

# Η χρήση των laser στην παρασκευή κοιλοτήτων νεογιλών και μόνιμων δοντιών: Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Κακαουνάκη Ε.<sup>1</sup>, Κατσαντώνη Α.<sup>2</sup>, Αλεξανδρόπουλος Α.<sup>3</sup>, Ουλής Κ.<sup>4</sup>

Η σύγχρονη οδοντιατρική τη τελευταία 20ετία, επηρεασμένη από την αποτυχία της αρχής «επέκταση για πρόληψη» αλλά και τις τεχνολογικές εξελίξεις σε υλικά και μηχανήματα, στράφηκε σε μεθόδους συντηρητικότερης παρασκευής κοιλοτήτων και αποκοπής οδοντικών ιστών, βασισμένη στην αρχή της ελαχίστης παρέμβασης και της «πρόληψης της επέκτασης». Γι' αυτό, και οι εναλλακτικές τεχνικές παρασκευής κοιλοτήτων, μια από τις οποίες είναι και η εφαρμογή των laser, βρήκαν μεγάλη απήχηση και αναπτύχθηκαν σημαντικά. Οι συσκευές «laser» εκπέμπουν μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκη κύματος μεταξύ 488-10.000 nm, η οποία απορροφάται από τα μόρια του νερού των οδοντικών ιστών προκαλώντας την παραγωγή υδρατμών οι οποίοι μέσα από τη μεγάλη πίεση που ασκούν στους οδοντικούς ιστούς τους αναγκάζουν να εκρήγνυνται και να διαλύονται. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι το laser Er: YAG μπορεί επιτυχώς να απομακρύνει την τερηδόνα, να παρασκευάσει κοιλοότητες I έως V ομάδας σε νεογιλά και μόνιμα δόντια, να αδροποιήσει την οδοντική επιφάνεια και παρέχει παρασκευές ισάξιας ποιότητας με αυτές που έχουν πραγματοποιηθεί με συμβατικά μέσα. Πέραν όμως από τις δυνατότητες, τα laser διαθέτουν και περιορισμούς στη χρήση τους. Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι να διερευνήσει α) εάν είναι δυνατή η χρήση των laser στην παρασκευή κοιλοτήτων σε νεογιλά και σε μόνιμα δόντια και υπό ποιες προϋποθέσεις, β) εάν τα laser είναι χρήσιμα στην πρόληψη της τερηδόνας γ) εάν είναι ασφαλή και ποια είναι η ιστολογική επίδραση του laser στους οδοντικούς ιστούς και στο πολφό καθώς και γ) ποια είναι η αποτελεσματικότητά τους.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι συσκευές laser έχουν κερδίσει τα τελευταία χρόνια την αποδοχή της επιστημονικής κοινότητας λόγω ορισμένων βασικών πλεονεκτημάτων που διαθέτουν σε σύγκριση με τις χειρολαβές υψηλών και χαμηλών ταχυτήτων. Ορισμένα από αυτά τα πλεονεκτήματα αφορούν την μείωση των κραδασμών, την αποφυγή του ήχου που παράγεται από το αιροτορ και αποτελεί διαχρονική πηγή φόβου για τους ασθενείς, καθώς και την μείωση του πόνου και συνεπώς τη δυνατότητα για αποφυγή της αναισθησίας.

Παράλληλα κλινικοί και ερευνητές αναζητούν μεθόδους παρασκευής κοιλοτήτων και αποκοπής οδοντικών ιστών βασισμένοι στην αρχή της ελαχίστης παρέμβασης. Σύμφωνα με την αρχή αυτή, η αντιμετώπιση της τερηδόνας έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση της απώλειας οδοντικού ιστού είτε από

την ίδια την νόσο, είτε από ιατρογενή παρέμβαση.

Η τερηδόνα όσον αφορά την αιτιολογία και την αντιμετώπιση της διαχωρίζεται χρονικά σε τρεις φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, από το 1700 έως τις αρχές του 1900, θεωρείται ως η γάγγραινα των δοντιών και αντιμετωπίζεται με εξαγωγές των εμπλεκόμενων δοντιών. Κατά την δεύτερη φάση, από τις αρχές του 1900 έως το 1970, η τερηδόνα αποδίδεται σε οξυογενή βακτήρια και πραγματοποιούνται εμφράξεις, οι κοιλοότητες παρασκευάζονται κατά Black και κυριαρχεί η αρχή της «επέκτασης προς πρόληψη».

Τα σημερινά δεδομένα αντιμετωπίζουν την τερηδόνα ως μια πολυπαραγοντική νόσο, μικροβιακής αιτιολογίας, η οποία βασίζεται σε λαθεμένες διατροφικές συνήθειες (κατανάλωση υδατανθράκων) και επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σάλιο της στοματικής κοιλότητας (ροή, ρυθμιστική ικανότητα) καθώς και από την παρουσία ορισμένων ανόργανων στοιχείων (ασβέστιο, φθόριο και φωσφορικά άλατα).

Με βάση λοιπόν όλα τα παραπάνω η σύγχρονη οδοντιατρική στρέφεται σε μια διαφορετική αντιμετώπιση των τερηδονικών βλαβών και αφορά παρασκευές όσο το δυνατόν συντηρητικότερες, με αφαίρεση ιδανικά μόνο της τερηδόνας και διατήρηση όλων των υγιών οδοντικών ιστών. Για τον λόγο αυτό οι εναλλακτικές τεχνικές παρασκευής κοιλοτήτων, όπως είναι η εφαρμογή των laser, έχουν κερδίσει έδαφος και εκδηλώνεται όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τις εφαρμογές τους.

**Λέξεις ευρητηρίου:** Laser, Er: YAG, αδαμαντίνη, οδοντίνη.

- 1 Παιδοδοντίατρος
- 2 Οδοντίατρος
- 3 Φοιτητής Οδοντιατρικής
- 4 Καθηγητής Οδοντιατρικής

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών,  
Οδοντιατρική Σχολή, Εργαστήριο Παιδοδοντιατρικής.

## Βιβλιογραφική ανασκόπηση

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ LASER ΣΚΛΗΡΩΝ ΙΣΤΩΝ

Από το 1960, που αναπτύχθηκε η τεχνολογία του laser ρουβιδίου, εκδηλώθηκε μεγάλο ενδιαφέρον από την επιστημονική κοινότητα, προκειμένου να αξιοποιηθεί αυτό το νέο εργαλείο, ώστε να γίνει η οδοντιατρική πράξη περισσότερο ευχάριστη. Ωστόσο οι πρώτες προσπάθειες για τη χρήση του laser ρουβιδίου για την παρασκευή κοιλοτήτων ήταν απογοητευτικές λόγω της καταστροφής της δομής του δοντιού και της νέκρωσης του πολφού που προκαλούσαν<sup>1</sup>.

Αργότερα, ο Kantola<sup>2</sup> το 1972 πειραματίστηκε με το laser του διοξειδίου του άνθρακα και παρατήρησε κρυσταλλογραφικές αλλαγές του υδροξυαπατίτη της αδαμαντίνης, ενώ όσον αφορά την οδοντίνη, παρατηρήθηκαν ζώνες τήξης. Τα ευρήματα από έναν αριθμό μελετών<sup>1</sup> συνηγορούσαν στο ότι η χρήση του laser του διοξειδίου του άνθρακα στην αδαμαντίνη δημιουργούσε ρωγμές και κρατίδες, προκαλούσε τήξη των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη και επανακρυστάλλωση<sup>3</sup>, με σχηματισμό αλάτων διαφορετικών από τον απατίτη. Στην οδοντίνη προκαλούσε απανθράκωση του ιστού, γεγονός που περιόριζε σημαντικά τη χρήση αυτής της κατηγορίας του laser. Ένα ακόμη σημαντικό πρόβλημα που συνόδευε αυτού του τύπου τα laser ήταν η θερμότητα που παράγονταν (1100-1400°C) και η πιθανότητα πρόκλησης βλάβης στον πολφό εξαιτίας των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονταν κατά την αποκοπή των ιστών. Έτσι λοιπόν, εξαιτίας των προβλημάτων που προκαλούσαν τα laser του διοξειδίου του άνθρακα, οδήγησαν στην προσπάθεια ανεύρεσης άλλων τύπων laser<sup>1</sup>.

