



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**Οι εφαρμογές του διοδικού Laser στη
γενική χειρουργική σε σύγκριση με τους
κλασικούς χειρουργικούς τρόπους
αντιμετώπισης**

Αλέξανδρος Μπεχράκης

Αριθμός Μητρώου: 14059

Επιβλέπων Καθηγητής

Παντελεήμων Ασβεστάς

Αθήνα 21/07/2022

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Παντελεήμων Ασβεστάς

Δημήτριος Γκλώτσος

Σπυρίδων Κωστόπουλος

Αναπλ. Καθηγητής

Αναπλ. Καθηγητής

Αναπλ. Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Μπεχράκης Αλέξανδρος του Εμμανουήλ, με αριθμό μητρώου 14059 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

Ο Δηλών

21/07/2022

Μπεχράκης Αλέξανδρος

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή Παντελή Ασβεστά για τη καθοδήγηση που μου προσέφερε καθώς επίσης και για τον χρόνο που μου αφιέρωσε. Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου , για την υποστήριξη και την ενθάρρυνση που μου προσέφεραν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, της οποίας στόχος είναι να διερευνηθούν οι εφαρμογές των διοδικών laser στην αντιμετώπιση των περιπρωκτικών παθήσεων, καθώς και ο βαθμός υπεροχής τους έναντι των κλασικών χειρουργικών τεχνικών. Έτσι, αρχικά τίθεται το υπόβαθρο και οι αιτίες επιλογής θέματος της παρούσας έρευνας, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζεται με αναλυτικό τρόπο όλη η μέχρι τώρα γνωστή θεωρία που αφορά τόσο τις περιπρωκτικές παθήσεις όσο και τα βασικά τεχνικά-μηχανικά στοιχεία των διοδικών laser. Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση του ειδικού μέρους της εργασίας, η οποία αφορά την αναζήτηση επιστημονικών άρθρων στο PubMed σχετικών με τη χρήση των διοδικών laser σε ασθενείς με περιπρωκτικές παθήσεις. Κατόπιν, αναλύονται τα αποτελέσματα της έρευνας μας, δίνοντας έμφαση στις ακριβείς διαδικασίες χρήσης των διοδικών laser σε ασθενείς με αιμορροϊδοπάθεια, περιεδρικό συρίγγιο και κύστη κόκκυγα. Τέλος, όπως φαίνεται και στα συμπεράσματα της εργασίας, καταλήγουμε στη διατύπωση ότι η τεχνολογία των διοδικών laser υπερτερεί των συμβατικών χειρουργικών μεθόδων.

Λέξεις κλειδιά: Laser, κύστη κόκκυγος, περιεδρικό συρίγγιο, αιμορροϊδοπάθεια , κονδυλώματα πρωκτού, περιπρωκτικές παθήσεις , γενική χειρουργική.

ABSTRACT

The present dissertation is a systematic review of the literature, the aim of which is to investigate the applications of diode lasers in the treatment of anal diseases, as well as their degree of superiority over conventional surgical techniques. At first, the background and the reasons for choosing the topic of the present research are set, while then all the hitherto known theory concerning both the anal diseases and the basic specifications of the diode lasers is presented in detail. Then, the methodology followed for the completion of the special part of the dissertation is presented, which concerns the search of scientific articles in PubMed related to the use of diode lasers in patients with anal diseases. Then, the results of our research are analysed, emphasizing the precise procedures of using diode lasers in patients with hemorrhoids, anal fistulas and pilonidal cyst. Finally, as shown in the conclusions of the dissertation, we conclude that the technology of diode lasers is superior to conventional surgical methods.

Keywords: Laser, pilonidal sinus, anal fistula, hemorrhoids, anal warts, perianal diseases, general surgery.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΜΑΤΟΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	15
2.1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ-ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΟΡΘΟΠΡΩΚΤΙΚΟΥ ΣΩΛΗΝΑ	15
2.2 ΠΡΩΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ.....	19
2.3 ΑΙΜΟΡΡΟΪΔΕΣ	19
2.3.1 Συντηρητική αγωγή	22
2.3.2 Αιμορροϊδεκτομή(Milligan Morgan)	24
2.3.3 Αιμορροϊδοπηξία με κυκλικό αναστομωτήρα	25
2.3.4 Μέθοδοι HAL , THD, ADL (Haemorrhoidal Artery Ligation - Transanal Hemorrhoidal Dearterialization-Artery Dediction Ligation)	25
2.4 ΡΑΓΑΔΑ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ	26
2.5 ΚΝΗΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ	28
2.6 ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΑ ΑΠΟΣΤΗΜΑΤΑ - ΣΥΡΙΓΓΙΑ.....	29
2.6.1 Συριγγοτομή	32
2.6.2 ΣΥΡΙΓΓΕΚΤΟΜΗ	33
2.6.3 Video Assisted Anal Fistula Treatment (VAAFT).....	33
2.6.4 Seton.....	34
2.7 Ορθοκολπικά συρίγγια.....	34
2.8 Πυώδης-Συριγγώδης ιδρωταδενίτιδα.....	36
2.9 Κύστη κόκκυγος.....	37
2.9.1 Ανοιχτή μέθοδος	38
2.9.2 Ημίκλειστη μέθοδος.....	39
2.10 Κονδυλώματα πρωκτού	39
2.11 Πρωκτικοί και περιπρωκτικοί όγκοι.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΟΔΙΚΟ LASER.....	44
3.1 Ρεύμα κατωφλιού & Κατώφλι πυκνότητας ρεύματος.....	47
3.2 Η κλίση της καμπύλης L.I.....	49
3.3 Θερμοκρασία.....	49
3.4 Αστιγματισμός.....	50
3.5 Πόλωση	51
3.6 Συγκέντρωση ακτίνων διόδων laser	51
3.7 Οπτικό Φάσμα.....	52

3.8 Κεντρικό μήκος κύματος αλλάζει με τη θερμοκρασία.....	54
3.9 Mode Hopping.....	55
3.10 Απαιτήσεις διάρκειας ζωής διόδων laser	55
3.11 Τρέχουσες απαιτήσεις πηγής για διόδους laser	55
3.12 Έλεγχος θερμοκρασίας για διόδους laser	56
3.13 Δοκιμή και Χαρακτηρισμός Διόδων Laser.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	59
4.1 Διοδικό laser και Αιμορροΐδες	59
4.2 ΔΥΟΔΙΚΟ LASER & ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΑ ΑΠΟΣΤΗΜΑΤΑ-ΣΥΡΙΓΓΙΑ	65
4.3 ΚΥΣΤΗ ΚΟΚΚΥΓΑ ΚΑΙ ΔΥΟΔΙΚΟ LASER	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΜΑΤΟΣ

Ο κλάδος της ιατρικής έχει διενεργήσει ένα μεγάλο κομμάτι του συνόλου της έρευνας για τη χρήση των laser τις τελευταίες δεκαετίες. Για αυτές τις εφαρμογές, τα μοναδικά χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας laser, όπως η πυκνότητα ισχύος Watt / cm² ως συνάρτηση του χρόνου εφαρμογής και της εκπομπής ενέργειας (nsec-msec), είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Στα διοδικά laser, το μέγεθος της ακτινοβολουμένης επιφάνειας (mm³), η συχνότητα εκπομπής ενέργειας (Hz) και το μήκος της ακτινοβολίας παίζουν όλα επίσης σημαντικό ρόλο. Στην εφαρμοσμένη ιατρική, λοιπόν, η ακτινοβολία laser είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο. Η ανάκλαση, η απορρόφηση από τα μόρια των ιστών, η σκέδαση και η διάχυση, καθώς και η μετάδοση μέσω των ιστών, είναι όλα παραδείγματα επιδράσεων στους ιστούς. Το laser χρησιμοποιείται σε μια ποικιλία ιατρικών ειδικοτήτων, οι πιο κοινές από τις οποίες είναι η οφθαλμολογία, η ουρολογία και η οδοντιατρική για την επίλυση ποικίλων προβλημάτων.

Ο συνδυασμός της τεχνολογίας laser και της θεραπευτικής ενδοσκόπησης έχει δώσει στη θεραπεία χειρουργικών ασθενειών μια εντελώς νέα διάσταση. Το laser έχει θεωρηθεί ως θεραπεία που αναζητά ένα πρόβλημα από τους επικριτές του, ενώ οι υποστηρικτές του το διαφημίζουν ως θεραπεία σε πολλές χειρουργικές δυσκολίες. Η διενέργεια laser χρησιμοποιήθηκε σε δερματικές παθήσεις στις αρχές της δεκαετίας του 1960 (Goldman et al,1964), ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για τη θεραπεία γαστρεντερικών παθήσεων στα μέσα της δεκαετίας του 1970 (Silverstein et al,1976). Έκτοτε, η τεχνολογία laser έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες γενικές χειρουργικές ειδικότητες και υποειδικότητες. Η ενδοσκοπική θεραπεία της οξείας αιμορραγίας, η κατάλυση όγκων/ και αγγειακών ανωμαλιών, η επανασωληνοποίηση της ενδοαυλικής απόφραξης και η θεραπεία αρκετών ορθοκολικών καταστάσεων έχουν διευρύνει το πεδίο εφαρμογής των γαστρεντερικών εφαρμογών.

Όσοι παρουσιάζονται ως υποστηρικτές της χειρουργικής με laser επιχειρηματολογούν τονίζοντας ότι έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι της

παραδοσιακής χειρουργικής, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς επαφή, μπορεί να φτάσει σε θέσεις που δεν είναι προσβάσιμες από τα χέρια του χειρουργού, το βάθος διείσδυσης δηλώνεται ότι είναι προβλέψιμο, ενώ επίσης οι υψηλές δόσεις φωτεινής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς να προκαλέσουν ουλές. Ακόμη, η επούλωση του τραύματος αναφέρεται ότι είναι ταχύτερη και η μετεγχειρητική ενόχληση λέγεται ότι είναι μειωμένη. Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι λιγότερο γνωστά. (Kiefhaber,1987, Mandava et al,1991)

Τουλάχιστον 10 εκατομμύρια άνθρωποι αναζητούν ιατρική βοήθεια λόγω των αιμορροΐδων από τις οποίες πάσχουν κάθε χρόνο, σύμφωνα με εκτιμήσεις (Johanson & Sonnenberg,1990). Η πλειονότητα των ασθενών μπορεί να αντιμετωπιστεί συντηρητικά ή με μία από τις διάφορες διαθέσιμες μη εγχειρητικές θεραπείες, όπως η απολίνωση, η ενέσιμη σκληροθεραπεία και η υπέρυθρη πήξη. Η χειρουργική εκτομή συνήθως προορίζεται για ασθενείς που έχουν αποτύχει σε εναλλακτικές θεραπείες, έχουν συσχετισμένες ρωγμές ή έχουν σοβαρή πρόπτωση αιμορροΐδων που εμφανίζεται σε λιγότερο από το 10% της συμπτωματικής αιμορροϊδικής νόσου (Higuero et al,2016).

Τα laser έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί στη θεραπεία των συμπτωματικών αιμορροΐδων σε όλα τα στάδια τα τελευταία χρόνια. Σε σύγκριση με τις τυπικές επεμβάσεις, κάποιιο υποστηρίζουν ότι αυτή η τεχνική έχει ως αποτέλεσμα λιγότερο πόνο, μειωμένες επιπλοκές και ταχύτερη επιστροφή στους φυσιολογικούς ρυθμούς της ζωής (Longchamp et al,2021).

Η ασθένεια Condylomata acuminata έχει αρχίσει να εμφανίζεται όλο και πιο συχνά, θέτοντας μια σοβαρή πρόκληση για τους ουρολόγους, τους γυναικολόγους και τους γενικούς χειρουργούς. Τα κονδυλώματα, τα οποία προκαλούνται από τον σεξουαλικά μεταδιδόμενο ιό HPV, έχουν τόσο διαφορετική κλινική εικόνα και πορεία μεταξύ ατόμων διαφόρων φύλων, σεξουαλικών προτιμήσεων και ανοσολογικών καταστάσεων, που τα αποτελέσματα της θεραπείας είναι απρόβλεπτα. Αυτή η διαδεδομένη ασθένεια είναι ένα σοβαρό πρόβλημα δημόσιας υγείας λόγω της σεξουαλικής μεταδοτικότητάς της, των ενοχλητικών συμπτωμάτων και της πιθανότητας κακοήθους εξαλλαγής (Κανέλλος,2021).

Η θεραπεία επικεντρώνεται στην εξάλειψη της κλινικής εκδήλωσης της λοίμωξης των θηλωμάτων χρησιμοποιώντας μια ποικιλία θεραπειών. Δυστυχώς, αυτό δεν εγγυάται ότι ο ασθενής θα θεραπευτεί οριστικά. Με τοπική ποδοφυλλίνη, καυστικούς παράγοντες και κυτταροστατικά, καθώς και με ανοσοθεραπεία, ενέσεις ιντερφερόνης και κρυοθεραπεία, έχουν καταγραφεί ποσοστά υποτροπής 10% έως 65%. Για τη θεραπεία των υποτροπιαζόντων κονδυλωμάτων, η χειρουργική εκτομή και ο ηλεκτροκαυτηριασμός παραμένουν οι κύριες χειρουργικές θεραπείες (Κανέλλος,2021).

Ωστόσο, οι τεχνικές αυτές παρουσιάζουν πολλές επιπλοκές και ανεπιθύμητες ενέργειες. Έτσι, η χρήση του laser για την εξάλειψη των κονδυλωμάτων του πρωκτού και της περιπρωκτικής περιοχής έχει επιδοκιμαστεί για την μείωση των επιπλοκών αυτών στο ελάχιστο. Υποστηρίζεται επίσης ότι προάγει την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη epύλωση του τραύματος. Παρόλα αυτά, ενώ τα αποτελέσματα της εξαχνωσης με laser περιπρωκτικών και ενδοπρωκτικών θηλωμάτων έχουν τεκμηριωθεί καλά σε γυναικολογικά και ουρολογικά περιβάλλοντα, τα αποτελέσματα της αφαίρεσης περιπρωκτικών και ενδοπρωκτικών θηλωμάτων μέσω της συγκεκριμένης τεχνικής επιδέχονται εκτενέστερης τεκμηρίωσης. Ωστόσο πρόσφατα έχουν σημειωθεί μερικές έρευνες οι οποίες αφορούν τον τομέα αυτό (Mistrangelo et al,2017).

