparative in Vitro Study. *J Clin Diagn Res* 2014;8(9): 65-8.
 47. Kasraei S, Soufi LR, Heidari B, Vafae F. Bond strength of resin cement to CO₂ and Er:YAG laser-treated zirconia ceramic. *Restor Dent Endod.* 2014;39(4):296-302.
 48. Oztoprak MO, Tozlu M, Iseri U, Ulkur F, Arun T. Effects of different application durations of scanning laser method on debonding strength of laminate veneers. *Lasers Med Sci* 2012;27(4):713-6.
 49. Cavalcanti AN, Foxtan RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond Strength of Resin Cements to a Zirconia Ceramic with Different Surface Treatments. *Oper Dent* 2009;34(3):268-75.
 50. Kasraei S, Atefat M, Beheshti M, Safavi N, Mojtahedi M, Rezaei-Soufi L. Effect of Surface Treatment with CO₂ Laser on Bond Strength between Cement Resin and Zirconia. *J Lasers Med Sci* 2014;5(3):115-20.
 51. Kirmali O, Kustarci A, Kapdan A. Surface Roughness and morphologic changes of zirconia: Effect of different surface treatment. *Niger J Clin Pract* 2015;18(1):124-9.
 52. Martin E. Lasers in dental implantology. *Den Clin N Am* 2004; 48(4): 999-1015.
 53. Block CM, Mayo JA, Evans GH. Effects of the Nd:YAG dental laser on plasma-sprayed and hydroxyapatite-coated titanium dental implants: surface alteration and attempted sterilization. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7(4):22-35.
 54. Deppe H, Horch HH. Laser applications in oral surgery and implant dentistry. *Lasers Med Sci* 2007;22(4):217-221
 55. Wadhawan R, Solanki G, Bhandari A, Rathi A, Dash R. Role of Laser Therapy in Dentistry: A Review. *Int J Biomed Res* 2014;5(03):153-7.
 56. Dugal R, Musani S, Musani I. Clinical Applications of Lasers in Prosthodontics. *J Dent Lasers* 2011;5(1):6-10.
 57. Kaur S, Talib A, Shazia M, Shazana N, Sabzar A. Applications of Lasers in Prosthodontics. *International Journal of Clinical Cases and Investigations* 2013;5(1):33-40
 58. Alshehri AF. The role of lasers in the treatment of peri-implant diseases: A review. *Saudi Dent J* 2016; 28(3):103-8.
 59. Romanos G, Crespi R, Barone A, Covani U. Osteoblast attachment on titanium disks after laser irradiation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21(2):232-6.
 60. Neiva R, Tovar N, Jimbo R, Gil LF, Goldberg P, Joao BPM, et al. Guidelines for Clinical Management of Laser-Etched (Laser-Lok) Abutments in Two Different Clinical Scenarios: A Preclinical Laboratory Soft Tissue Assessment Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2016;36(3):338-45.
 61. Neiva R, Tovar N, Jimbo R, Gil LF, Goldberg P, Barbosa JPM, et al. The effect of Laser-Etched Surface Design on Soft Tissue Healing of Two Different Implant Abutment Systems: An experimental Study in Dogs. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2016;36(5):673-9.