Οι πρώτες αναφορές ασφαλούς χρήσης των laser Er: YAG για την αποκοπή των σκληρών οδοντικών ιστών έγιναν την δεκαετία του '90<sup>1</sup>, σύμφωνα με τις οποίες το laser έρβιου ήταν ικανό να αφαιρεί την τερηδόνα επηρεάζοντας αμελητέα τους γειτονικούς σκληρούς και μαλθακούς ιστούς. Όταν μάλιστα το laser αυτό χρησιμοποιείται με καταιονισμό νερού για την ψύξη των ιστών μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική μέθοδο παρασκευής κοιλοτήτων.

Το 1997 το laser έρβιου (Er: YAG στα 2.94 μm) εγκρίθηκε η έκδοση της πρώτης άδειας από την FDA για εμπορική χρήση της συσκευής, χάρη στην ικανότητα του συγκεκριμένου μήκους κύματος laser να απομακρύνει με ακρίβεια υγιή και τερηδονισμένη αδαμαντίνη και οδοντίνη και να έχει μικρό βάθος θερμικής διείσδυσης<sup>4</sup>. Σήμερα έχουν εγκριθεί και άλλα laser όπως αυτό του έρβιου-χρωμίου, [Er,Cr: (YSGG)] στα 2,780 μm<sup>1</sup>.

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ LASER

Η λέξη LASER είναι ένα ακρωνύμιο των λέξεων Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, που σημαίνουν ενίσχυση φωτός μέσω εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας. Είναι μια συσκευή δηλαδή η οποία εκπέμπει κύματα φωτός τα οποία βρίσκονται σε συμφωνία φάσης και είναι όμοια ως προς το μέγεθος και το σχήμα με όλα τα υπό-

λοιπα κύματα. Επίσης πρόκειται για μονοχρωματική ακτινοβολία, απόλυτα ευθυγραμμισμένη, με μεγάλη πυκνότητα ενέργειας η οποία είναι ικανή να κινητοποιήσει τεράστια θερμότητα και ισχύ, όταν εστιάζεται σε μικρή περιοχή. Το φως του laser είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που κυμαίνεται μεταξύ 488 και 10.600 nm. Αυτά τα μήκη κύματος ανήκουν τόσο στην ορατή όσο και στη μη ορατή ακτινοβολία. Επίσης στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί ότι εκτείνονται από τις ακτίνες γ ως τα ραδιοκύματα, δεν ανήκουν δηλαδή στην υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία ως γνωστόν έχει μεταλλαξιογόνο δράση στο DNA του κυττάρου<sup>5,6</sup>.

**Τα βασικά στοιχεία μιας συσκευής laser είναι τα εξής:**

- α. μια οπτική κοιλότητα (η οποία αποτελείται από δυο παράλληλους καθρέπες-έναν ανακλαστικό και έναν ημιδιαπερατό)
- β. ένα ενεργό μέσο
- γ. μια πηγή ενέργειας
- δ. ένα σύστημα ψύξης.

Όταν η πηγή ενέργειας διεγείρει τα άτομα του ενεργού μέσου τότε αυτά ξεκινούν εξαναγκασμένη εκπομπή. Τα κάτοπτρα προκαλούν ενίσχυση της εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας η οποία διέρχεται από ένα δεύτερο ημιδιαπερατό κάτοπτρο<sup>6,7</sup>.

Οι ονομασίες των laser προέρχονται από τα στοιχεία, τα μόρια ή τα συστατικά που αποτελούν το ενεργό μέσο που διεγείρεται και που κατά την αποδιέγερσή του εκπέμπει την ακτινοβολία laser. Το ενεργό μέσο μπορεί να είναι: αέριο ή μίγμα αερίων, ένας στερεός κρύσταλλος ή ένας στερεός ημιαγωγός<sup>1</sup>.

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την κοπτική ικανότητα της συσκευής είναι οι ακόλουθοι: Η πυκνότητα ενέργειας, η ενέργεια παλμού, η πυκνότητα ισχύος, ο καταιονισμός νερού /ύδατος και η ροή τους, η συχνότητα ακτινοβολίας, η εστίαση της δέσμης της φωτεινής ακτίνας, η χρήση εξ επαφής ή από απόσταση, ο παλμικός ή συνεχής τρόπος εκπομπής, η διάρκεια του παλμού, το είδος του προς αφαίρεση υλικού, ο βαθμός περιεκτικότητας των ιστών σε νερό<sup>8</sup>.

Οι συσκευές laser εκπέμπουν τη φωτεινή ενέργεια με δύο τρόπους: κατά συνεχή τρόπο (laser CO<sub>2</sub>, αργού και διοδικά) και κατά παλμούς σε χρονικά διαστήματα της τάξης των 10<sup>-6</sup> msec (Nd: YAG, Er: YAG, και Er,Cr: YSGG). Η δράση των laser στηρίζεται στην πρόσπτωση της φωτεινής ενέργειας πάνω στους ιστούς για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα προκαλώντας μια θερμική αλληλεπίδραση. Κατά την απορρόφηση της φωτεινής ενέργειας από τον επιθυμητό ιστό-στόχο είναι δυνατό να συμβούν τα εξής φαινόμενα:

1. φωτοθερμικά φαινόμενα (αντιδράσεις που οφείλονται στην απορρόφηση θερμότητας),
2. φωτοχημικά φαινόμενα (ενεργοποίηση χημικών αντιδράσεων και διάσπαση χημικών δεσμών)
3. φωτομηχανικά φαινόμενα. (πρόκληση ωστικού κύματος που οδηγεί σε έκρηξη ή κονιορτοποίηση του ιστού δημιουργώντας κοιλότητα, όπως συμβαίνει στους σκληρούς

Τύπος laser - ενεργό μέσο	Μήκος κύματος
ArF Excimer	193 nm
KrF Excimer	248 nm
XeCl Excimer	308 nm
Frequency-doubled Alexandrite	377 nm
Krypton Ion	407 nm
Argon Ion	488, 514.5 nm
Dye	507-510 nm
Frequency-doubled Nd:YAG (KTP)	532 nm
Diode (Low Level)	600-908 nm
Gold Vapor	628 nm
Argon-Pumped dye	630 nm
Copper Vapor Pumped Dye	630 nm
Helium-Neon	632 nm
Ruby	694.3 nm
Diode (GaAlAs,GAAs)	800-830, 904-950 nm
Nd:YLF	1.053 $\mu\text{m}$
Nd:YAG	1.064 $\mu\text{m}$
Nd:YAP	1.34 $\mu\text{m}$
Ho:YAG	2.12 $\mu\text{m}$
Er:YSGG	2.79 $\mu\text{m}$
Er:YAG	2.94 $\mu\text{m}$
Free Electron	3.0, 6.1, 6.45 $\mu\text{m}$
Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	9.3, 9.6, 10.6 $\mu\text{m}$

Sulewski 2000<sup>12</sup>**Πίνακας 1.** Όλα τα laser που έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί στην οδοντιατρική.