Το laser εκτός των παραπάνω ασθενειών έχει χρησιμοποιηθεί και για τη θεραπεία του καρκίνου του παχέος εντέρου στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρώπη σε μεγάλο βαθμό για την ανακούφιση ασθενών που κρίνεται ότι δεν μπορούν να χειρουργηθούν ή έχουν υψηλούς χειρουργικούς κινδύνους, καθώς και για την επανασωληνοποίηση αποφρακτικών όγκων πριν από την επίσημη προετοιμασία του εντέρου και την πρωτογενή εκτομή. Για δεκαετίες, οι τοπικές ανακουφιστικές θεραπείες έχουν διερευνηθεί σε μια προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας ζωής σε ασθενείς με προχωρημένη νόσο ή συνυπάρχουσες ιατρικές ασθένειες (Siegel et al,2021). Είχαν διάφορους βαθμούς επιτυχίας και υψηλό ποσοστό επιπλοκών. Πολλές εργασίες από την άλλη έχουν περιγράψει τη χρήση της φωτοκατάλυσης με laser για τη θεραπεία νεοπλασμάτων του παχέος εντέρου και του ορθού από τις αρχές της δεκαετίας του 1980. Αυτοί που είναι υπέρ της θεραπείας με laser υποστηρίζουν ότι είναι ευεργετική

επειδή παρέχει ανακούφιση που είναι συγκρίσιμη, αν όχι ανώτερη, με άλλες τοπικές διαδικασίες. Μπορεί να γίνει ως διαδικασία εξωτερικών ασθενών ή ως μέρος σύντομης παραμονής στο νοσοκομείο και έχει συνδεθεί με μειωμένο ποσοστό επιπλοκών και καλύτερη ποιότητα ζωής. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε βλάβες που βρίσκονται πάνω από την περιτοναϊκή ανάκλαση (Rahman,2019). Ωστόσο, η μέθοδος αυτή παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να μελετηθούν και να φανεί το αν τα πλεονεκτήματα είναι περισσότερα ή λιγότερα.

Στο σημείο αυτό θα γίνει μία μικρή ιστορική αναδρομή στην πορεία της εξέλιξης του διοδικού laser στην σημερινή του μορφή. Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι ο Robert N. Hall και οι συνάδελφοί του στο ερευνητικό κέντρο General Electric έχουν επισημανθεί ως οι πρώτοι που απέδειξαν συνεκτική εκπομπή φωτός από μια δίοδο ημιαγωγού (η πρώτη δίοδος laser) το 1962 (Hall et al,1962). Επίσης, ο Nick Holonyak παρουσίασε την πρώτη δίοδο laser ορατού μήκους κύματος αργότερα το 1962. Άλλες ομάδες από τα IBM, MIT Lincoln Laboratory, Texas Instruments και RCA Laboratories συμμετείχαν επίσης και έλαβαν τα εύσημα για τις ιστορικές πρώτες επιδείξεις αποτελεσματικής εκπομπής φωτός και lasing σε διόδους ημιαγωγών το 1962 και μετά. Πιο συγκεκριμένα, ο Herbert Nelson της RCA Laboratories πρωτοστάτησε στην επιταξία υγρής φάσης (LPE) στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Έδωσε τη δυνατότητα επίδειξης των κορυφαίας ποιότητας υλικών laser ημιαγωγών ετεροσυναρμολόγησης για πολλά χρόνια με την επίστρωση κρυστάλλων υψηλής ποιότητας διαφορετικών συνθέσεων. Το LPE έχει υιοθετηθεί από όλα τα κορυφαία εργαστήρια του κόσμου και χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια. (Dupuis & Krames, 2008)

Η επιταξία μοριακής δέσμης και η οργανομεταλλική χημική εναπόθεση ατμών την ξεπέρασαν τελικά τη δεκαετία του 1970. Σε θερμοκρασίες 77°K, τα διοδικά laser της περιόδου είχαν πυκνότητες ρεύματος κατωφλιού 1000 Amperes ανά τετραγωνικό εκατοστό. Δεδομένου ότι η περιοχή επαφής των διοδικών laser είναι κλάσμα τετραγωνικού εκατοστού, αυτή είναι μια σχετικά χαμηλή πυκνότητα ρεύματος. Το Continuous-lasing επιδείχθηκε για πρώτη φορά χάρη σε αυτή την απόδοση. Οι πυκνότητες ρεύματος κατωφλιού ήταν δύο τάξεις μεγέθους υψηλότερες όταν λειτουργούσαν σε θερμοκρασία δωματίου, περίπου 300°K ή 100.000 Amperes ανά τετραγωνικό εκατοστό στις καλύτερες συσκευές. Για την υπόλοιπη δεκαετία του

1960, ο βασικός στόχος ήταν να επιτευχθεί χαμηλή πυκνότητα ρεύματος κατωφλιού στους 300°K και να επιδειχθεί laser συνεχών κυμάτων από laser δίοδου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Duruis & Krames,2008).

Οι δίοδοι ομοσύνδεσης ήταν τα πρώτα διοδικά laser. Με άλλα λόγια, τα διάκενα ζώνης του στρώματος πυρήνα του κυματοδηγού και των περιβαλλόντων επιστρώσεων ήταν πανομοιότυπα. Ανακαλύφθηκε ότι υπήρχε η δυνατότητα προσθήκης ετεροσυνδέσμων, κάτι που κατέστη δυνατό με τη χρήση επιτάξεως υγρής φάσης με αρσενίδιο του γαλλίου αλουμινίου. Ο Herbert Kroemer, ενώ εργαζόταν στα εργαστήρια RCA στα μέσα της δεκαετίας του 1950, αναγνώρισε ότι οι ετεροσυνδέσεις (κατασκευασμένες από ετεροδομές) είχαν ξεχωριστά πλεονεκτήματα για μια ποικιλία ηλεκτρικών και οπτοηλεκτρονικών συσκευών, συμπεριλαμβανομένων των διοδικών laser. Το LPE επέτρεψε την παραγωγή laser δίοδων ετεροσύνδεσης (Kroemer,1963).

Τα laser δίοδου μονής ετεροσύνδεσης ήταν τα πρώτα της κατηγορίας αυτής. Οι εγχυτήρες τύπου p-αρσενίδιο γαλλίου αλουμινίου τοποθετήθηκαν πάνω σε στρώματα αρσενιδίου γαλλίου τύπου n που παράγονται στο υπόστρωμα από LPE σε αυτά τα laser.

Το laser διπλής ετεροδομής ήταν η σημαντική ανακάλυψη που παραβίασε το φράγμα θερμοκρασίας δωματίου. Μια διπλή ετεροδομή που παρουσιάστηκε το 1970, σχεδόν ταυτόχρονα από τον Zhores Alferon και τους συνεργάτες (συμπεριλαμβανομένου του Dimitri Z. Garbuzov) της Σοβιετικής Ένωσης και των Morton Panish και Izuo Hayashi των Ηνωμένων Πολιτειών, ήταν η πρώτη δίοδος laser που πέτυχε λειτουργία συνεχούς κύματος (Alferon,2001). Ωστόσο, θεωρείται σε μεγάλο βαθμό η υπόθεση ότι ο Zhores I. Alferon και οι συνεργάτες του ήταν οι πρώτοι που πέτυχαν το ορόσημο. Ο Alferon και ο Kroemer μοιράστηκαν το Νόμπελ Φυσικής το 2000 για τη δουλειά τους και των συναδέλφων τους (Alferon & Kroemer,2000).

Το ενδιαφέρον για την αντιμετώπιση των περιπρωκτικών παθήσεων με τη χρήση του διοδικού laser έχει αρχίσει να αυξάνεται αισθητά. Από την άλλη, προκειμένου να εδραιωθεί η χρήση της τεχνικής αυτής ως κυρίαρχη απαιτείται τεκμηρίωση μέσω της

διεξαγωγής ερευνών, οι οποίες θα τονίζουν τα πλεονεκτήματα, με παράλληλη αναφορά στα μειονεκτήματα του laser, έναντι των κλασσικών χειρουργικών τεχνικών. Μέσω της διεξαγωγής της συγκεκριμένης εργασίας θα προσπαθήσουμε να κάνουμε την αρχή στην επέκταση της χρήσης του laser για την αντιμετώπιση των περιπρωκτικών παθήσεων.

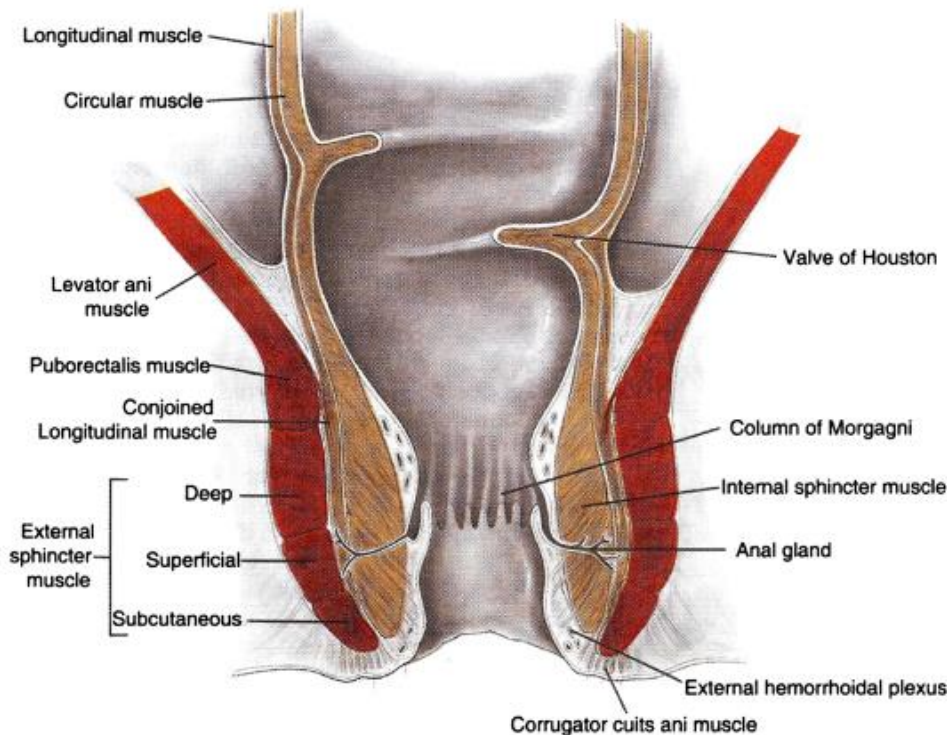
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να απαντηθούν όλα τα παρακάτω ερωτήματα:

- ✓ Πως το διοδικό laser μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση των περιπρωκτικών παθήσεων;
- ✓ Ποια είναι τα οφέλη του διοδικού laser έναντι των κλασσικών χειρουργικών τεχνικών;
- ✓ Ποια είναι τα μειονεκτήματα του διοδικού laser;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ-ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΟΡΘΟΠΡΩΚΤΙΚΟΥ ΣΩΛΗΝΑ

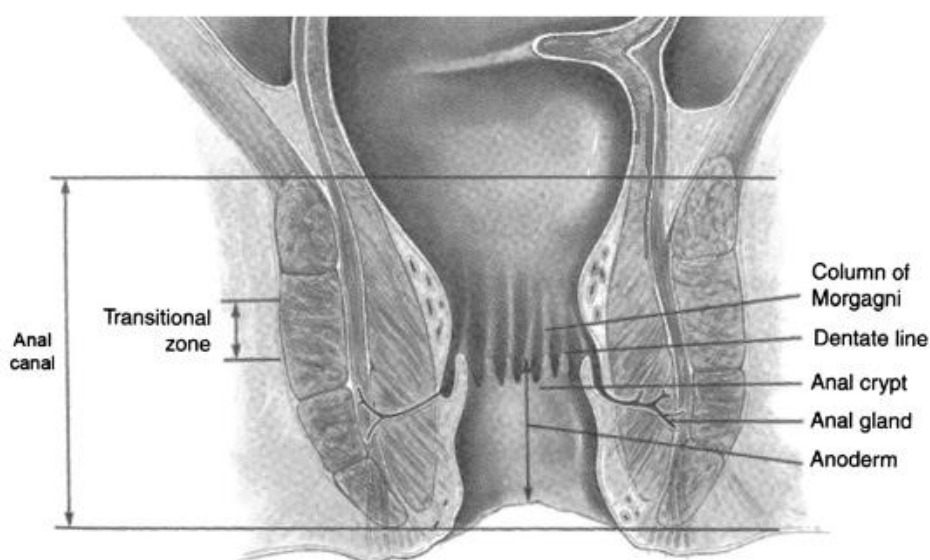
Το ορθό και ο πρωκτικός σωλήνας (εικόνα 2.1) αποτελούν το περιφερικότερο τμήμα του παχέος εντέρου, καθώς και ένα μεγάλο μέρος αυτού. Το ορθό εντοπίζεται στη πυελική χώρα και εκτείνεται από το ύψος του Ι3 σπονδύλου, στην ορθοσιγμοειδική συμβολή, έως και την ορθοπρωκτική συμβολή και τον αιμορροϊδικό δακτύλιο. Έχει μήκος περίπου 15 εκατοστά και βρίσκεται μπροστά από το ιερό οστό και τον κόκκυγα ενώ στη προς τα κάτω πορεία του συνεχίζει προς τα πίσω μέσα στο περίνεο μέχρι να φτάσει στον πρωκτό (Kaiser & Ortega,2002).



Εικόνα 2.1: Έσω και έξω σφιγκτήρας του πρωκτού (Barleben & Mills,2010)

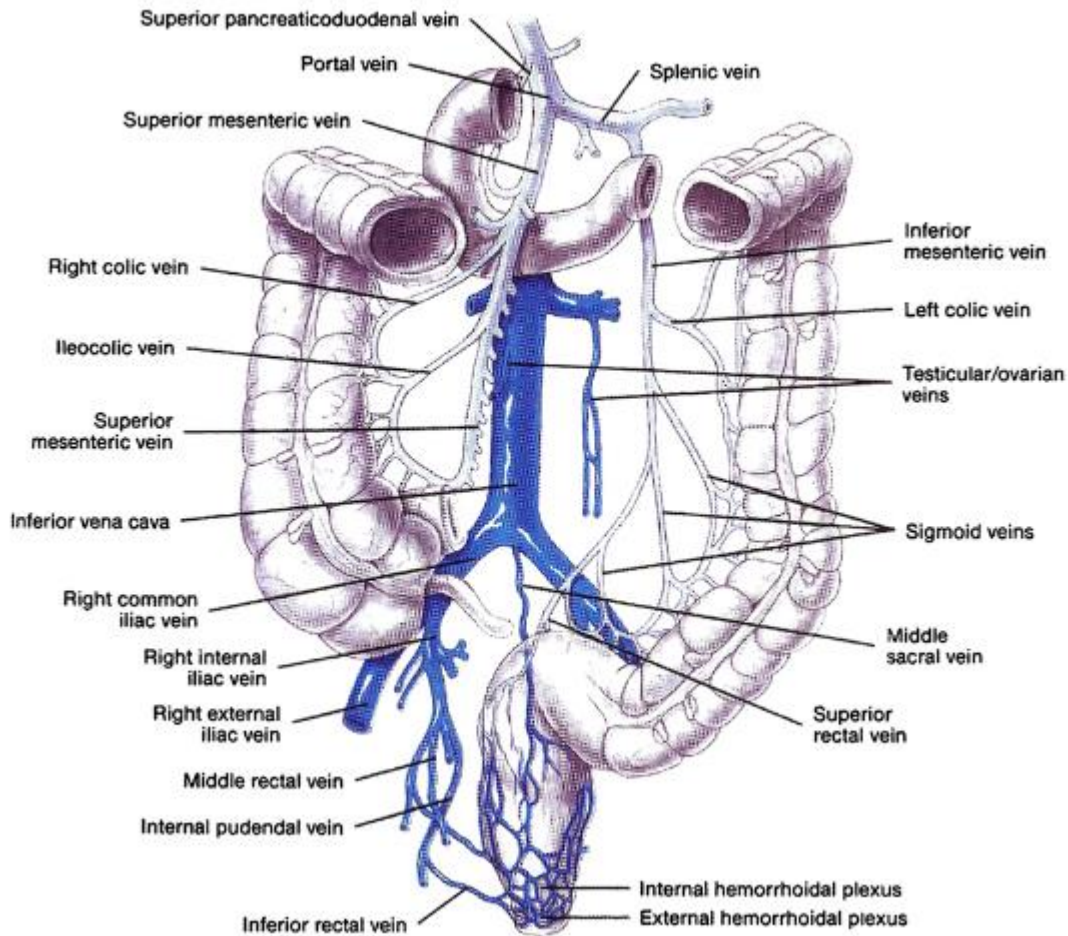
Ο πρωκτός, ή αλλιώς ο λεγόμενος πρωκτικός σωλήνας, έχει μήκος περίπου 3 με 4 εκατοστά και εκτείνεται από την πρωκτοδερματική γραμμή έως κι τον ορθοπρωκτικό δακτύλιο, δηλαδή στο ανώτερο όριο των στηλών του Morgagni (οι οποίες είναι πτυχές του βλεννογόνο, 8-10 σε αριθμό)(εικόνα 2.2). Τα περιφερικά άκρα των στηλών αυτών είναι πλατύτερα και συνδέονται μεταξύ τους με τις πρωκτικές βαλβίδες, δημιουργώντας την οδοντωτή γραμμή. Οι πρωκτικές βαλβίδες είναι μικρές

μηνοειδούς σχήματος πτυχές του βλεννογόνου, σε κάποιες από τις οποίες βρίσκεται η εκβολή των πρωκτικών αδένων. Οι πρωκτικοί αυτοί αδένες, οι οποίοι είναι 5 με 8 σε αριθμό βρίσκονται τόσο υποβλεννογόνια, όσο και στον έσω σφιγκτήρα καθώς και μεταξύ των δύο σφιγκτήρων του πρωκτού. Μεταξύ των στηλών του Morgagni βρίσκονται οι πρωκτικοί κόλποι, δηλαδή κάποιες επιμήκεις αύλακες. Επίσης, υποβλεννογόνια και πάνω από την οδοντωτή γραμμή εντοπίζονται οι εσωτερικές αιμορροΐδες, ενώ κάτω από το δέρμα στην έξοδο του πρωκτού βρίσκονται οι εξωτερικές αιμορροΐδες (Gordon,2001).



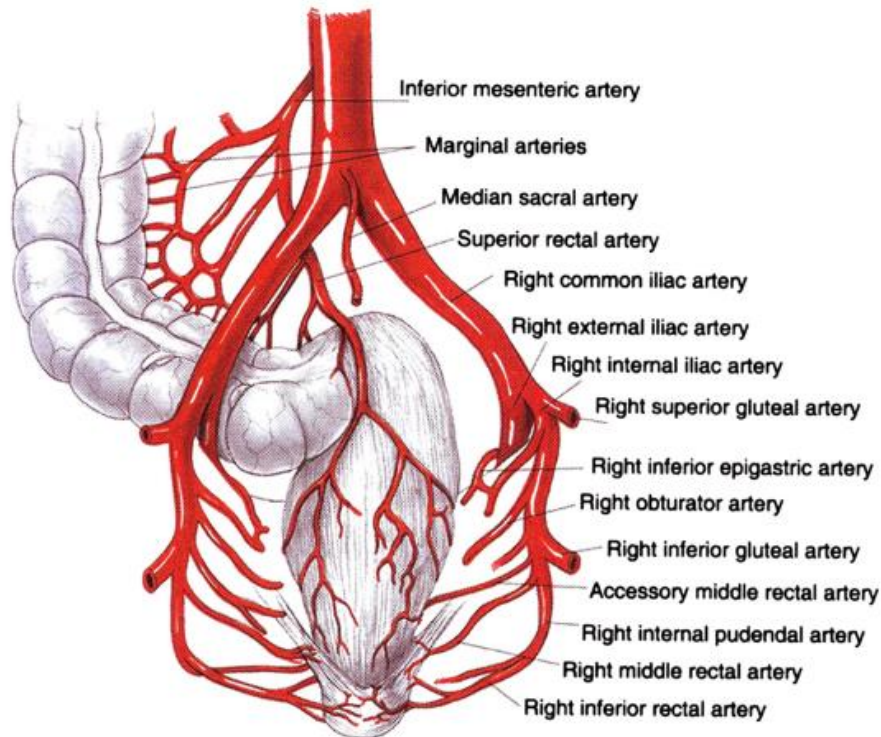
Εικόνα 2.2: Ο βλεννογόνος του ορθοπρωκτικού σωλήνα(Barleben & Mills,2010)

Στο σύνολο του ο ορθοπρωκτικός σωλήνας περιβάλλεται από τον έσω σφιγκτήρα, ο οποίος στην ουσία είναι η συνέχεια του λείου μυϊκού χιτώνα του απευθυσμένου, καθώς και από τον έξω σφιγκτήρα, ο οποίος έχει σύσταση γραμμωτού μυός και μεταπίπτει προς τα πάνω στον ανελκτήρα και τον ηβοορθικό μυ. Ο ορθοπρωκτικός δακτύλιος στο σύνολο του σχηματίζεται από τη συμβολή του έξω και έσω σφιγκτήρα με τον ηβοορθικό μυ. Είναι ένας μυς ο οποίος διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην εγκράτεια του περιεχομένου του ορθοπρωκτικού σωλήνα (Barleben & Mills,2010).



Εικόνα 2.3 : Το φλεβικό δίκτυο του ορθοπρωκτικού σωλήνα(Barleben & Mills,2010)

Η αιμάτωση του ορθοπρωκτικού σωλήνα πραγματοποιείται από την άνω αιμορροϊδική αρτηρία(η οποία είναι τελικός κλάδος της κάτω μεσεντέριας αρτηρίας), τις δύο μέσες αιμορροϊδικές αρτηρίες (οι οποίες είναι κλάδοι των έσω λαγονίων αρτηριών) καθώς και από τις κάτω αιμορροϊδικές αρτηρίες (οι οποίες είναι κλάδοι των έσω αιδοϊκών αρτηριών)(εικόνα 2.4). Επίσης, η φλεβική αποροή γίνεται μέσω του υποδόριου και υποβλεννογόνιου αιμορροϊδικού πλέγματος του ορθοπρωκτικού σωλήνα. Πιο συγκεκριμένα, οι φλέβες που προέρχονται από αυτά τα δύο πλέγματα σχηματίζουν τις άνω, μέσες και κάτω αιμορροϊδικές φλέβες, από τις οποίες οι τελευταίες εκβάλλουν τελικά στις έσω λαγονίες φλέβες ενώ οι πρώτες εκβάλλουν στη κάτω μεσεντέρια φλέβα (Barleben & Mills,2010)(εικόνα 2.3).



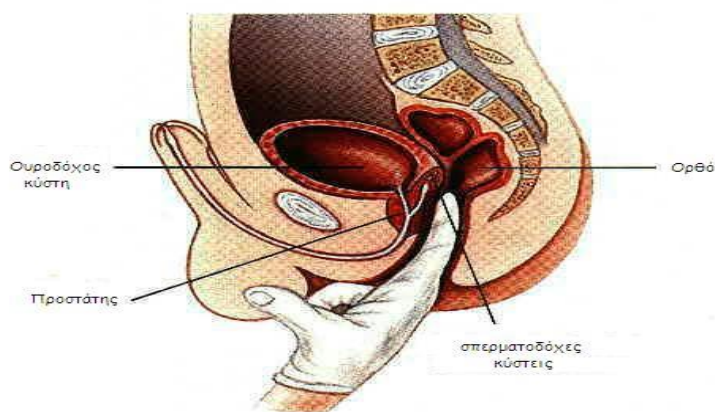
Εικόνα 2.4 : Οι αρτηρίες που αιματώνουν των ορθοπρωκτικό σωλήνα

Η εγκράτεια κοπράνων αποτελεί μία πολύ σημαντική ιδιότητα του ορθοπρωκτικού σωλήνα, στην οποία συμβάλλουν η νεύρωση του ορθού καθώς και του πυελικού εδάφους, των σφιγκτήρων και του ανελκτήρα. Επίσης, συμμετοχή φαίνεται να έχουν η διατήρηση της αισθητικότητας του πρωκτού καθώς και της γωνίας των 80° η οποία σχηματίζεται μεταξύ του πρωκτικού σωλήνα και του ορθού. Εκτός αυτών, σπουδαίο ρόλο διαδραματίζει ο έσω σφιγκτήρας του πρωκτού, ο οποίος πάντα βρίσκεται σε σύσπαση εκτός από τις στιγμές που πραγματοποιείται η αφόδευση οπότε χαλαρώνει, καθώς και ο έξω σφιγκτήρας ο οποίος συσπάται σε περιπτώσεις που εκούσια κρίνεται απαραίτητη η διακοπή της αφόδευσης (Sherwood,2016).

Κατά την αφόδευση, προκαλείται αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης με παράλληλη σύσπαση του ορθού, ευθυσμό της ορθοπρωκτικής γωνίας, χάλαση των σφιγκτήρων και των μυών του πυελικού εδάφους προκειμένου να πραγματοποιηθεί έξοδος των κοπράνων (Sherwood,2016).

2.2 ΠΡΩΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Για τη διάγνωση των περιπρωκτικών παθήσεων μεγάλης κλινικής σημασίας είναι η πρωκτολογική εξέταση, η οποία αφορά τόσο την επισκόπηση όσο και την ψηλάφηση του πρωκτού (εικόνα 2.5). Έτσι, πραγματοποιείται δακτυλική εξέταση του πρωκτού καθώς και πρωκτοσκόπηση, με τον ασθενή να βρίσκεται σε αριστερή πλάγια κατακεκλυμένη ή γυναικολογική θέση. Μέσω της δακτυλικής εξέτασης μπορεί να ελεγχθεί ο μυϊκός τόνος των σφιγκτήρων, η ύπαρξη αίματος στο δάκτυλο και παράλληλα μπορεί να παρατηρηθεί τυχόν ύπαρξη κάποιου όγκου. Επίσης, κατά την πρωκτοσκόπηση διερευνάται ο πρωκτικός σωλήνας σε όλο του το μήκος. Εκτός αυτών βέβαια, μπορούν να διενεργηθούν συμπληρωματικές εξετάσεις όπως το ηλεκτρομυογράφημα, η μανομετρία, το διαπρωκτικό υπερηχογράφημα και το αφοδευσιογράφημα.