οδοντικούς ιστούς)

4. φωτοηλεκτρικά φαινόμενα (αφαίρεση ιστού μέσω σχηματισμού ηλεκτρικά φορτισμένων ιόντων ή μορίων)<sup>9</sup>

Ένα laser που είναι υψηλής ενέργειας και μικρής διάρκειας παλμού (όπως το laser του έρβιου) προκαλεί ταχεία θέρμανση των σκληρών οδοντικών ιστών σε μια μικρή περιοχή και η απομάκρυνσή τους πραγματοποιείται χάρη σε μικροεκρήξεις. Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής: Η απορρόφηση και η διάχυση της φωτεινής ενέργειας εξαρτώνται από το μήκος κύματος της μονοχρωματικής ακτινοβολίας. Τα laser του έρβιου (Er: YAG & Er, Cr: YSGG) με αντίστοιχα μήκη κύματος 2.94 & 2.78  $\mu\text{m}$ , ασκούν φωτομηχανική επίδραση στο νερό, τον υδροξυαπατίτη και το κολλαγόνο, που μπορούν να απορροφήσουν την ενέργεια αυτή. Όλοι οι σκληροί οδοντικοί περιέχουν νερό σε διαφορετική ποσότητα. Κατά μέσο όρο η αδαμαντίνη περιέχει νερό κατά τα 4% του συνολικού της βάρους. Η οδοντίνη έχει 10% κατά βάρος περιεκτικότητα σε νερό και η τερηδονισμένη οδοντίνη περιέχει ακόμα περισσότερο νερό. Τα μόρια του νερού στο δόντι-στόχο υπερθερμαίνονται, κι έτσι προκαλείται μια ογκομετρική μεταβολή της

κατάστασης του υγρού νερού μέσα στο δόντι και ταχεία φωτοεξάτμισή του. Αυτή η μεταβολή δημιουργεί υψηλές πιέσεις και κατά την εκρηκτική έκλυση ενέργειας δημιουργείται ένα ταχύ ωστικό κύμα, το αποτέλεσμα του οποίου είναι η ρήξη της κρυσταλλικής δομής και η επιλεκτική απομάκρυνση και καταστροφή περιοχών του παρακείμενου ιστού. Έτσι απομακρύνεται η τερηδόνα και οι οδοντικοί ιστοί. Η αφαίρεση των εκφυλισμένων ιστών με τη βοήθεια νερού, έχει αποδειχθεί ο πιο αποτελεσματικός τρόπος απομάκρυνσής τους, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγεται η μετάδοση υψηλής θερμότητας στις υπόλοιπες επιφάνειες του δοντιού<sup>10, 11</sup>

Τα laser που έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί στην οδοντιατρική είναι τα ακόλουθα, όπως φαίνεται στον πίνακα 1<sup>12</sup>, ενώ αυτά που κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται σήμερα φαίνονται στον πίνακα 2<sup>1</sup>.

## ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΩΝ LASER

Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφορες παράμετροι προκειμένου να εφαρμοστεί σωστά το laser στους σκληρούς οδοντικούς ιστούς και την τερηδόνα εξαιτίας της διαφορετι-

Τύπος laser-ενεργό μέσο		Μήκος κύματος	Χρήσεις
Αργό (Argon)		488 nm	Φωτοπολυμερισμός υλικών, λεύκανση, χειρουργική μαλακών ιστών, βιοψίες, ριζική απόξεση, ανίχνευση αρχόμενων τερηδόνων, χειρουργική περιοδοντίου
		514 nm	
Νεοδύμιο	(Nd : YAG)	10,64 μm	χειρουργική μαλακών ιστών, βιοψίες, ριζική απόξεση, χειρουργική περιοδοντίου, θεραπεία ριζικών σωλήνων, αυχενική οδοντική υπερευαισθησία
Έρβιο	(Er,Cr : YSGG)	2,78 μm	Αφαίρεση τερηδόνας, χειρουργική μαλακών ιστών, ριζική απόξεση, θεραπεία ριζικών σωλήνων
	(Er : YAG)	2,94 μm	
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )		10,6 μm	Χειρουργική μαλθακών ιστών, αυχενική οδοντική υπερευαισθησία, βιοψίες, χειρουργική περιοδοντίου, αφαίρεση τερηδόνας
Excimer		193nm, 308nm	Αφαίρεση τερηδόνας χειρουργική μαλθακών ιστών, (σε ερευνητικό στάδιο)

N. Κουρνέτας, X. Ραχιώτης, A. Κακάμπουρα<sup>1</sup>

**Πίνακας 2.** Είδη χρησιμοποιούμενων οδοντιατρικών laser.

	Αδαμαντίνη	Οδοντίνη
Νερό	3	10
Οργανικά συστατικά	1	20
Ανόργανα συστατικά	96	70

Gimbel CB<sup>13</sup>

**Πίνακας 3.** Υγρή σύσταση οδοντικών ιστών (Wt%).

κής τους περιεκτικότητας σε νερό, όπως φαίνεται στους πίνακες 3 & 4<sup>13</sup>.

- Επειδή το laser ερβίου, χάρη στο μήκος κύματός του, απορροφάται περισσότερο από το σκληρό οδοντικό ιστό με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό, όσο αυξάνεται η ενυδάτωση του ιστού-στόχου, τόσο λιγότερη ενέργεια απαιτείται.
- Το laser ασκεί διπλή ανάδραση στον χειριστή του, τόσο με την αφή όσο και ακουστική. Τα laser αυτού του τύπου φέρουν ένα λεπτό άκρο, ώστε ο χειριστής να έχει αίσθηση της επιφάνειας που αποκόπεται. Η ακτινοβολία εκλύεται από το απώτερο άκρο της χειρολαβής (κοπικό άκρο). Από το άκρο της χειρολαβής εκτοξεύεται επίσης το σπρέυ νερού και αέρα προς τον ιστό-στόχο, αλλά και προς το κοπικό άκρο. Ο χειριστής θα πρέπει να κινεί τη χειρολαβή συνεχώς ώστε να παρέχει αποτελεσματική αποκοπή των ιστών και καλύτερη ψήξη των ιστών.
- Η κίνηση της χειρολαβής θα πρέπει να γίνεται πλαισίως με εύρος 1mm, ώστε να γίνεται ευκολότερα η απομάκρυνση και η ψύξη των ιστών. Κατά τη διάρκεια της παρασκευής ο χειριστής θα πρέπει να αλλάζει από την τεχνική με επαφή στην τεχνική χωρίς επαφή (σε απόσταση 1mm από την οδοντική επιφάνεια), ιδιαίτερα στην οδοντίνη, ώστε να έχει λιγότερη πυκνότητα ενέργειας, αλλά και αργότερο

ρυθμό απομάκρυνσης ιστών.

- Γενικά, κατά την παρασκευή κοιλοτήτων με laser δεν απαιτείται αναισθησία. Ωστόσο, σε περίπτωση που ο ασθενής αρχίζει να νιώθει άβολα, μπορεί ο χειριστής να ελαττώσει τους παλμούς ανά δευτερόλεπτο, να ελαττώσει την ενέργεια ή και ακολουθήσει την τεχνική χωρίς επαφή.
- Για αποκοπή των ιστών σε βάθος, η κίνηση γίνεται κάθετα, όπως σε ένα έμβολο. Ο χειριστής μπορεί να καταλάβει τους διαφορετικούς ιστούς ακούγοντας τον διαφορετικό ήχο που αυτοί εκλύουν καθώς αποκόπονται (porrping sound).
- Κατά την παρασκευή των όμορων επιφανειών, θα πρέπει τα παρακείμενα δόντια να προστατεύονται και να απομονώνονται με τη βοήθεια απομονωτήρα ή μεταλλικού ελάσματος<sup>13</sup>.

## ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ LASER ΣΤΟΥΣ ΟΔΟΝΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

### • Επίδραση στην αδαμαντίνη και στην οδοντίνη

Ηλεκτρονικές μελέτες των επιδράσεων του laser έρβιου κατά την παρασκευή κοιλοτήτων έδειξαν ότι το βάθος των κρατήρων που καταλείπονται είναι 300 μm στην αδαμαντίνη και 500 μm στην οδοντίνη<sup>14</sup>. Η αρχιτεκτονική της αδαμαντίνης εμφάνιζε αδρότητα, ενώ στην οδοντίνη απουσίαζε η ζώνη ξεσμάτων, υπήρχαν μικροανωμαλίες και εμφανίζονταν επιλεκτική αφαίρεση μεσοϊνικής οδοντίνης σε σχέση με την αντίστοιχη περιινική. Από ιστολογικές μελέτες προκύπτει ότι στην οδοντίνη οι ζώνες των θερμικών βλαβών είναι περιορισμένες, και εκτείνονται σε βάθος 5-15 μm<sup>1,14,15</sup>.