Εικόνα 2.5 : Δακτυλική εξέταση πρωκτικού σωλήνα(Binipatia higienismo,2013)

2.3 ΑΙΜΟΡΡΟΪΔΕΣ

Οι **εσωτερικές αιμορροΐδες** αποτελούν φυσιολογικές ανατομικές οντότητες που εντοπίζονται στον ορθοπρωκτικό σωλήνα, οι οποίες παίζουν ρόλο στη σύγκλιση του πρωκτού και αποτελούνται από συνδετικό ιστό και αιμοφόρα αγγεία. Οι αιμορροΐδοπάθειες οφείλονται στη διάταση και την υπερπλασία των αιμορροΐδων, τα οποία προκύπτουν λόγω της στάσης του αίματος στις φυσιολογικές αιμορροΐδες λόγω της άνω του φυσιολογικού αύξησης της ενδοκοιλιακής πίεσης. Αυτή η αύξηση

πολύ συχνά παρατηρείται σε καταστάσεις όπως η δυσκοιλιότητα ή κατά τη κένωση της ουροδόχου κύστεως σε περιπτώσεις όπου ο προστάτης έχει διογκωθεί, καθώς και στη κύηση και τη παχυσαρκία. Σε περιπτώσεις χρόνιας επαναλαμβανόμενης συμφόρησης των φυσιολογικών αιμορροϊδων προκαλείται χαλάρωση του συνδετικού ιστού αυτών, ο οποίος έχει στηρικτικό ρόλο, οπότε αυτές προπίπτουν στον πρωκτικό σωλήνα (Sanchez & Chinn,2011).

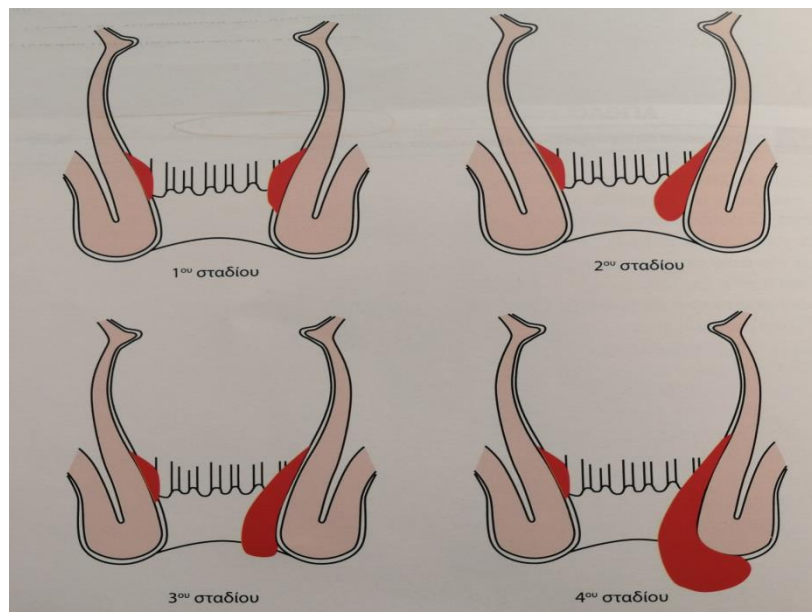
Οι εξωτερικές αιμορροΐδες, σε αντίθεση με της εσωτερικές, καλύπτονται από δέρμα και γίνονται συμπτωματικές όταν αυτές θρομβωθούν, οπότε εκδηλώνονται με αδιάκοπο και μεγάλης έντασης πρωκτικό πόνο. Οι αιμορροΐδοπάθεια αυτού του τύπου οφείλεται στην καταβολή έντονης σωματικής προσπάθειας η οποία ασκεί έντονη ξαφνική αύξηση της πίεσης στις φλέβες των αιμορροϊδων και κατά συνέπεια θρόμβωση. Η κλινική εικόνα τους διαφέρει από τη κλινική εικόνα των εσωτερικών αιμορροϊδων, η οποία θα αναλυθεί παρακάτω, και αφορά επώδυνο όζο χρώματος ερυθρομέλανου, με μέγεθος ρεβιθιού ή αμυγδάλου ο οποίος εντοπίζεται στη πρωκτοδερματική γραμμή. Σε περίπτωση ρήξης του όζου εξέρχονται πύγματα αίματος. Η θεραπεία των εξωτερικών αιμορροϊδων είναι διαφορετική από αυτή που θα παρουσιαστεί παρακάτω και πρόκειται για συντηρητική αγωγή με χλιαρά υδρόλουτρα, κλινοστατισμό καθώς και ήπια επεμβατική θεραπεία μεσχάση του όζου που έχει πάθει θρόμβωση ή εκτομή της θρομβωμένης περιοχής, η οποία φέρνει άμεση ανακούφιση του ασθενούς (Mounsey et al,2011).

Στους προδιαθεσικούς παράγοντες της αιμορροΐδοπάθειας περιλαμβάνονται η χρόνια δυσκοιλιότητα, η διατροφή που είναι φτωχή σε φυτικές ίνες, το αλκοόλ, τα καρυκεύματα, η κύηση, η πυλαία υπέρταση, η γενετική προδιάθεση καθώς και ορισμένα επαγγέλματα όπως ο οδηγός και ο πιλότος (Mounsey et al,2011).

Η κλινική εικόνα της αιμορροΐδοπάθειας περνά από τέσσερα στάδια, τα οποία είναι τα εξής:

- ✓ 1^ο στάδιο, στο οποίο ανήκουν οι αιμορροϊδικοί όζοι, οι οποίοι φαίνονται μόνο κατά την μικροσκοπική εξέταση. Στο στάδιο αυτό υπάρχει μικρή απώλεια αίματος χρώματος ερυθρού κατά τις κενώσεις.

- ✓ 2^ο στάδιο, στο οποίο ανήκουν όλοι οι όζοι οι οποίοι εμφανίζουν περιοδική πρόπτωση κατά τις κενώσεις και μπορούν αυτόματα να αναταχθούν. Οι όζοι αυτοί προκαλούν απώλεια αίματος και άγχη νυγμώδη.
- ✓ 3^ο στάδιο, στο οποίο οι όζοι εμφανίζουν πρόπτωση τόσο κατά τις κενώσεις όσο και στο περπάτημα και την όρθια στάση, ενώ η ανάταξη τους γίνεται μηχανικά με το χέρι. Στο στάδιο αυτό παρατηρείται απώλεια αίματος με σπάνια συχνότητα, ωστόσο το αίσθημα δυσανεξίας στον πρωκτό είναι συχνότερο και εντονότερο από το αντίστοιχο σύμπτωμα των όζων του δευτέρου σταδίου.
- ✓ 4^ο στάδιο, στο οποίο οι όζοι εμφανίζουν μόνιμη πρόπτωση και δεν ανατάσσονται με κανέναν τρόπο. Παρατηρείται βλεννώδες υγρό, το οποίο κατά την έξοδό του είναι δυνατό να προκαλέσει κνησμό του δακτυλίου και δερματίτιδα (Κανέλλος,2015).



Εικόνα2.6 : Στάδια εξέλιξης της αιμορροϊδοπάθειας(Κανέλλος,2015)

Για τη διάγνωση της αιμορροϊδοπάθειας είναι απαραίτητη η διενέργεια των εξής εξετάσεων:

- ✓ Πρωκτοσκόπηση, η οποία είναι χρήσιμη για τη σταδιοποίηση της αιμορροϊδοπάθειας
- ✓ Κολονοσκόπηση, προκειμένου να αποκλειστεί η ύπαρξη παθήσεων του ορθού και του σιγμοειδούς, οι οποίες όπως και η αιμορροϊδοπάθεια έχουν ως βασικό σύμπτωμα την απώλεια αίματος, όπως για παράδειγμα ο καρκίνος, οι πολύποδες, η εκκολπωμάτωση και η φλεγμονώδης νόσοι. Παρόλο που η εικόνα των αιμορροϊδων είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστική, είναι απαραίτητη η διαφορική τους διάγνωση από τη πρόπτωση του ορθού, τους καλοήθεις και τους κακοήθεις όγκους της ορθοπρωκτικής περιοχής, τα οξυτενή κονδυλώματα, τη θρόμβωση της εξωτερικής αιμορροϊδας, την υπερτροφική θηλή της οδοντωτής γραμμής και τα δερματικά ράκη του πρωκτού (Sneider & Maykel,2010).

Ανάλογα με τον βαθμό και τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων, η θεραπευτική στρατηγική για τις αιμορροΐδες μπορεί να κυμαίνεται από αλλαγές στη διατροφή και τον τρόπο ζωής έως τη σοβαρή χειρουργική επέμβαση.

2.3.1 Συντηρητική αγωγή

Επειδή η αποβολή κοπράνων δια του πρωκτού μπορεί να τραυματίσει τον βλεννογόνο του και να προκαλέσει συμπτωματικές αιμορροΐδες, η ενίσχυση της πρόσληψης φυτικών ινών στη διατροφή μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της καταπόνησης κατά την αφόδευση. Έχει φανεί ότι η συμπλήρωση φυτικών ινών στη διατροφή μείωσε τη συχνότητα εμφάνισης επίμονων συμπτωμάτων και αιμορραγίας κατά περίπου 50% σε κλινικές έρευνες, αλλά δεν βελτίωσε τα συμπτώματα της πρόπτωσης, της δυσφορίας ή του κνησμού σε άτομα με αιμορροϊδοπάθεια (Alonso-Coello et al,2006). Ωστόσο, τα ευεργετικά αποτελέσματα της προσθήκης φυτικών ινών στη διατροφή μπορεί να φανούν μετά την πάροδο 6 εβδομάδων (Moesgaard et al,1982).

Εκτός αυτού, η αυξημένη πρόσληψη διαιτητικών ινών και υγρών από του στόματος, η μειωμένη κατανάλωση λίπους, η τακτική άσκηση, η βελτίωση της υγιεινής του πρωκτού και η αποφυγή φαρμάκων που προκαλούν δυσκοιλιότητα ή διάρροια είναι

όλα παραδείγματα αλλαγών του τρόπου ζωής οι οποίες μπορούν να συμβάλλουν στην ανακούφιση από τα συμπτώματα της αιμορροϊδοπάθειας.

Η χρήση από του στόματος φλαβονοειδών για τη θεραπεία της χρόνιας φλεβικής ανεπάρκειας και του οιδήματος είναι τεκμηριωμένη, καθώς φάνηκε να έχουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες καθώς και την ικανότητα να αυξάνουν τον αγγειακό τόνο, να μειώνουν τη φλεβική χωρητικότητα, να μειώνουν τη διαπερατότητα των τριχοειδών και να διευκολύνουν τη λεμφική παροχέτευση (Labrid,1994). Χρησιμοποιούνται ως από του στόματος φάρμακο για τη θεραπεία της αιμορροϊδοπάθειας, κυρίως στην Ευρώπη και την Ασία, παρά το γεγονός ότι ο ακριβής μηχανισμός δράσης τους είναι άγνωστος.

Ένα άλλο φλεβοτονικό φάρμακο είναι το από του στόματος δοβεσουλκικό ασβέστιο, το οποίο χρησιμοποιείται για τη θεραπεία της διαβητικής αμφιβληστροειδοπάθειας, της χρόνιας φλεβικής ανεπάρκειας και των οξέων συμπτωμάτων της αιμορροϊδοπάθειας (Misra,2005). Το φάρμακο αυτό αποδείχθηκε ότι μειώνει τη διαπερατότητα των τριχοειδών, αποτρέπει τη συσσώρευση αιμοπεταλίων και ενισχύει το ιξώδες του αίματος, με αποτέλεσμα τη μείωση του οιδήματος των ιστών (Tejerina & Ruiz,1998). Μια κλινική έρευνα της θεραπείας των αιμορροϊδων διαπίστωσε ότι το δοβεσουλκικό ασβέστιο, όταν συνδυάστηκε με συμπλήρωμα φυτικών ινών, προσέφερε εξαιρετική συμπτωματική ανακούφιση από την οξεία αιμορραγία και συνδέθηκε με σημαντική μείωση της φλεγμονής των αιμορροϊδων (Bülent Menteş et al,2001).

Εκτός αυτών, χρησιμοποιούνται διάφορες τοπικές θεραπείες οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για την ανακούφιση των συμπτωμάτων αντί για τη πλήρη θεραπεία της πάθησης. Οι κρέμες και τα υπόθετα είναι μεταξύ των διαθέσιμων αυτών τοπικών θεραπειών και η πλειονότητα τους διατίθενται χωρίς ιατρική συνταγή. Δεν υπάρχουν αρκετές αποδείξεις που να υποστηρίζουν τη γνήσια αποτελεσματικότητα αυτών των φαρμάκων. Τα τοπικά αναισθητικά, τα κορτικοστεροειδή, κάποια αντιβιοτικά και καθώς και πολλά αντιφλεγμονώδη φαρμακευτικά προϊόντα είναι μερικά από τα συστατικά αυτών των τοπικών φαρμάκων.

Σε ορισμένες ομάδες ασθενών με αιμορροϊδοπάθεια, η τοπική θεραπεία μπορεί να είναι ευεργετική. Σε έρευνα των Tjandra et al.(2007) διαπιστώθηκε ότι η τοπική αλοιφή τρινιτρικού γλυκερυλίου 0,2 % ήταν αποτελεσματική στην ανακούφιση των αιμορροϊδικών συμπτωμάτων σε άτομα με αιμορροΐδες χαμηλού βαθμού και υψηλές πιέσεις ηρεμίας στον πρωκτικό σωλήνα. Κατά τη διάρκεια της θεραπείας, ωστόσο, το 43% των ασθενών είχαν πονοκεφάλους. Σε άλλη έρευνα των Perrotti et al.(2001) διαπιστώθηκε ότι η τοπική χρήση αλοιφής νιφεδιπίνης για τη θεραπεία οξέων θρομβωμένων εξωτερικών αιμορροΐδων ήταν αποτελεσματική. Αξίζει να αναφερθεί ότι η συμπτωματική βελτίωση των αιμορροΐδων από τοπικούς αναστολείς νιτροδών και διαύλων ασβεστίου μπορεί να οφείλεται στη χαλαρωτική επίδρασή τους στον έσω σφιγκτήρα του πρωκτού, παρά στον ίδιο τον αιμορροϊδικό ιστό, όπου μπορεί κανείς να αναμένει κυρίως αγγειοδιασταλτική δράση. Εκτός του ότι επηρεάζουν τον τόνο του εσωτερικού σφιγκτήρα του πρωκτού, ορισμένες τοπικές θεραπείες, όπως το Preparation-H® (, που περιλαμβάνει 0,25 % φαινυλεφρίνη, βαζελίνη, ελαφρύ ορυκτέλαιο και λάδι από συκώτι καρχαρία, στοχεύουν στην αγγειοσυστολή των αγγείων μέσα στις αιμορροΐδες. Τα άλλα συστατικά θεωρούνται προστατευτικά, αλλά η φαινυλεφρίνη είναι αγγειοσυσταλτικό με επιλεκτική αγγειοσυσπαστική δράση. Το Preparation-H διατίθεται σε διάφορες μορφές, όπως αλοιφή, κρέμα, τζελ, υπόθετα, φαρμακευτικά και φορητά μαντηλάκια και άλλα. Ανακουφίζει από τα οξέα συμπτώματα των αιμορροΐδων, όπως αιμορραγία και πόνο κατά την αφόδευση, για μικρό χρονικό διάστημα (Sneider & Maykel,2010).

2.3.2 Αιμορροΐδεκτομή(Milligan Morgan)

Η συγκεκριμένη επέμβαση προτείνεται σε ασθενείς που πάσχουν από αιμορροϊδοπάθεια 4^{ου} σταδίου και αποτελεί εκτομή των αιμορροΐδων με διάφορες τεχνικές. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων χρησιμοποιείται η τεχνική Milligan-Morgan μέσω νέων μορφών ενέργειας, κατά τη διενέργεια της οποίας εκτέμνονται οι τρεις κύριοι αιμορροϊδικοί όζοι ενώ τα τραύματα παραμένουν ανοικτά και η επούλωσή τους γίνεται σε δεύτερο χρόνο (Κανέλλος,2015).

Σκοπό των επεμβατικών μεθόδων είναι το να καθήλωθεί ο βλεννογόνος και ο υποβλεννογόνιος χιτώνας στον μυϊκό χιτώνα του ορθοπρωκτικού σωλήνα, κρατώντας παράλληλα τις αιμορροΐδες στην φυσιολογική ανατομική τους θέση και ελαττώνοντας την παροχή αίματος σε αυτές. Η καθήλωση του βλεννογόνου είναι αποτέλεσμα φλεγμονώδους διαδικασίας στην υποβλεννογόνια περιοχή η οποία έχει ως επακόλουθο την ίνωση από τραύμα μηχανικό, χημικό, θερμικό ή ηλεκτρικό. Προκειμένου να προληφθούν οι πιθανές επιπλοκές, οποιαδήποτε παρέμβαση πραγματοποιείται στις αιμορροΐδες γίνεται άνω της οδοντωτής γραμμής. Πιο συγκεκριμένα, η φωτοπηξία που πραγματοποιείται με τη χρήση υπέρυθρων ακτινών διενεργείται σε αιμορροΐδοπάθεια του 1^{ου} σταδίου, όπως και η σκληροθεραπεία. Τέλος, η απολίνωση με ελαστικούς δακτυλίους εφαρμόζεται συνήθως σε ασθενείς με αιμορροΐδοπάθεια 2^{ου} σταδίου. Αναλυτικότερα, προκαλείται νέκρωση του βλεννογόνου λόγω της περίδεσης του βλεννογόνου ο οποίος καλύπτει το κεφαλικό άκρο των αιμορροΐδων (Κανέλλος,2015).

2.3.3 Αιμορροΐδοπηξία με κυκλικό αναστομωτήρα

Η μέθοδος αυτή φέρνει θετικά αποτελέσματα μόνο σε μερικούς ασθενείς οι οποίοι έχουν αιμορροΐδοπάθεια 3^{ου} βαθμού και πραγματοποιείται μέσω της χρήσης ενός κυκλικού αναστομωτήρα , την εκτομή κυλινδρικού τμήματος των δύο εσωτερικών χιτώνων του τοιχώματος της ορθοπρωκτικής περιοχής και τη συρραφή των άκρων των αιμορροΐδων με τη βοήθεια clips. Αυτή η μέθοδος βοηθά στη μείωση της αιμάτωσης λόγω της αιμορροΐδοπάθειας, καθώς και την καθήλωση και την ανάταξη των αιμορροΐδων στην φυσιολογική ανατομική τους θέση. Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι η ανάρρωση των ασθενών είναι άμεση καθώς η τεχνική θεωρείται ανώδυνη (Κανέλλος,2015).

2.3.4 Μέθοδοι HAL , THD, ADL (Haemorrhoidal Artery Ligation - Transanal Hemorrhoidal Dearterialization-Artery Dediction Ligation)

Εναλλακτικές μέθοδοι αντιμετώπισης της αιμορροΐδοπάθειας που φαίνεται να χρησιμοποιούνται ευρέως είναι οι HAL,THD και ADL, οι οποίες έχουν παρόμοια φιλοσοφία. Κατά την υλοποίηση των τεχνικών αυτών χρησιμοποιούνται ειδικά

πρωκτοσκόπια στα οποία βρίσκονται ενσωματωμένοι υπέρηχοι ανιχνευτές προκειμένου να γίνει εντοπισμός των αιμορροϊδικών αρτηριών που τροφοδοτούν το αιμορροϊδικό πλέγμα και στην συνέχεια να πραγματοποιηθεί απολίνωση αυτών. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι η διακοπή της αρτηριακής υπεραιμίας το οποίο έχει ως συνέπεια συρρίκνωση των αιμορροϊδικών όζων και όχι την εκτομή αυτών. Σε περιπτώσεις πρόπτωσης του βλεννογόνου οι τεχνικές μπορούν να συνδυαστούν με τη μέθοδο RAR(Recto Anal Repair) για την πτύχωση και ανάταση αυτού. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι σχετικά ανώδυνη, καθώς τα τραύματα που προκύπτουν είναι ελάχιστα έως μηδενικά, γεγονός το οποίο την καθιστά κατάλληλη μέθοδο για την αντιμετώπιση αιμορροϊδων 2^{ου} και 3^{ου} βαθμού.

2.4 ΡΑΓΑΔΑ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ

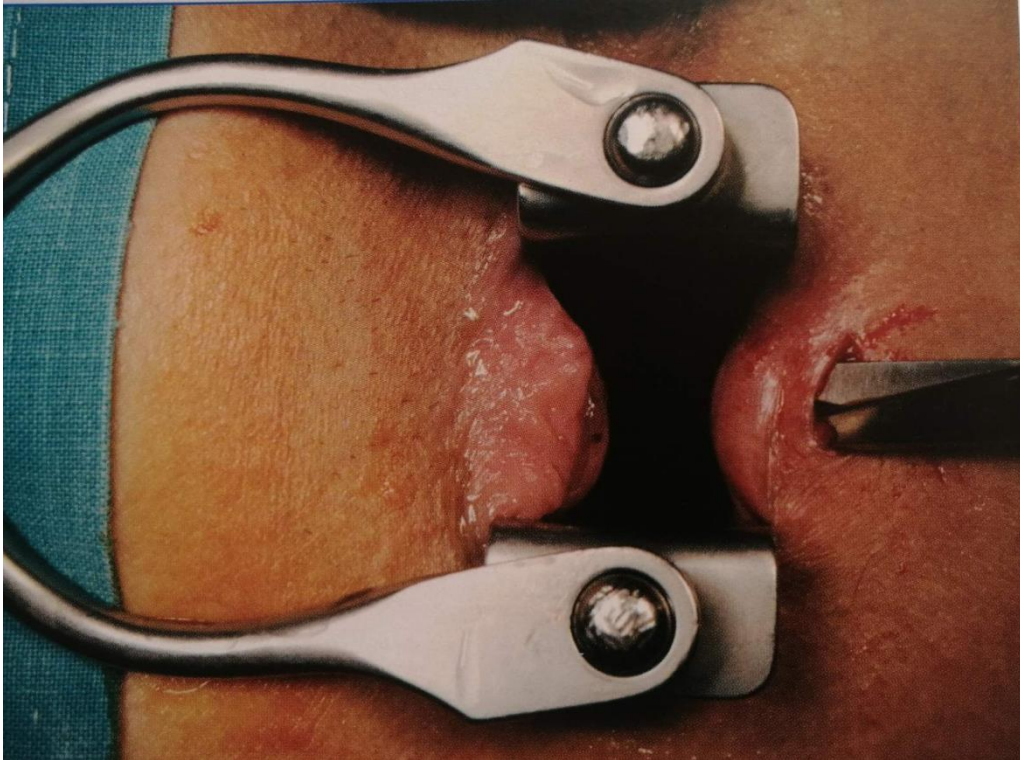
Η ραγάδα δακτυλίου αποτελεί εξέλκωση του ανοδέρματος που αντιστοιχεί στον πρωκτό, η οποία στη πλειονότητα των περιπτώσεων εμφανίζεται στην 6^η ώρα του πρωκτού ή και στη 12^η. Μέχρι στιγμής δεν έχει διευκρινιστεί το πώς δημιουργείται η ραγάδα δακτυλίου του πρωκτού, ωστόσο υπάρχουν υποθέσεις ότι μπορεί να προκαλείται λόγω της αιφνίδιας διάτασης του ανοδέρματος του πρωκτού, η οποία συνεπάγεται τον τραυματισμό αυτού, γεγονός το οποίο συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αφόδευσης σκληρού εντερικού περιεχομένου. Η ραγάδα αυτή προκαλεί σύσπαση του έσω σφιγκτήρα, ο οποίος ενώ φυσιολογικά θα έπρεπε δεν υφίσταται χάλαση με το πέρας της αφόδευσης. Ως αποτέλεσμα αυτού η ραγάδα επιδεινώνεται, άρα η σύσπαση του έσω σφιγκτήρα γίνεται εντονότερη. Με άλλα λόγια, δημιουργείται ένας φαύλος κύκλος ο οποίος κάνει την κατάσταση του ασθενούς προοδευτικά χειρότερη. Επίσης, συνήθως είναι η δημιουργία περιφερικά της ραγάδας μίας δερματικής υπερτροφικής πτυχής, καθώς και μία υπερτροφική θηλή της οδοντωτής γραμμής κεντρικότερά της. Οι ραγάδες δακτυλίου μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, τις οξείες και τις χρόνιες, από τις οποίες οι πρώτες έχουν εμφανιστεί πρόσφατα ενώ οι δεύτερες επιμένουν για διάστημα μεγαλύτερο των τεσσάρων εβδομάδων (Beaty & Shashidharan,2016).

Έχει φανεί ότι οι παράγοντες που συσχετίζονται με τη δημιουργία ραγάδων δακτυλίου είναι η διενέργεια κατά το παρελθόν επεμβάσεων στην περιπρωκτική περιοχή, όπως για παράδειγμα η συριγγοτομή και η αιμορροϊδεκτομή.

Το βασικότερο κλινικό σύμπτωμα της ραγάδας δακτυλίου είναι η παρουσία έντονου άλγους στον πρωκτό αμέσως μετά την κένωση, ο οποίος μπορεί να διαρκέσει ακόμη και ώρες, και αν είναι τόσο έντονος το άτομο αποφεύγει να αφοδεύσει. Εκτός αυτού, λόγω του τραυματισμού που υφίσταται η περιοχή μπορεί να εμφανιστή μικρή ποσότητα ερυθρού χρώματος αίματος κατά τις κενώσεις, αλλά και κνησμός της περιπρωκτικής περιοχής. Επίσης, υπάρχουν περίοδοι εξάρσεων και υφέσεων, καθώς και χρονιότητα (Zaghiyan & Fleshner,2011).

Η διάγνωση της ραγάδας δακτυλίου τίθεται μέσω επισκοπήσεως της περιπρωκτικής περιοχής, ενώ σε αντίθεση με τη προηγούμενη πάθηση, η δακτυλική εξέταση και η πρωκτοσκόπηση δεν συνίστανται, προς αποφυγή πρόκλησης πόνου στον ασθενή. Η διάγνωση της πάθησης είναι ιδιαίτερα σημαντική, ειδικά όταν αυτή γίνεται με παράλληλο αποκλεισμό ύπαρξης άλλων παθολογικών καταστάσεων, όπως είναι τα πρωκτικά έλκη ως εκδήλωση της νόσου Crohn, ο καρκίνος, η φυματίωση, η σύφιλη, η λευχαιμία και το AIDS (Beaty & Shashidharan,2016).

Σε περιπτώσεις οξείας ραγάδας δακτυλίου, προτιμάται η συντηρητική αγωγή με υδρόλουτρα, χορήγηση ηπίων υπακτικών και παυσίπωνων, καθώς και με εφαρμογή αναλγητικών κρεμών. Επίσης, η εφαρμογή μίας τοπικής κρέμας νιτρογλυκερίνης περιεκτικότητας 0.2% και η διήθηση της αλλαντοτοξίνης στον έσω σφιγκτήρα του πρωκτού μπορεί να φανούν χρήσιμες στην αντιμετώπιση της ραγάδας. Εάν αποτύχει ωστόσο η συντηρητική θεραπεία, συνίσταται η χειρουργική αντιμετώπιση, με μέθοδο εκλογής την έσω πλάγια σφιγκτηροτομή και πιθανότητα υποτροπής ελάχιστη (Zaghiyan & Fleshner,2011)(εικόνα 2.7).



Εικόνα2.7 : Ανοικτή έσω πλάγια σφικκτηροτομή(Κανέλλος,2015)

2.5 ΚΝΗΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ

Ο κνησμός του δακτυλίου είναι πάθηση η οποία προκαλεί ιδιαίτερες ενοχλήσεις στον ασθενή, των οποίων η διάρκεια και η ένταση ποικίλουν. Η πάθηση μάλιστα μπορεί να παρουσιάσει υποτροπή, ενώ διακρίνεται σε ιδιοπαθή και δευτεροπαθή κνησμό.