### • Επίδραση των laser στον πολφό

Όσον αφορά την επίδραση στον πολφό, οι Miserendino και συν (1993)<sup>16</sup> σύγκριναν τις επιδράσεις της χρήσης μεθό-

δων μείωσης της ανόδου της θερμοκρασίας του πολφού προκαλούμενης από laser σε σύγκριση με αυτή της προκαλούμενης από χειρολαβής υψηλών ταχυτήτων κατά τον σχηματισμό κοιλοτήτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν κατά τη χρήση laser γίνεται καταιονισμός νερού και αέρα η θερμότητα που μεταφέρεται στον πολφό μειώνεται σημαντικά. Επίσης, οι μεταβολές της θερμοκρασίας του πολφού προκαλούμενες από τη χρήση των laser είναι συγκρινόμενες με αυτές που προκαλούνται από τη χρήση χειρολαβών υψηλών ταχυτήτων.

Ο Takamori (2000)<sup>17</sup> πραγματοποίησε μελέτη με σκοπό την διερεύνηση των ιστοπαθολογικών μεταβολών του πολφού σε δόντια που παρασκευάστηκαν με laser Er:YAG σε σύγκριση με δόντια τα οποία παρασκευάστηκαν συμβατικά μέσα, αξιολογώντας τη δημιουργία νευρικών ινών του πολφού μετά την εφαρμογή των δυο μεθόδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι laser Er:YAG προκαλούσε αξιοσημείωτο ινοβλαστικό πολλαπλασιασμό και σχηματισμό επανορθωτικής οδοντίνης σε σύγκριση με δόντια τα οποία παρασκευάστηκαν συμβατικά μέσα. Ακόμη παρατήθηκε αύξηση των calcitonin gene-related peptide-immunoreactive ινών στα δόντια που παρασκευάστηκαν με laser, οι οποίες 7 μέρες αργότερα εξισώθηκαν με αυτόν του δείγματος ελέγχου. Οι παραπάνω παρατηρήσεις αποτελούν ενδείξεις ότι οι παρασκευές με laser οδηγούν σε ταχύτερη αποκατάσταση του πολφού.

Σε μια άλλη μελέτη των Jayawardena και συν (2001)<sup>18</sup>, η οποία είχε σαν σκοπό την αξιολόγηση της αντίδρασης του πολφού στο laser Er:YAG μετά την ιατρογενή έκθεση του πολφού κατά την παρασκευή κοιλοτήτων, παρατηρήθηκε καλή επανορθωτική ικανότητα, με σχηματισμό γέφυρας οδοντίνης στην περιοχή της αποκάλυψης. Επίσης δύο εβδομάδες αργότερα, η επανορθωτική οδοντίνη ήταν περισσότερη ποσοτικά από αυτήν των δοντιών των οποίων η αποκάλυψη του πολφού είχε πραγματοποιηθεί με χειρολαβή χαμηλών ταχυτήτων.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

### ΤΟΥ Er: YAG και του Er, Cr: YSGG

- **Laser και απομάκρυνση τερηδόνας, αποκοπή αδαμαντίνης και οδοντίνης**

Το laser Er: YAG με μήκος κύματος 2.94 μm, είναι αυτό που μπορεί επιτυχώς να απομακρύνει την τερηδόνα και τους οδοντικούς ιστούς, εξαιτίας του μήκους κύματος της ακτινοβολίας η οποία απορροφάται ισχυρά από το νερό και τον υδροξυπατίτη της αδαμαντίνης. Η απορρόφηση είναι 15 φορές μεγαλύτερη από αυτή του CO<sub>2</sub> laser και 20.000 μεγαλύτερη από αυτή του Nd: YAG laser. Τα αποτελέσματα του laser Er: YAG είναι δυνατόν να περιοριστούν στην αδαμαντίνη και την οδοντίνη σε μια επιφανειακή στοιβάδα λίγων μικρομέτρων<sup>19</sup>. Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου στο ποσοστό αποκοπής της αδαμαντίνης, σύμφωνα με πειράματα των Levy και συν (1998)<sup>14</sup>, η ικανότητα αποκοπής της αδαμαντίνης με χειρολαβή υψηλών ταχυτήτων είναι 3,7 μεγαλύτερη από αυτή του laser. Ωστόσο, το laser φαίνεται να δημιουργεί

μια καθαρότερη επιφάνεια αδαμαντίνης, χωρίς την παρουσία υπολειμμάτων και ζώνης ξεσμάτων (smear layer), ενώ η θερμική μεταβολή που προκαλεί είναι μικρότερη. Παρόλα αυτά, νεότερη μελέτη των Baraba και συν (2009)<sup>20</sup> που χρησιμοποίησαν laser Er:YAG με τεχνολογία παλμού VSP (Variable Square Pulse) και με μέγιστη ταχύτητα, είχαν σαν αποτέλεσμα την αφαίρεση 3,3 φορές περισσότερης αδαμαντίνης στον ίδιο χρόνο απ' ό τι με την χειρολαβή υψηλών ταχυτήτων, ενώ ο όγκος της οδοντίνης που απομακρύνθηκε ήταν από 8 έως 18 φορές μεγαλύτερος.

Στα νεογιλά δόντια η αφαίρεση της τερηδόνας με τη χρήση του laser Er: YAG, σύμφωνα με μελέτη των Hossain και συν (2002)<sup>21</sup>, είχε σαν αποτέλεσμα ελάχιστες θερμικές βλάβες στους περιβάλλοντες ιστούς και ελάχιστες θερμικές μεταβολές στη σύσταση των σκληρών οδοντικών ιστών, καταλείποντας μια επιφάνεια με ευνοϊκά χαρακτηριστικά. Όσον αφορά στο δεσμό της οδοντίνης στις αποκαταστάσεις II ομάδας νεογιλών δοντιών δεν εμφανίζεται ικανοποιητικός, σε αντίθεση με αυτών των αποκαταστάσεων της V ομάδας, ο οποίος εμφανίζει πάνω από 90% αποδεκτή οριακή προσαρμογή<sup>19</sup>.

Οι Jucaria και συν (2004) πραγματοποίησαν μια έρευνα η οποία είχε σκοπό να αξιολογήσει την γωνία που σχηματίζεται από τα τοιχώματα της κοιλοτήτας και της επιφάνειας του δοντιού κατά την παρασκευή κοιλοτήτων σε νεογιλά δόντια. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας παρατηρήθηκε μείωση της κλίσης της γωνίας όταν η ενέργεια της συσκευής laser αυξάνεται<sup>22</sup>.

Τα laser Er: YAG και Er, Cr: YSGG επιτρέπουν στον οδοντίατρο να αφαιρεί επιλεκτικά την τερηδόνα, διατηρώντας έτσι την ακεραιότητα της αδαμαντίνης και οδοντίνης γύρω από την βλάβη. Έτσι λοιπόν, τα laser μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο για την παρασκευή μικροκοιλοτήτων σύμφωνα με την αρχή ελαχίστης παρέμβασης<sup>23</sup>.

- **Laser και άνοδος της θερμοκρασίας του πολφού- ο ρόλος του νερού**

Σχετικά με την άνοδο της θερμοκρασίας του πολφού, οι μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι κατά την παρασκευή κοιλοτήτων με laser η άνοδος της θερμοκρασίας του πολφού είναι μικρότερη, κατά την παρασκευή κοιλοτήτων, σε σύγκριση με τη χρήση χειρολαβών υψηλών ταχυτήτων<sup>24</sup>. Οι Rizoι και συν (1998)<sup>25</sup>, μελετώντας το laser Er, Cr: YSGG, διαπίστωσαν ότι μετά τη χρήση του δεν πραγματοποιήθηκε καμία μεταβολή της θερμοκρασίας του πολφού, ενώ μετά τη χρήση χειρολαβών υψηλών ταχυτήτων υπό καταιονισμό νερού παρατηρήθηκε άνοδος κατά 3-4°C, και απουσία νερού κατά 14°C.