Κατά τη κλινική εξέταση και τη λήψη του ιστορικού, ένας ασθενής με κνησμό δακτυλίου παρουσιάζεται με εξέρυθρη, υγρή και οιδηματώδη περιπρωκτική περιοχή, ενώ πολύ πιθανή είναι η ύπαρξη αμυχών λόγω της προσπάθειας του ασθενούς να ανακουφιστεί από τον κνησμό. Έτσι, η διάγνωση του κνησμού δακτυλίου τίθεται με βάση τη κλινική εικόνα που μόλις περιεγράφηκε, σε συνδυασμό με μία σειρά από εργαστηριακές εξετάσεις, όπως για παράδειγμα καλλιέργειες για μικρόβια, παράσιτα και μύκητες (Κανέλλος,2015).

Οι πιο συχνές αιτίες εμφάνισης κνησμού δακτυλίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Γενικές αιτίες	Καρυκεύματα, αλκοόλ, εκκρίσεις από τον κόλπο των γυναικών, κακή υγιεινή, παρασίτωση εντέρου.
Πρωκτολογικές παθήσεις	Νόσος Paget, νεοπλάσματα, εκτρόπιο, κονδυλώματα, ακράτεια κοπράνων, υπερτροφικές δερματικές πτυχές, ραγάδα δακτυλίου, αιμορροΐδες, συρίγγια.
Δερματολογικές παθήσεις	Υπεριδρωσία, ψωρίαση, μυκητιάσεις, έκζεμα, αλλεργική δερματίτιδα σε προϊόντα προσωπικής υγιεινής και εσώρουχα.
Συστηματικές παθήσεις	Ελκώδης κολίτιδα, Σακχαρώδης Διαβήτης, ίκτερος, φυματίωση, λευχαιμία.
Ψυχικές παθήσεις	Υστερία και φοβία

Πίνακας 2.1 : Αιτίες δευτεροπαθούς κνησμού δακτυλίου

Σε περιπτώσεις ιδιοπαθούς κνησμού δακτυλίου η θεραπεία είναι δυσκολότερη, ενώ προτείνεται μία σειρά ενεργειών όπως η καθαριότητα της περιπρωκτικής περιοχής, η εφαρμογή κρέμας υψηλής περιεκτικότητας σε κορτιζόνη 3-4 φορές την ημέρα καθώς και η αλλαγή των διαιτητικών συνηθειών του ασθενούς. Από την άλλη, ο δευτεροπαθός κνησμός δακτυλίου θεραπεύεται αυτόματα όταν αντιμετωπιστεί η αιτία που τον προκαλεί, όπως για παράδειγμα η εξάλειψη ενός περιεδρικού συριγγίου (Κανέλλος,2015).

2.6 ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΑ ΑΠΟΣΤΗΜΑΤΑ - ΣΥΡΙΓΓΙΑ

Τα περιεδρικά αποστήματα και συρίγγια αποτελούν διαφορετικές μορφές της ίδιας πάθησης, με τα πρώτα να αποτελούν την οξεία μορφή αυτής και τα δεύτερα να συνιστούν την χρόνια. Μέχρι στιγμής, η ακριβής αιτιοπαθογένεια των περιεδρικών

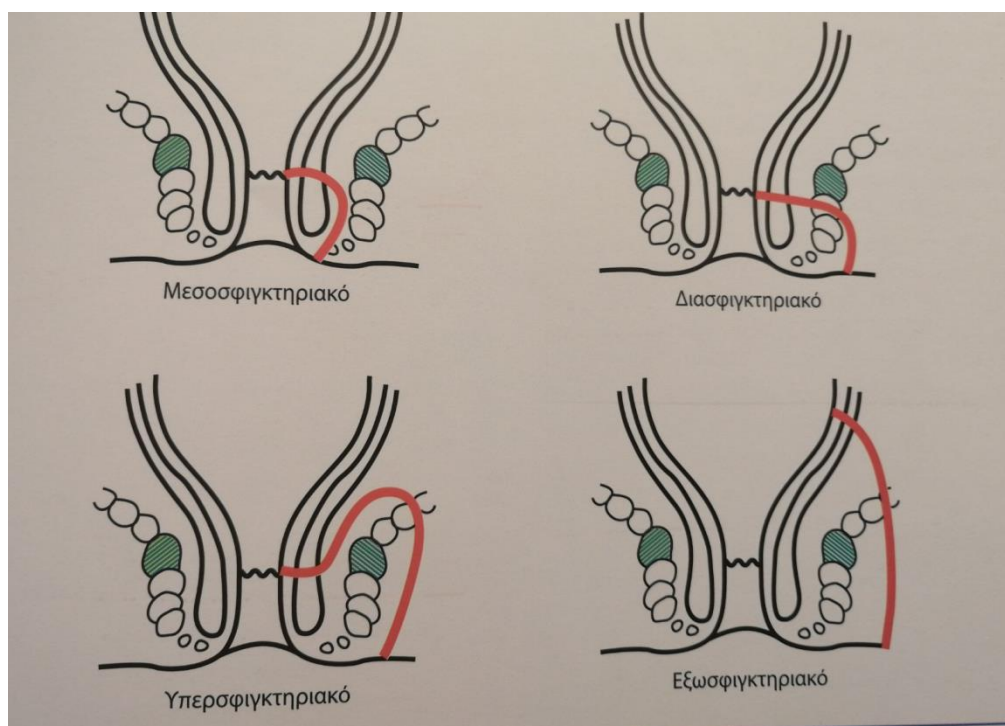
αποστημάτων και συριγγίων δεν είναι πλήρως διευκρινισμένη. Ωστόσο, υπάρχουν υποθέσεις ότι η συγκεκριμένη πάθηση προκαλείται λόγω φλεγμονής στους πρωκτικούς αδένες των οποίων οι εκφορητικοί πόροι εκβάλλουν στις κρύπτες της οδοντωτής γραμμής (Ramanujam et al,1984).

Ανάλογα την εντόπιση των περιεδρικών αποστημάτων, αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε υποδόρια (περιπρωκτικά), υποβλεννογόνια, ευθυϊσχιακά, μεσοσφιγκτηριακά καθώς και ορθοπυελικά.

Στις μισές περίπου περιπτώσεις όπου τα αποστήματα παροχετεύονται είτε αυτόματα είτε χειρουργικά παραμένει μία μόνιμη επικοινωνία με τη κρύπτη, οπότε δημιουργείται πλέον ένα περιεδρικό συρίγγιο. Συρίγγιο καλείται ο φλεγμονώδης πόρος που έχει δύο στόμια, εκ των οποίων το έξω εντοπίζεται στο δέρμα και το έσω στον ορθοπρωκτικό σωλήνα. Το τοίχωμα του πόρου αυτού έχει εσωτερικά κοκκιωματώδη ιστό, ο οποίος αναπτύσσεται σταδιακά και εξωτερικά ινώδη ιστό. Υπάρχουν πολλές καταστάσεις οι οποίες προδιαθέτουν στη δημιουργία των αποστημάτων και των συριγγίων αυτών, όπως για παράδειγμα η φυματίωση, η ελκώδης κολίτιδα, η νόσος Crohn, το καρκίνωμα του ορθού, η διενέργεια προηγούμενων επεμβάσεων στο ορθό και η ακτινομυκητίαση (Sahnan et al,2017).

Τα περιεδρικά συρίγγια με τη σειρά τους μπορούν να ταξινομηθούν με βάση την πορεία τους σε συνάρτηση με τους σφιγκτήρες ,σε εξωσφιγκτηριακά, υπερσφιγκτηριακά, διασφιγκτηριακά και μεσοσφιγκτηριακά (εικόνα 2.8). Από αυτά, τα μεσοσφιγκτηριακά αποτελούν τον πιο απλό και συνηθισμένο τύπο, με τον πόρο του συριγγίου να πορεύεται ανάμεσα στον έξω και τον έσω σφιγκτήρα του πρωκτού, ενώ τα διασφιγκτηριακά αποτελούν τα δεύτερα πιο συχνά εμφανιζόμενα συρίγγια. Ο πόρος σε αυτή τη περίπτωση περνά δια των δύο σφιγκτήρων καταλήγοντας στον ευθυϊσχιακό βόθρο και στη συνέχεια στη περιοχή του δέρματος. Αντίθετα με τους δύο αυτούς τύπους, τα υπερσφιγκτηριακά συρίγγια, τα οποία εμφανίζονται σπάνια, έχουν πόρο ο οποίος πορεύεται μεσοσφιγκτηριακά με κατεύθυνση προς τα άνω έως τον ηβοορθικό μυ, ενώ στη συνέχεια κατευθύνεται προς τα κάτω φτάνοντας στον ευθυϊσχιακό βόθρο ώστε να εκβάλλει στο δέρμα της περινεϊκής περιοχής. Τέλος, τα πιο σπάνια συρίγγια είναι τα εξωσφιγκτηριακά, με το έσω στόμιο αυτών να βρίσκεται

στο ορθό και το έξω στο δέρμα του περινέου, ενώ ενδιάμεσα ο πόρος περνά τον ευθυϊσχιακό βόθρο και τους δύο ανεκκτήρες (Whiteford,2007).



Εικόνα 2.8: Ταξινόμηση περιεδρικών συριγγίων(Κανέλλος,2015)

Η διαδικασία της διάγνωσης των περιεδρικών αποστημάτων και συριγγίων μπορεί να είναι από εξαιρετικά εύκολη έως και δύσκολη, οπότε σε αυτό το σημείο απαιτείται η διενέργεια απεικονιστικών εξετάσεων. Έτσι, γενικά η διάγνωση των περιεδρικών αποστημάτων (ειδικά των περιπρωκτικών και των ευθυϊσχιακών) τίθεται με ευκολία, καθώς έχουν τη κλινική εικόνα περιεδρικών, εξαιρετικά επώδυνων, εξέρυθρων, οιδηματωδών διογκώσεων με κλυδασμό ή σκληρία, ενώ αν είναι μεγαλύτερα μπορεί ο ασθενής να παρουσιάσει πυρετό. Παρόλα αυτά, λόγω της ασαφούς εικόνας των ορθοπυελικών αποστημάτων, τις περισσότερες φορές για τη διάγνωση είναι απαραίτητη η διενέργεια αξονικής και μαγνητικής τομογραφίας ή ακόμη και η εξέταση του ασθενούς μετά από τη χορήγηση γενικής αναισθησίας. Επιπλέον, χρήσιμη φαίνεται να είναι η διαπρωκτική υπερηχοτομογραφία (Whiteford,2007).

Επίσης, στα περιεδρικά συρίγγια τις περισσότερες φορές υπάρχει ιστορικό αποστήματος το οποίο είτε παροχετεύτηκε αυτόματα είτε χειρουργικά. Στη κλινική πράξη, εντοπίζεται επισκοπικά το έξω στόμιο του συριγγίου, ενώ κατά τη ψηλάφηση με άσκηση πίεσης των γύρω ιστών μπορεί να εξέλθει μικρή ποσότητα πύου. Αντίθετα με το έξω στόμιο, το έσω στόμιο εντοπίζεται μετά από πρωκτοσκόπηση. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντική η διαφορική διάγνωση από μία ομάδα παθήσεων που μπορεί να μιμούνται την εικόνα των περιεδρικών αποστημάτων και συριγγίων, όπως η νόσος του Crohn, η φυματίωση, η συριγγώδης ιδρωταδενίτιδα, η κύστη κόκκυγα, οι ραγάδες δακτυλίου, η ακτινομυκητίαση και ο καρκίνος του πρωκτού.

Για τη θεραπεία των αποστημάτων και των συριγγίων ακολουθούνται διαφορετικοί τρόποι αντιμετώπισης. Έτσι, προκειμένου να αντιμετωπιστεί ένα απόστημα αυτό διανοίγεται και παροχετεύεται αφού χορηγηθεί πλήρης αναισθησία στον ασθενή, ενώ εάν συνυπάρχει συρίγγιο είναι πιθανή η πραγματοποίηση συριγγοτομής ή συριγγεκτομής (Sahnan et al,2017).

Από την άλλη, για να αντιμετωπιστούν τα περιεδρικά συρίγγια εφαρμόζεται ο κανόνας του Goodsall, σύμφωνα με τον οποίο τα συρίγγια που έχουν το εξωτερικό τους στόμιο στο πρόσθιο ήμισυ του δακτυλίου έχουν άμεση επικοινωνία με τον ορθοπρωκτικό σωλήνα, ενώ εάν αυτό βρίσκεται στο οπίσθιο ήμισυ, τότε το συρίγγιο διαγράφει πεταλοειδή πορεία με την εκβολή του να βρίσκεται στην 6^η ώρα της πρωκτικής περιοχής (εικόνα 2.9) (Κανέλλος,2015).

2.6.1 Συριγγοτομή

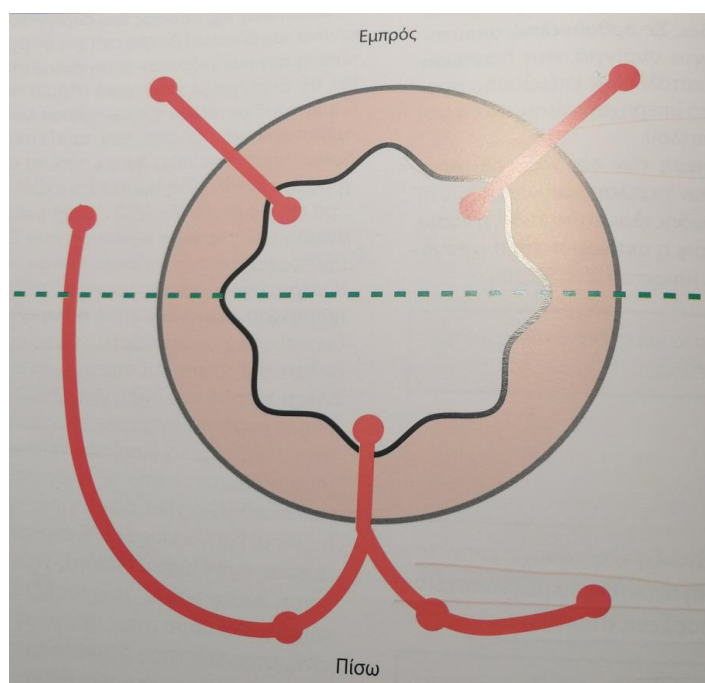
Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα απλά συρίγγια (αλλιώς χαμηλά συρίγγια) εφαρμόζεται συριγγοτομή, η οποία αφορά τη διάνοιξη του πόρου κατά μήκος μίας αυλακωτής μήλης. Από την άλλη, τα υψηλά συρίγγια πάλι με συριγγοτομή, όμως αυτή πραγματοποιείται κατά στάδια μέσω της διεκβολής ενός λεπτού ελαστικού σωλήνα(τεχνική cutting seton) ή ράμματος το οποίο ξεκινά από το έσω και κατευθύνεται προς το έξω στόμιο, το οποίο περιβάλλει τους σφιγκτήρες και συσφιγγεται σταδιακά έως ότου επιφέρει διαχωρισμός των περιβρογχισμένων σφιγκτήρων.

2.6.2 ΣΥΡΙΓΓΕΚΤΟΜΗ

Εκτός της τεχνικής αυτής, πραγματοποιείται συχνά η συριγγεκτομή, κατά την οποία αφαιρείται τελείως ο αυλός του συριγγίου. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται μόνο σε χαμηλά διασφιγκτηριακά και μεσοσφιγκτηριακά συρίγγια, καθώς στα υψηλότερα συρίγγια μπορεί να τραυματιστεί σοβαρά ο μηχανισμός των σφιγκτήρων, με άμεση επιπλοκή την ακράτεια κοπράνων. Μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι μετά την επέμβαση υπάρχει ανοικτό τραύμα, το οποίο ωστόσο με το πέρασ του χρόνου επουλώνεται μόνο του.

2.6.3 Video Assisted Anal Fistula Treatment (VAAFT)

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια συστήνεται η ενδοσκοπική αντιμετώπιση των συριγγίων μέσω της γνωστής τεχνικής Video Assisted Anal Fistula Treatment (VAAFT). Στην ουσία, ένα ενδοσκόπιο εισάγεται από το έξω στόμιο στον πόρο και προκαλεί νεαροποίηση και καυτηριασμό του εσωτερικού του. Επίσης, πραγματοποιείται αποκατάσταση του έσω στομίου του συριγγίου είτε με συρραφή είτε με βλεννογονομυϊκό κρημνό. Αυτή η τεχνική υπερσχύει των υπολοίπων λόγω του ότι δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος τραυματισμού των σφιγκτήρων (Sahnan et al,2017).



Εικόνα 2.9: Κανόνας του Goosal(Κανέλλος,2015)

2.6.4 Seton

Η γνωστή από την εποχή του Ιπποκράτη τεχνική Seton αποτελεί την πιο κλασική και διαδεδομένη τεχνική που διενεργείται από τους περισσότερους χειρουργούς σε σύνθετα συρίγγια. Έτσι, κατά την διάρκεια της τεχνικής αυτής πραγματοποιείται εκτομή του πόρου του συριγγίου έως το επίπεδο των σφιγκτήρων, ενώ στην συνέχεια στο σημείο εκείνο του συριγγίου που βρίσκεται εντός των σφιγκτήρων του πρωκτού τοποθετείται seton, το οποίο είναι είτε ράμμα, είτε ένας λεπτός ελαστικός βρόγχος, το οποίο περιβρογχίζει τον αυλό του πόρου του συριγγίου που έμεινε ,έχοντας ως αποτέλεσμα τη σταδιακή διατομή αυτού, προκαλώντας έτσι τη δημιουργία ουλών (ινώδους ιστού). Με αυτόν τον τρόπο προλαμβάνεται η ακράτεια, ωστόσο πολλές υποτροπές, με ένα μεγάλο ποσοστό των ασθενών πρακτικά να μην έχει θεραπεύσει την ακράτεια του.

2.7 Ορθοκολπικά συρίγγια

Τα ορθοκολπικά συρίγγια είναι συρίγγια με επιθηλιακή επένδυση που συνδέουν το ορθό με τον κόλπο. Λόγω των ενοχλητικών συμπτωμάτων τους καθώς και του υψηλού ποσοστού υποτροπής, μπορεί να είναι ιδιαίτερα ενοχλητικά τόσο για τον ασθενή όσο και για τον χειρουργό (εικόνα 2.10).

Οι αιτίες στις οποίες μπορεί να οφείλονται τα ορθοκολπικά συρίγγια είναι ποικίλες, οι οποίες μπορεί να αφορούν τόσο συγγενείς όσο και επίκτητες ανωμαλίες. Μία από αυτές τις αιτίες είναι ο τοκετός, ο οποίος έχει φανεί ότι μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ορθοκολπικών συριγγίων. Ένα ορθοκολπικό συρίγγιο μπορεί να προκληθεί από παρατεταμένο τοκετό με νέκρωση του ορθοκολπικού διαφράγματος ή μαιευτική βλάβη με περινεϊκή ρήξη τρίτου ή τέταρτου βαθμού ή επισιτομή. Τα συρίγγια μπορεί να σχηματιστούν λόγω ανεπαρκούς επούλωσης και μόλυνσης. Στις βιομηχανικές χώρες, τα ορθοκολπικά συρίγγια προκαλούμενα από τοκετό είναι λιγότερο συχνά (Senatore,1994).

Ένα ορθοκολπικό συρίγγιο μπορεί επίσης να προκληθεί από μολυσματικές διεργασίες εντός του ορθοκολπικού διαφράγματος. Επιπλέον, ο καρκίνος μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία ορθοκολπικών συριγγίων. Οι ασθενείς με κακοήθειες του ορθού, της μήτρας, του τραχήλου της μήτρας ή του κόλπου που έχουν εξαπλωθεί

τοπικά ή έχουν υποβληθεί σε ακτινοθεραπεία έχουν αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης κάποιου ορθοκολπικού συριγγίου. Μετά την ακτινοθεραπεία, μπορεί να αναπτυχθεί πρωκτίτιδα, ακολουθούμενη από εξέλκωση του πρόσθιου τοιχώματος του ορθού. Τα ορθικά έλκη εμφανίζονται από 6 μήνες έως 2 χρόνια μετά τη θεραπεία, οδηγώντας στο σχηματισμό συριγγίου. Εκτός αυτών, η πρόκληση κάποιου χειρουργικού τραύματος μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό ορθοκολπικού συριγγίου. Έτσι, έχει φανεί ότι οι πρωκτικές και κολπικές επεμβάσεις μπορεί να προκαλέσουν χαμηλά συρίγγια. Έτσι, μεγάλα ορθοκολπικά συρίγγια μπορεί να εμφανιστούν ως αποτέλεσμα εγχειρήσεων στη περιοχή της πυέλου (Perez et al,1984).

Η φλεγμονώδης νόσος του εντέρου είναι ένας άλλος πιθανός λόγος πρόκλησης της συγκεκριμένης παθολογίας. Πιο συγκεκριμένα, η νόσος του Crohn, η οποία προκαλεί διατοιχωματική φλεγμονή του τοιχώματος του ορθού, συνδέεται περισσότερο με την εμφάνιση ορθοκολπικών συριγγίων, ενώ επίσης αυτά μπορεί να εμφανιστούν πριν από τα εντερικά συμπτώματα (Senatore,1994).

Τα απλά ορθοκολπικά συρίγγια είναι μικρά, χαμηλά συρίγγια που αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα μόλυνσης ή τραύματος. Αυτά τα συρίγγια συνήθως περιβάλλονται από υγιή, καλά αγγειωμένο ιστό που μπορεί να επουλωθεί χρησιμοποιώντας τοπικές θεραπείες. Εάν το συρίγγιο είναι μεγάλο (>2,5 cm), υψηλό ή προκαλείται από φλεγμονώδη νόσο του εντέρου, θεωρείται περίπλοκο. Λόγω της σχέσης τους με ουλές ιστών και μειωμένη ροή αίματος, τα υποτροπιάζοντα συρίγγια θεωρούνται επίσης περίπλοκα. Γενικά, τα περίπλοκα συρίγγια απαιτούν την διενέργεια περισσότερων χειρουργικών επεμβάσεων.

Η θεραπεία της συγκεκριμένης πάθησης γίνεται δια των χειρουργικών χειρισμών, ωστόσο είναι δύσκολη και ιδιαίτερα επώδυνη για τους ασθενείς. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι μια σειρά παραγόντων επηρεάζουν τον σχεδιασμό της χειρουργικής επέμβασης, όπως η θέση και η αιτιολογία του συριγγίου, οι συνύπαρξη άλλων παθήσεων και η εγκράτεια του ασθενούς. Υπάρχουν πολλές επιλογές χειρουργικών επεμβάσεων που μπορούν να ακολουθηθούν ξεκινώντας από τις πιο απλές τοπικές επεμβάσεις μέχρι η χρήση πλεγμάτων ή τη πραγματοποίηση μεγάλων διακοιλιακών

επεμβάσεων σε περιπτώσεις όπου οι υποτροπές είναι πάρα πολλές (deBeche-Adams & Bohl,2010).



Εικόνα 2.10: Ορθοκολπικό συρίγγιο(Κανέλλος,2015)

2.8 Πυώδης-Συριγγώδης ιδρωταδενίτιδα

Αποτελεί χρόνια φλεγμονώδη πάθηση του δέρματος καθώς και τον υποδόριων ιστών, η οποία προκύπτει λόγω φλεγμονής και απόφραξης των ιδρωτοποιών αδένων. Ως βασικό χαρακτηριστικό της πάθησης θεωρείται η δημιουργία αποστημάτων και συριγγίων σε υποδόριο επίπεδο και εμφανίζεται κυρίως σε άτομα τα οποία έχουν δέρμα λιπαρό και προδιάθεση για εμφάνιση ακμής. Οι περιοχές στις οποίες η νόσος συχνότερα εκδηλώνεται είναι οι γλουτοί και το περίνεο, καθώς και οι μασχάλες, η αυχενική περιοχή και η βουβωνική χώρα(εικόνα 2.10) (Κανέλλος,2015).

Στα αρχικά στάδια της νόσου μπορεί να εκδηλώνεται υπό τη μορφή μικρού υποδόριου οζιδίου, ενώ στη συνέχεια η συνένωση πολλών τέτοιων μορφωμάτων προκαλεί την δημιουργία διηθήσεων με πολλά συρίγγια από τα οποία εξέρχεται πύον. Πρέπει επίσης πάντα να γίνεται η διαφορική διάγνωση της νόσου από άλλες

παθήσεις όπως η κύστη κόκκυγα, οι εκδηλώσεις της νόσου Crohn, τα περιεδρικά συρίγγια και η δοθιήνωση.

Η θεραπεία στη πλειονότητα των περιπτώσεων είναι συντηρητική, δηλαδή γίνεται μέσω της χορήγησης αντιβιοτικών και βιολογικών παραγόντων, με τοπική φροντίδα καθώς και παροχέτευση μετά από διάνοιξη ή/και εκτομή των συριγγίων που έχουν δημιουργηθεί (Κανέλλος,2015).

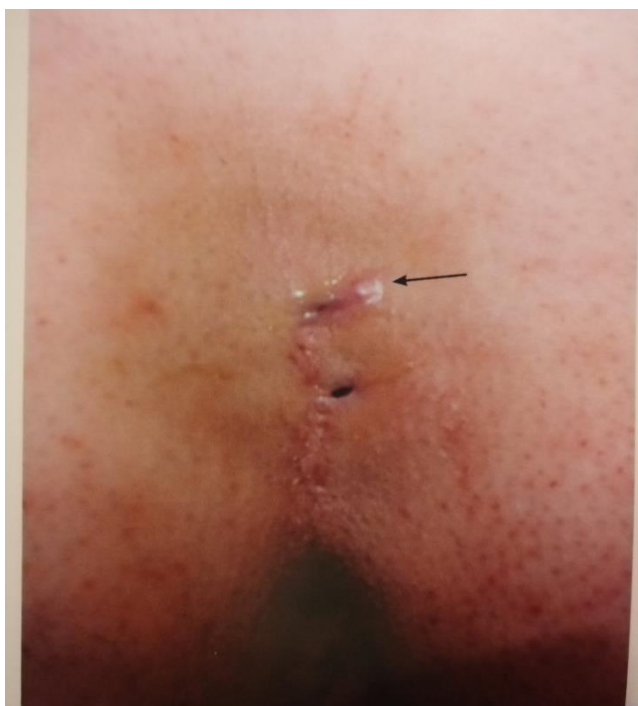


Εικόνα 2.11: Πυώδης ιδρωταδενίτιδα(Κανέλλος,2015)

2.9 Κύστη κόκκυγος

Το τριχοφωλεακό συρίγγιο, αλλιώς γνωστό και ως κύστη κόκκυγος, αποτελεί νόσο με αρκετά μεγάλη επίπτωση η οποία εμφανίζεται πιο συχνά σε άνδρες από ότι σε γυναίκες, και ειδικά σε άτομα με αυξημένη τριχοφυΐα, μεταξύ των ηλικιών 15 και 30 ετών. Επίσης, εμφανίζεται συχνότερα στους λευκούς πληθυσμούς από ότι στους αφρικανικούς λαούς, με την επίπτωση της νόσου στους Ασιάτες να είναι μηδενική. Δεν έχει διευκρινιστεί με ακρίβεια η αιτιοπαθογένεια της νόσου, ωστόσο υπάρχουν τρεις θεωρίες μέσω των οποίων περιγράφεται η διαδικασία ανάπτυξης και εμφάνισης της κύστης κόκκυγος. Αυτές είναι η δερμοϊδική, η εμβρυολογική και η θεωρία της φλεγμονής των θυλάκων των τριχών. Στην ουσία, η κύστη είτε μπορεί να

προέρχεται από την εμβρυϊκή ζωή, είτε να προκαλείται λόγω διείσδυσης τριχών μέσα στο δέρμα, και τέλος μπορεί να υπάρχει φλεγμονή των θυλάκων των τριχών που βρίσκονται στη μεσογλουτιαία πτυχή, η οποία επεκτείνεται υποδόρια και οδηγεί σε δημιουργία αποστήματος(εικόνα 2.12) (da Silva,2000).