Οι Oelgiesser και συν (2003)<sup>26</sup> πραγματοποίησαν μια μελέτη με σκοπό να αξιολογήσουν την άνοδο της θερμοκρασίας του πολφού κατά την παρασκευή των κοιλοτήτων ομάδων I έως V με την χρήση laser Er: YAG. Κατέληξαν λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας πα-

	Ενέργεια (mJ)	Παλμοί ανά δευτερόλεπτο (Hz)
Αδαμαντίνη	200-250	15
Οδοντίνη	150-200	10
Τερηδόνα	100-200	10
Αδροποίηση	30-50	15

Gimbel CB<sup>13</sup>

#### Πίνακας 4. Προτεινόμενες ρυθμίσεις για τη χρήση του Er:YAG.

ρατηρήθηκε κατά τη παρασκευή κοιλοτήτων Ιομάδας η οποία όμως ήταν μικρότερη από 5,5°C, η οποία είναι η κρίσιμη θερμοκρασία για την διατήρηση της ζωικότητας του πολφού.

Η χρήση του νερού κατά την ψύξη του δοντιού και κατά την απομάκρυνση των υπολειμμάτων στην περιοχή της αποκοπής διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Σε μια μελέτη των Burkes και συν (1992)<sup>27</sup>, οι οποίοι επιχειρήσαν να ακτινοβολήσουν στεγνά δόντια με laser Er:YAG, δεν κατάφεραν να απομακρύνουν αποτελεσματικά την αδαμαντίνη, παρατήρησαν τήξη αυτής, θραύσματα των πρισμάτων της, ρωγμές και αύξηση της θερμοκρασίας του πολφού πάνω από 27°C. Ενώ όταν έκαναν χρήση σπρέυ νερού η αδαμαντίνη και η οδοντίνη απομακρύνθηκαν ικανοποιητικά, η επιφάνεια που καταλήφθηκε εμφάνιζε κωνικούς κρατήρες και έντονες προσεκβολές της αδαμαντίνης και η θερμοκρασία του πολφού παρουσίασε μια αύξηση της τάξης των 4°C. Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών δείχνουν ότι το laser Er: YAG μπορεί επιτυχώς να απομακρύνει τους οδοντικούς ιστούς χωρίς σημαντικές μεταβολές της θερμοκρασίας του πολφού.

##### • Laser και χρόνος εργασίας

Σχετικά με τον χρόνο που απαιτείται για την παρασκευή μιας κοιλότητας με laser είναι μεγαλύτερος αυτού που χρειάζεται ο κλινικός με τη συμβατική μέθοδο<sup>28,29</sup>. Σε μία μελέτη των Liu και συν (2006) που έγινε σε παιδιά ο χρόνος παρασκευής μιας κοιλότητας ήταν κατά μέσο όρο 2,35 φορές μεγαλύτερος από τη συμβατική μέθοδο<sup>30</sup>. Αυτός ο αργός ρυθμός αποκοπής των ιστών και η δυσκολία πρόσβασης σύμφωνα με τους Evans και συν (2000) κάνει την πλειονότητα των οδοντιάτρων να προτιμά τη συμβατική μέθοδο παρασκευής κοιλοτήτων. Ένας επιπρόσθετος λόγος είναι ότι σε περισσότερες από τις μισές περιπτώσεις χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουν τη συμβατική χειρολαβή υψηλών ταχυτήτων για την ολοκλήρωση της παρασκευής<sup>31</sup>.

##### • Laser και αποδοχή από τους ασθενείς

Σύμφωνα με κλινικές μελέτες, το laser ερβίου προκαλεί λιγότερο πόνο κατά την παρασκευή κοιλοτήτων, και συχνά δεν απαιτείται αναισθησία, καθιστώντας το ελκυστικό για την εφαρμογή του σε παιδοδοντιατρικούς ασθενείς<sup>29,32</sup>. Όσον αφορά την αποδοχή των laser οι Matsumoto και συν (1996)<sup>33</sup> αναφέρουν ότι κατά την παρασκευή κοιλοτήτων V ομάδας, το 80% των ασθενών δεν παραπονέθηκε για πόνο, ενώ όσοι

ασθενείς παραπονέθηκαν είχαν αναφέρει πριν την ενδοστοματική εξέταση ότι εμφανίζουν αυχενική οδοντική υπερευαισθησία. Παιδιατρικοί ασθενείς ηλικίας > 10 ετών στους οποίους εφαρμόστηκε η αποκοπή των σκληρών οδοντικών ιστών με laser, εξέφρασαν στατιστικά σημαντική προτίμηση έναντι της συμβατικής μεθόδου, ενώ οι μικρότεροι ασθενείς ηλικίας < 10 ετών δεν έδειξαν στατιστικά σημαντική προτίμηση για καμία από τις μεθόδους<sup>31</sup>. Η μικρή θερμική επίδραση, η απουσία πίεσης, τριγμού, κραδασμών και οξέων ήχων, επιτρέπουν τη χρήση των laser χωρίς αναισθησία στις περισσότερες περιπτώσεις, αφού ο μικρός και ανεκτός πόνος καθώς και η αίσθηση των μικροεκρήξεων αναφέρονται ως οι μόνες αισθήσεις που έχουν οι ασθενείς. Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν από μια ακόμη μελέτη που σκοπό είχε να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα της θεραπείας με laser ερβίου στην παιδοδοντία, λαμβάνοντας υπ' όψιν την υποκειμενική ανοχή και αποδοχή της θεραπείας σε παιδιά που είχαν ανάγκη οδοντιατρικής θεραπείας τόσο σκληρών όσο και μαλακών ιστών. Η μελέτη έδειξε 90% ποσοστό αποδοχής και ανοχής του laser κατά την αποκοπή σκληρών ιστών και 63% αντίστοιχο ποσοστό για τους μαλακούς ιστούς<sup>34</sup>.

##### • Laser και αντοχή δεσμού

Τέλος, μια ακόμη παράμετρος που θα πρέπει να αξιολογηθεί είναι η ικανότητα των laser να αδροποιούν την αδαμαντίνη και να δημιουργούν μια επιφάνεια που να ενισχύει την αντοχή δεσμού του δοντιού με τα αποκαταστατικά υλικά. Τα αποτελέσματα των ερευνών είναι αντιφατικά/ ελλιπή, γεγονός που αντανάκλα τον μεγάλο αριθμό μεταβλητών που εμπλέκονται.

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με ερευνητές μετά την αδροποίηση με laser Er: YAG η συγκόλληση με τους οδοντικούς ιστούς ήταν μικρότερη σε σύγκριση με τις επιφάνειες που είχαν αδροποιηθεί με τον συμβατικό τρόπο καθώς οι επιφάνειες της αδαμαντίνης και της οδοντίνης που προκύπτουν από την αδροποίηση με laser Er: YAG εμφανίζουν χαρακτηριστικά δυσμενή για την συγκόλληση<sup>35</sup>. Έτσι λοιπόν, η αδροποίηση με laser δεν μπορεί να θεωρηθεί ως μια επιτυχημένη εναλλακτική πρόταση ικανή να αντικαταστήσει την χημική αδροποίηση<sup>36</sup>. Οι Gutknecht και συν (2001) πραγματοποίησαν μια έρευνα σχετική με την αντοχή δεσμού σε παρασκευές II ομάδας με την χρήση laser Er, Cr: YSGG και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση αδροποιητικού οξέος είναι απα-

ραϊτήν<sup>37</sup>.

Μετά από τροποποίηση της επιφάνειας των σκληρών οδοντικών ουσιών με laser Er: YAG παρατηρείται δημιουργία λεπτών και κοντών ρητινωδών προσεκβολών χωρίς την παρουσία υβριδικής ζώνης, ενώ αν συνδυαστεί με εφαρμογή φωσφορικού οξέος οι ρητινώδεις προσεκβολές εμφανίζουν παράπλευρες διακλαδώσεις που ενισχύουν την μικροσυγκρατική τους ικανότητα<sup>8</sup>. Οι προβληματισμοί που ανηγείρονται σχετικά με την μακροβιότητα των αποκαταστάσεων και την δυνατότητα επίτευξης ισχυρού συγκολλητικού δεσμού συγκριτικά με τα μηχανοκίνητα κοπτικά μέσα, οφείλονται στην ιδιαιτερότητα της επιφάνειας που προκύπτει μετά την αποκοπή των ιστών από τις διαδοχικές μικροεκρήξεις. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται υποεπιφανειακή μεταβολή της σύστασης της αδαμαντίνης, ενώ στην οδοντίνη, διαπιστώνεται ανισομερής απομάκρυνση περιρινικής και μεσοϊνικής οδοντίνης. Οι παραπάνω παρατηρήσεις μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να ανευρεθεί η κλινική εφαρμογή παραμέτρων που θα αφαιρούν τους ιστούς χωρίς τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα. Επίσης η έρευνα θα πρέπει να στραφεί στην δημιουργία συγκολλητικών συστημάτων ικανών να εκμεταλλευθούν την μικροσυγκρατική μορφολογία της ακτινοβολημένης επιφάνειας<sup>8</sup>.

#### • Laser και μικροδιείσδυση

Ο Kahn και συν (1998)<sup>38</sup> σύγκρινε την οριακή μικροδιείσδυση εμφράξεων σε κοιλότητες I ομάδας που είχαν παρασκευαστεί με laser έρβιου και με χειρολαβή υψηλών ταχυτήτων και δε παρατήρησε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων. Η μελέτη με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έδειξε καλή προσαρμογή της σύνθετης ρητίνης και της υαλοϊονομερούς κονιάς στα όρια της κοιλότητας που παρασκευάστηκε με laser. Η συγκράτηση και η ποιότητα των αποκαταστάσεων είναι ίδια και με τις δύο μεθόδους. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και άλλοι μελετητές οι οποίοι ασχολήθηκαν με τις κοιλότητες V ομάδας που παρασκευαστεί με laser έρβιου και αδροποιηθεί ακολούθως με φωσφορικό οξύ<sup>39-40</sup>. Τέλος, σε μια μελέτη των Luri-Pegurier και συν (2007)<sup>41</sup> η οριακή μικροδιείσδυση των καλύψεων οπών και σχισμών ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη όταν είχε προηγηθεί αδροποίηση με laser έρβιου, πράγμα που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αδροποίηση με laser δεν επαρκεί και η χρήση αδροποιητικού οξέος είναι απαραίτητη.

#### • Σύνοψη της αποτελεσματικότητας των Er: YAG και Er, Cr: YSGG

Σύμφωνα με μελέτες της FDA σε περισσότερα από 1700 δόντια, κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα<sup>13</sup>:

1. Η ζωτικότητα του πολφού δεν παραβλάπεται
2. Η δομή του δοντιού είναι αντίστοιχη με αυτή των συμβατικών παρασκευών και η επιφανειακή του μορφολογία αλλάζει μονάχα στην περιοχή της παρασκευής.
3. Το laser μπορεί να απομακρύνει την τερηδόνα αποτελε-

σματικά.

4. Το laser μπορεί να παρασκευάσει κοιλότητα αποτελεσματικά.
5. Μπορεί επίσης να αδροποιήσει τα δόντια αποτελεσματικά.
6. Η ποιότητα της παρασκευής με laser είναι ισάξια αυτής της συμβατικής παρασκευής:
  - 6.1. Μελέτες με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο αλλά και απλή επισκόπηση έδειξαν λεία τοιχώματα.
  - 6.2. Μελέτες διεύθυνσης χρωστικών έδειξαν καλό δεσμό μεταξύ των τοιχωμάτων της κοιλότητας και του αποκαταστατικού υλικού.
  - 6.3. Οι αποκαταστάσεις με ρητίνη παρουσιάζουν καλή αντοχή.

#### • Laser και πρόληψη της τερηδόνας

Ένας ακόμη τομέας στον οποίο τα laser θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα είναι η πρόληψη της τερηδόνας μέσω της δημιουργίας επιφανειών αδαμαντίνης ανθεκτικότερης στην προσβολή από τα οξέα<sup>42,43</sup>. Ο Hicks και συν (1993)<sup>44</sup> πραγματοποίησαν μια in vitro μελέτη με σκοπό να διερευνήσουν την έναρξη και την εξέλιξη των τερηδονικών βλαβών που προκλήθηκαν στην αδαμαντίνη τεχνητά, σε αρχικά υγιείς επιφάνειες, μετά την επίδραση του laser αργού. Αυτό που παρατήρησαν ήταν ότι επειδή οι επιφάνειες αυτές έχασαν μεγάλη ποσότητα νερού, οργανικών και καρβονικών ουσιών, παρουσίασαν σημαντική αντίσταση στην περαιτέρω απομεταλλικοποίηση των ιστών. Επίσης οι επιφάνειες οι οποίες ακτινοβολήθηκαν εμφάνιζαν μικρότερο βάθος βλάβης σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Εκτιμάται ότι το παραπάνω οφείλεται στο γεγονός ότι η τιμή του pH στην οποία ξεκινούσε η απομεταλλικοποίηση ελαττώθηκε από 5,5 σε 4,78. Το παραπάνω επιβεβαιώθηκε και από τον Husein (2006) ο οποίος κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ακτινοβολήση των σκληρών οδοντικών ουσιών τροποποιεί την αναλογία ασβεστίου-φωσφόρου και μειώνει του ανθρακική προς την φωσφορική αναλογία<sup>43</sup>. Ωστόσο οι μελέτες που έχουν διενεργηθεί είναι περιορισμένες, in vitro, και δεν έχουν διεξαχθεί ακόμα ασφαλή συμπεράσματα για τον μηχανισμό αντίστασης των ακτινοβολημένων επιφανειών στη δράση των οξέων. Συνεπώς, η χρήση των laser στην πρόληψη της τερηδόνας δεν μπορεί να εφαρμοστεί προς το παρόν σε κλινικό επίπεδο.

#### • Laser και καλύψεις οπών και σχισμών

Το laser CO<sub>2</sub> σε συνδυασμό με έναν συνθετικό υδροξυ-απατίτη ως εμφρακτικό υλικό δοκιμάστηκε ως μέθοδος προληπτικής εμφραξης οπών και σχισμών<sup>1</sup>. Το υλικό τοποθετήθηκε στις οπές και σχισμές και ακολούθησε η τήξη του με αποτέλεσμα να αποφράζονται πλήρως οι μασπικές επιφάνειες. Επίσης το laser Nd: YAG χρησιμοποιήθηκε ως μέσο για τον πλήρη καθαρισμό των μασπικών επιφανειών πριν την εφαρμογή της προληπτικής εμφραξης οπών και σχισμών, κρίθηκε όμως αναποτελεσματικό, πιθανώς λόγω του βάθους

των βοθρίων και των σχισμών αλλά και της παγίδευσης του αέρα<sup>1</sup>. Σε μια μελέτη την οποία πραγματοποίησαν οι Moslemi και συν (2010) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ενώ η χρήση αεροαποτριβής πριν την εφαρμογή των καλύψεων των οπών και σχισμών αυξάνει την αντοχή του δεσμού με την οδοντική επιφάνεια, η χρήση του Er, Cr: YSGG δεν αυξάνει την αποτελεσματικότητα της συμβατικής αδροποίησης της αδαμαντίνης με το οξύ κατά τον σχηματισμό του δεσμού<sup>45</sup>.

## ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ & ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Έτσι, λοιπόν τα laser ερβίου μπορούν να κάνουν τα ακόλουθα<sup>13</sup>:

1. Απομακρύνουν τερηδόνα
2. Απομακρύνουν αδαμαντίνη
3. Απομακρύνουν οδοντίνη
4. Απομακρύνουν κονιές
5. Απομακρύνουν σύνθετη ρητίνη
6. Απομακρύνουν υαλοϊονομερή κονία

Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί.

1. Τα laser ερβίου δεν μπορούν να απομακρύνουν τα ακόλουθα:

- 1.1. Αμάλγαμα
- 1.2. Χρυσό
- 1.3. Πορσελάνη

Οι Dostalova και συν (1998)<sup>46</sup> έδειξαν ότι είναι δυνατή η απομάκρυνση διάφορων αποκαταστατικών υλικών με laser εκτός του αμαλγάματος και των μεταλλικών κραμάτων. Η απομάκρυνση του αμαλγάματος απαγορεύεται εξαιτίας της έκλυσης ατμών υδραργύρου.

2. Επειδή υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για τον τραυματισμό του αμφιβληστροειδούς σε περίπτωση τυχαίας πρόσπτωσης της ακτίνας laser στα μάτια, γεγονός που οφείλεται στη μεγάλη απορρόφηση της ενέργειας του laser ερβίου από ιστούς που περιέχουν νερό, θα πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω κανόνες ασφαλείας: Ο χειριστής, ο βοηθός και ο ασθενής, είναι απαραίτητο να φορούν προστατευτικά γυαλιά οπτικής πυκνότητας 5 έως 6,5. Ακόμα θα πρέπει να αναγράφεται σε πινακίδα στην πόρτα του ιατρείου, ότι γίνεται στο χώρο αυτό χρήση laser, ώστε να μην εισέρχονται απροειδοποίητα ανυποψίαστοι ασθενείς.
3. Ακόμη, υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης εύφλεκτων υλικών
4. Είναι απαραίτητη η χρήση ισχυρής αναρρόφησης, που θα απομακρύνει τα παραγόμενα θραύσματα και τα αερολύματα.
5. Οι σημερινές συσκευές laser είναι αρκετά δαπανηρές και δεν καλύπτουν όλο το φάσμα των ενεργειών που μπορούν να πραγματοποιηθούν τόσο σε σκληρούς, όσο και σε μαλθακούς ιστούς από τα διάφορα μήκη κύματος. Μόνο μία εταιρεία παρέχει αυτή τη δυνατότητα, αυξάνοντας, όμως σημαντικά το κόστος<sup>13</sup>.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το laser ερβίου Er: YAG στα 2.94 μm και αυτό του ερ-

βίου-χρωμίου Er,Cr:YASGG στα 2,78 μm έχουν την ικανότητα να απομακρύνουν με ακρίβεια υγιή και τερηδοποιημένη αδαμαντίνη και οδοντίνη, ενώ έχουν μικρού βάθους θερμική διείσδυση, επηρεάζοντας αμελητέα τους γειτονικούς σκληρούς και μαλθακούς ιστούς. Οι μελέτες με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο αποκάλυψαν απουσία μικρορωγμών, ανοικτά οδοντινοσωληνάκια και πολφό ασφαλή. Το φωτοακουστικό φαινόμενο που προκαλεί το laser ερβίου σε αυτά τα μήκη κύματος είναι υπεύθυνο για την απομάκρυνση της οδοντικής ουσίας. Τα μόρια του νερού των σκληρών οδοντικών ιστών υπερθερμαίνονται, εκρήγνυνται και στη συνέχεια με ρήξη της κρυσταλλικής δομής απομακρύνουν την τερηδόνα, την αδαμαντίνη και την οδοντίνη, ενώ ταυτόχρονα ασκούν και βακτηριοστατική δράση. Ο καταιονισμός νερού επιταχύνει το αποτέλεσμα, διευκολύνοντας την ψύξη των ιστών.

Το laser ερβίου μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική μέθοδο της συμβατικής μηχανικής παρασκευής κοιλιοτήτων. Μπορεί να παρασκευάσει κοιλότητες από I έως και V ομάδας, σε απόσταση 1mm από τον πολφό, τόσο σε παιδιά όσο και σε ενήλικες, για την απομάκρυνση πρωτογενούς και δευτερογενούς τερηδόνας. Ακόμη, μπορεί να προετοιμάσει τη αδαμαντίνη να δεχθεί αδροποίηση με οξύ, ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη αντοχή δεσμού της σύνθετης ρητίνης με τους οδοντικούς ιστούς από ότι με την απλή αδροποίηση με οξύ. Η διαδικασία θεωρείται ασφαλής και αποτελεσματική ενώ οι ασθενείς αναφέρουν σχετικά μικρή ενόχληση και ελαφρύ, ανεκτό πόνο. Η ακεραιότητα του πολφού διατηρείται, ωστόσο ο χρόνος που απαιτείται για την παρασκευή είναι ο διπλάσιος αυτού που χρειάζεται ο κλινικός με τη συμβατική μέθοδο. Ο χειριστής θα πρέπει να γνωρίζει καλά τον τρόπο δράσης και την βιοφυσική των laser, ενώ είναι αναγκαία η εκπαίδευση και κατάρτισή του σε ειδικά κέντρα, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής και σωστή χρήση αυτών.

Όσον αφορά τα νεογιλά δόντια, από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο δεσμός με την οδοντίνη στις αποκαταστάσεις II ομάδας αποτελεί ένα θέμα το οποίοι χρήζει περαιτέρω ερευνητικής διερεύνησης με σκοπό τον προσδιορισμό λεπτομερών κλινικών πρωτοκόλλων.

## SUMMARY

***Laser in cavity preparation of primary and permanent teeth. A literature review.***

*Kakaounaki E., Katsantoni A., Alexandropoulos A., Oulis K.*

Modern dentistry the last 20 years, influenced by the failure of the principle of “extension for prevention” and by the technological development in materials and equipment, has turned to more conservative methods of cavity preparation and dental tissue removal, based on the principle of minimum invasion and on the “prevention of expansion”. Therefore,



alternative techniques on dental cavity's preparation, one of which is the application of laser, gain great popularity and significant growth. Laser are devices that emit a form of electromagnetic radiation which wavelength ranges from 488 to 10.000 nm and is absorbed by dental tissues' water molecules causing water vapour production. This results in exerting pressure on dental tissues and leads to micro-explosions. The literature review shows that Er: YAG laser can successfully remove caries, prepare I to V class restorations in primary and permanent teeth, etch tooth surfaces, as well as it can provide cavity preparations of equal quality compared with those made using arotor. Apart from the laser potential, there are also certain restrictions of its use. The purpose of this literature review is to describe a) laser utilities in the preparation of cavities in both deciduous and permanent teeth, b) the histological effects of laser in dental tissues and c) laser effectiveness.

**Index words:** Laser, Er: YAG, enamel, dentin

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. N. Κουρνέτας, Χ. Ραχιώτης, Α. Κακάμπουρα. Τα Laser στην Οδοντική Χειρουργική. Οδοντοστοματολογική Πρόοδος 2000;54(3):376-399.
2. Kantola S. Laser-induced effects on tooth structure. V. Electron probe microanalysis and polarized light microscopy of dental enamel. Acta Odontol Scand. 1972 Oct;30(4):475-84.
3. Pogrel MA, Muff DF, Marshall GW. Structural changes in dental induced by high energy continuous wave carbon dioxide laser. Laser Surg Med 1993;13:89-96.
4. ADA News Daily: FDA approves first dental laser. 1997,9:1-4.
5. Myers TD. Laser in Dentistry. J Am Dent Assoc 1991;122:46-50.
6. Προυκάκης Χ. Ιατρική Φυσική. Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου. Αθήνα 1983;152-195.
7. Harris DM, Pick RM. Laser Physics. In Miserendino L, Pick RM. Laser in Dentistry. Quintessence Publishing Co, Inc.1995;27-38.
8. Π. Μητρόπουλος, Ι. Τζούτζας, Κ. Κοζυράκης. Η επίπτωση της ακτινοβολίας με συσκευές τύπου Er: YAG στη δράση των συγκολλητικών συστημάτων των σύνθετων ρητινών. Παρουσίαση ιδίων εικόνων SEM και ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Ελληνικά στοματολογικά χρονικά 2008;52:241-248.
9. Miserendino L, Levy G, Miserendino C. Laser interaction with biological tissues. In Miserendino L, Pick RM. Laser in Dentistry. Quintessence Publishing Co, Inc.1995;39-55.
10. Ε. Αδάμ, Ι. Τζούτζας, Σ. Χρυσικόπουλος. Επίδραση της αποκοπής με συσκευές Laser στη συγκόλληση με τους σκληρούς οδοντικούς ιστούς. Οδοντοστοματολογική Πρόοδος 2005;59(1):96-115.
11. Visuri S, Walsh J, Wigdor H. Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. Laser Surg Med 1996;18:294-300.
12. Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. Dent Clin N Am 2000;44:717-752.
13. Gimbel CB. Hard tissue laser procedures. Dent Clin N Am 2000;4:931-53
14. Levy G, Koubi GF, Miserendino LJ. Cutting efficiency of a mid-infrared laser on human enamel. J Endod 1998 Feb;24(2):97-102.
15. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. Laser Surg Med, 1989; 9:338-344.
16. Miserendino LJ, Abt E, Wigdor H, Miserendino CA. Evaluation of thermal cooling mechanisms for laser application to teeth. Laser Surg Med.1993;13(1):83-8.
17. Takamori K. A histopathological and immunohistochemical study of dental pulp and pulpal nerve fibers in rats after the cavity preparation using Er:YAG laser. J Endod 2000 Feb;26(2):95-9.
18. Jayawardena JA, Kato J, Moriya K, Takagi Y. Pulpal response to exposure with Er:YAG laser. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001 Feb; 91(2):222-9.
19. Carl Bader, Ivo Krejci. Indications and limitations of Er:YAG laser applications in dentistry. Am J Dent 2006;19:178-186.
20. Baraba A, Miletic I, Krmek SJ, Perhavec T, Bozic Z, Anic I. Ablative potential of the erbium-doped yttrium aluminium garnet laser and conventional handpieces: a comparative study. Photomed Laser Surg 2009 Dec;27(6):921-7.
21. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Compositional and structural changes of human dentin following caries removal by Er,Cr:YSGG laser irradiation in primary teeth. J Clin Pediatr Dent 2002 Summer;26(4):377-82.
22. Jucaria SMG, Lourdes S-P, Rosane FZ, Vaderlei S, Bagnato. Cavo surface angle patterns of Er: YAG laser cavity preparation in primary teeth. J Oral Laser Applic 2004;4:23-27.
23. Carol Anne Murdoch-Kinch, Mary Ellen McLean. Minimally invasive Dentistry. 2003 Jan;134:87-95.
24. Glockner K, Rimpler J, Ebeleseder K, Stadler P. Intra pulpal temperature during preparation with the Er: YAG laser compared to the conventional bur: an in vitro study. Laser Surg Med 1999;19:3-7.
25. Rizoii I, Kohanghadosh F, Kimmel AI, Eversole LR. Pulpal thermal responses to an erbium,chromium: YSGG pulsed laser hydrokinetic system. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998 Aug;86(2):220-3.
26. Oelgiesser D, Blasbalg J, Ben-Amar A. Cavity preparation by Er: YAG laser on pulpal temperature rise. Am J Dent 2003;16(2):96-98.

27. Burkes EJ Jr, Hoke J, Gomes E, Wolbarsht M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. *J Prosthet Dent* 1992 Jun; 67(6):847-51.
28. Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, Ando Y, Yamamoto H. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *J Dent Res* 1998 Jun;77(6):1404-14  
Comment in: *J Dent Res* 1998 Oct;77(10):1766.
29. Keller U, Hibst R, Guersten W, Schille R, Heideman D, Raab WHM. Er: YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. *J Dent* 1998; 26: 649-56.
30. Liu JF, Lai YL, Shu WY, Lee SY. Acceptance and efficiency of Er:YAG laser for cavity preparation in children. *Photomed Laser Surg* 2006 Aug; 24(4):489-93.
31. Evans DJ, Matthews S, Pitts NB, Longbottom C, Nugent ZJ. A clinical evaluation of an Erbium:YAG laser for dental cavity preparation. *Br Dent J* 2000 Jun 24; 188(12):677-9.
32. Boj J, Galfore N, Espana E. Pain perception in pediatric patients undergoing laser treatments. *J Oral Laser Applic* 2005;5:85-89.
33. Matsumoto K, Nakamura Y, Mazeki K, Kimura Y. Clinical dental application of Er:YAG laser for Class V cavity preparation. *J Clin Laser Med Surg* 1996 Jun; 14(3):123-7.
34. Genovese MD, Olivi G. Laser in paediatric dentistry : patient acceptance of hard and soft tissue therapy. *Eur J Paediatr Dent* 2008;9(1):13-7.
35. Martínez-Insua A, Da Silva Dominguez L, Rivera FG, Santana-Peñín UA. Differences in bonding to acid-etched or Er:YAG-laser-treated enamel and dentin surfaces. *J Prosthet Dent*. 2000 Sep;84(3):280-8.
36. Uşümez S, Orhan M, Uşüme A. Laser etching of enamel for direct bonding with an Er,Cr:YSGG hydrokinetic laser system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002 Dec;122(6):649-56.
37. Gutknecht N, Apel C, Schafer C, Lampert F. Microleakage of composite fillings in Er,Cr:YSGG laser-prepared class II cavities. *Laser Surg Med* 2001; 28(4):371-4.
38. Khan MF, Yonaga K, Kimura Y, Funato A, Matsumoto K. Study of microleakage at Class I cavities prepared by Er:YAG laser using three types of restorative materials. *J Clin Laser Med Surg* 1998 Dec;16(6):305-8.
39. Setien VJ, Cobb DS, Denehy GE, Vargas MA. Cavity preparation devices: effect on microleakage of Class V resin-based composite restorations. *Am J Dent* 2001 Jun;14(3):157-62.
40. Corona SA, Borsatto M, Dibb RG, Ramos RP, Brugnera A, Pecora JD. Microleakage of class V resin composite restorations after bur, air-abrasion or Er:YAG laser preparation. *Oper Dent* 2001 Sep-Oct;26(5):491-7.
41. Lupi-Pégurier L, Bertrand MF, Genovese O, Rocca JP, Muller-Bolla M. Microleakage of resin-based sealants after Er:YAG laser conditioning. *Laser Med Sci*. 2007 Sep;22(3):183-8.
42. Nobert Gutknecht, Rene Franzen, Leon Vanweersch, Friedrich Lampert. *Laser in Pediatric Dentistry- A Review*. *J Oral Laser Applications* 2005;5:207-213.
43. Husein. *Applications of Laser in Dentistry: A review*. *Archives of Orofacial Sciences* 2006;1:1-4.
44. Hicks MJ, Flaitz CM, Westerman GH, Berg JH, Blankenau RL, Powell GL. Caries-like lesion initiation and progression in sound enamel following argon laser irradiation: an in vitro study. *ASDC J Dent Child*. 1993 May-Jun;60(3):201-6.
45. Masoumeh Moslemi, Leila Erfanparast, Reza Fekrazad, NikoTadayo, HamedDadjo, Mohammad Mostafa Shadkar, Zahra Khalili. The effect of Er, Cr: YSGG. Laser and Air Abrasion on Shear Bond Strength of a Fissure Sealant to Enamel. *JADA* 2010,141:157-161.
46. Dostalova T, Jelinkova H, Kucerova H, Krejsa O, Hamal K, Kubelka J, Prochazka S. Noncontact Er:YAG laser ablation: clinical evaluation. *J Clin Laser Med Surg* 1998 Oct;16(5):273-82.

---

**Διεύθυνση για ανάπτυξη:**

Αλεξάνδρα Κατσαντώνη  
Παλληκαρίδου 22, 11363, Αθήνα,  
Τηλ.: 210 8251192  
e-mail: akatsantoni@yahoo.com