Εικόνα 2.12: Κύστη Κόκκυγα(Κανέλλος,2015)

Η κύστη κόκκυγος ταξινομείται στην οξεία και τη χρόνια μορφή της, από τις οποίες η οξεία εμφανίζεται με τη μορφή αποστήματος που προκαλεί άλγος. Όσον αφορά τη χρόνια μορφή της, παρατηρούνται ένα ή πολλά στόμια συριγγίων στη μεσογλουτιαία πτυχή. Σημαντικό είναι να πραγματοποιείται η διαφορική διάγνωση της νόσου από τα περιεδρικά συρίγγια και αποστήματα, τη πυώδη ιδρωταδενίτιδα και τη δοθιήνα.

2.9.1 Ανοιχτή μέθοδος

Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης της κύστης κόκκυγος προτείνεται η συντηρητική θεραπεία, δηλαδή η χορήγηση αντιβιοτικών. Σε περίπτωση αποστήματος πραγματοποιείται διάνοιξη και παροχέτευση αυτού, ενώ σε περίπτωση ύπαρξης κύστης, ακολουθούνται διαφορετικές διαδικασίες. Έτσι, η θεραπεία με τη χρήση νυστεριού (ανοιχτή μέθοδος) αποτελεί την ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική, κατά την οποία αφαιρείται η κύστη μαζί με τους συριγγώδεις πόρους υπό την γενική

αναισθησία του ασθενούς. Μετά τη πραγματοποίηση του χειρουργείου είτε γίνονται ράμματα είτε το τραύμα μένει ανοικτό έως ότου αυτό επουλωθεί. Παρόλο που είναι αρκετά επώδυνη τεχνική, τα ποσοστά υποτροπής παραμένουν χαμηλά (εικόνα 2.13) (Kober et al,2018).



Εικόνα 2.13: Εκτομή της κύστης κόκκυγα μέσω της ανοικτής μεθόδου(Κανέλλος,2015)

2.9.2 Ημίκλειστη μέθοδος

Μία άλλη μέθοδος είναι η ημίκλειστη μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της κύστης και συνίσταται από την ολική εκτομή της κύστης και τη συρραφή της μικρής τομής που δημιουργείται με ράμματα, αφήνοντας ωστόσο το τραύμα εν μέρει ανοικτό (Kober et al,2018).

2.10 Κονδυλώματα πρωκτού

Τα κονδυλώματα φαίνεται να είναι η πιο συχνή σεξουαλικά μεταδιδόμενη ασθένεια, ωστόσο φαίνεται ότι μπορεί να μεταδοθεί με διάφορους άλλους τρόπους, της οποίας αιτία είναι οι διάφοροι τύποι του ιού HPV. Η επίπτωση της νόσου στον ενεργά σεξουαλικό πληθυσμό είναι πολύ μεγάλη, αγγίζοντας το 70%, για αυτό

απαραίτητη είναι η γνώση της ακριβούς κλινικής εικόνας με την οποία η νόσος εμφανίζεται. Έτσι, τα κονδυλώματα εμφανίζονται ως μικρές ή και πιο μεγάλες συρρέουσες ή μεμονωμένες προεκβολές με λευκάζουσα τις περισσότερες φορές χροιά, οι οποίες προκαλούν κνησμό και εκκρίσεις. Για τη διάγνωση της πάθησης συνίσταται η διενέργεια πρωκτοσκόπησης διότι στη πλειονότητα των περιπτώσεων οι εκδηλώσεις αυτές εκτείνονται από την οδοντωτή γραμμή ως το δέρμα του πρωκτού. Η βασικότερη πάθηση από την οποία τα κονδυλώματα πρέπει να διαχωρίζονται είναι ο καρκίνος του πρωκτού(εικόνα 2.14).



Εικόνα 2.14: Κονδυλώματα πρωκτού(Κανέλλος,2015)

Τα κονδυλώματα του πρωκτού μπορούν να αντιμετωπιστούν με ποικίλες μεθόδους, ανάλογα με τη θέση, την ποσότητα και το μέγεθός τους. Εάν τα κονδυλώματα είναι μικρά σε μέγεθος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ποδοφυλλίνη ή το διχλωροξικό οξύ, τα οποία είναι διαλύματα που χορηγούνται απευθείας στα κονδυλώματα για να διεγείρουν την αφαίμαξη, για τη θεραπεία τους. Αυτή είναι μια γρήγορη επέμβαση που διαρκεί μόνο λίγα λεπτά. Περιστασιακά, μπορεί να συνταγογραφηθεί στον ασθενή μια αλοιφή για χρήση στο σπίτι συμπληρωματικά με τη θεραπεία που μόλις περιγράφηκε. Εάν υπάρχουν πολλά κονδυλώματα στην περιοχή, ο γιατρός μπορεί να αποφασίσει να τα αφαιρέσει χειρουργικά, με διαθερμία, ακτίνες laser ή ακόμη και ψαλίδι υπερήχων (Mistrangelo et al,2017).

2.11 Πρωκτικοί και περιπρωκτικοί όγκοι

Οι όγκοι του πρωκτού και της περιπρωκτικής περιοχής δεν εμφανίζονται συχνά. Οι πιο βασικοί προδιαθεσιακοί παράγοντες εμφάνισης των όγκων αυτών είναι η λοίμωξη από AIDS ή HPV καθώς και η ενδοεπιθηλιακή δυσπλασία του πρωκτού. Οι συγκεκριμένοι όγκοι έχουν μη ειδική συμπτωματολογία, ενώ μεταξύ των κλινικών σημείων αυτών είναι οι αιμορραγίες, ο κνησμός, οι εκκρίσεις και ο τεινεσμός. Λόγω του ότι είναι ορατοί με γυμνό μάτι, οι περιπρωκτικοί όγκοι εύκολα εντοπίζονται και διαγιγνώσκονται εύκολα, σε αντίθεση με τους όγκους που εντοπίζονται στον πρωκτικό σωλήνα, καθώς δεν είναι ορατοί κατά την επισκόπηση. Την τελική απάντηση στη διάγνωση δίνουν η δακτυλική εξέταση και η επισκόπηση, ενώ η επιβεβαίωση της διάγνωσης γίνεται με την ενδοσκόπηση του ορθού και τη λήψη βιοψιών. Επίσης, συνίσταται να διερευνάται το υπόλοιπο παχύ έντερο μέσω της διενέργειας κολonosκόπησης. Επιπλέον, στη σταδιοποίηση του όγκου προεγχειρητικά χρήσιμο φαίνεται να είναι το διαπρωκτικό υπερηχογράφημα, όπως και η αξονική και μαγνητική τομογραφία. Ας σημειωθεί ότι η σταδιοποίηση πραγματοποιείται σύμφωνα με το σύστημα TNM.

Όσον αφορά τους πρωκτικούς όγκους, αυτοί τείνουν να επεκτείνονται στο ορθό ή στο δέρμα του πρωκτού, ενώ δίνουν μεταστάσεις στους λεμφαδένες της βουβωνικής χώρας. Οι πιο συνηθείς όγκοι αυτής της ομάδας είναι το κακοήθες μελάνωμα και το επιδερμοειδές καρκίνωμα.

Το *επιδερμοειδές καρκίνωμα*, αλλιώς γνωστό και ως επιδερμοειδές εκ πλακώδους περινεϊκής χώρας. Στο τύπου αυτό ανήκουν πολλοί όγκοι, όπως αυτοί του μεταβατικού επιθηλίου, του εκ πλακώδους επιθηλίου κλπ. Σημαντικό είναι να γίνεται διαφορική διάγνωση των όγκων αυτών από άλλες κακοήθεις και καλοήθεις παθήσεις της πρωκτικής περιοχής. Για την αντιμετώπιση των μικρών κινητών όγκων πραγματοποιείται τοπική ριζική εκτομή, ενώ μεγαλύτεροι όγκοι που έχουν διηθηθεί σε εν τω βάθει ιστούς συνίσταται να αντιμετωπίζονται με ακτινοθεραπεία ή/και χημειοθεραπεία, ένα συνδυασμός ο οποίος φαίνεται να έχει τεράστια επιτυχία σε ένα μεγάλο ποσοστό των ασθενών. Τέλος, σε περιπτώσεις αποτυχίας της παραπάνω θεραπείας ή σε περιπτώσεις όπου ο καρκίνος υποτροπίασε επιλέγεται η κοιλιοπερινεϊκή εκτομή του ορθού.

Το μελάνωμα αποτελεί πολύ σπάνια εμφανιζόμενο όγκο του πρωκτικού σωλήνα, με τον πρωκτό να αποτελεί την 3^η συχνότερη θέση εντόπισης του μελανώματος μετά το δέρμα και τους οφθαλμούς. Λόγω της σπανιότητάς του, η διάγνωση του δεν είναι λίγες οι φορές που δεν πραγματοποιείται έγκαιρα, ενώ άλλο συχνό λάθος είναι η λανθασμένη διάγνωση της πάθησης αυτής ως θρομβωθείσα αιμορροΐδα. Συνήθως ο όγκος αυτός μεθίσταται δια της λεμφογενούς οδού σε λεμφαδένες του μεσεντερίου, καθώς και δια της αιματογενούς οδού στο ήπαρ, τα οστά και τους πνεύμονες. Για την αντιμετώπιση μικρών πρώιμων μελανωμάτων πραγματοποιείται ευρεία τοπική εκτομή και για μεγαλύτερα η κοιλιοπερινεϊκή εκτομή της περιοχής του ορθού. Η νόσος δεν έχει καλή πρόγνωση (εικόνα 2.15).



Εικόνα 2.15: Μελάνωμα πρωκτού(Κανέλλος,2015)

Ως περιπρωκτικοί όγκοι χαρακτηρίζονται όλοι αυτοί που βρίσκονται στην πρωκτοδερματική γραμμή, με πιθανή επέκταση αυτών περιπρωκτικά έως και 5 με 6 εκατοστά. Οι πιο συνήθεις όγκοι αυτής της ομάδας είναι ο καρκίνος εκ πλακώδους επιθηλίου, η νόσος Paget, η νόσος Bowen και το βασικοκυτταρικό καρκίνωμα.

Ο καρκίνος εκ πλακώδους επιθηλίου είναι όγκος με κεντρικές εξελκώσεις, οι οποίοι όταν είναι μικρότερη των 3 εκατοστών μπορούν να αντιμετωπιστούν με ευρεία τοπική εκτομή. Αντίθετα, οι μεγαλύτεροι όγκοι αυτής της κατηγορίας, οι οποίοι έχουν

διηθήσει τους σφιγκτήρες αφαιρούνται μέσω κοιλιοπερινεϊκής εκτομής του ορθού. Επίσης, σε περιπτώσεις ασθενών με όγκους ιδιαίτερα προχωρημένους συστήνεται η χημειοθεραπεία ή/και η ακτινοθεραπεία.

Η θεραπεία του *βασικοκυτταρικού καρκινώματος* είναι είτε η ευρεία τοπική εκτομή είτε η κοιλιοπερινεϊκή εκτομή, ανάλογα το μέγεθος και το βαθμό διήθησης στους εν τω βάθει ιστούς.

Η νόσος *Paget* αποτελεί ενδοεπιθηλιακό αδενοκαρκίνωμα το οποίο εμφανίζεται στη πλειονότητα των περιπτώσεων σε ηλικιωμένες γυναίκες ηλικίας 70 έως 80 ετών, με την εικόνα εκζεματώδους εξέρυθρης βλάβης. Η θεραπεία είναι ίδια με τους προηγούμενους δύο περιπρωκτικούς όγκους.

Η νόσος *Bowen*, αλλιώς ονομαζόμενη και ενδοεπιθηλιακή νεοπλασία του πρωκτού εκ πλακώδους επιθηλίου είναι ικανή να προσβάλλει τόσο τον πρωκτό όσο και τη πρωκτοδερματική γραμμή. Δεν είναι λίγες οι φορές που η νόσος συνυπάρχει με τα κονδυλώματα και εμφανίζεται με τη μορφή εξέρυθρης βλάβης με άλγος, υγρά ή καύσο. Η θεραπεία εκλογής της παρούσας νόσου είναι η ευρεία τοπική εκτομή με παράλληλη βιοψία και των τεσσάρων τεταρτημορίων του πρωκτού προς αποκλεισμό της υπολειμματικής νόσου καθώς επίσης και λόγω του ότι ένα μικρό ποσοστό των ασθενών με τη νόσο αναπτύσσει στη συνέχεια καρκίνο εκ πλακώδους επιθηλίου(εικόνα 2.16).



Εικόνα 2.16: Πλακώδες καρκίνωμα περιπρωκτικής περιοχής(Κανέλλος,2015)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΟΔΙΚΟ LASER

Η χρήση των διοδικών laser στη βιομηχανία και το εμπόριο έχει τεράστια άνοδο τα τελευταία χρόνια. Οι οπτικές ιδιότητες των διοδικών laser και η στιβαρότητα επέτρεψαν την εμπορευματοποίηση πολυάριθμων νέων εφαρμογών.

Τα διοδικά laser παράγουν έντονη εκπομπή μονοχρωματικής ακτινοβολίας παρά το μικρό τους μέγεθος. Σήμερα, οι δίοδοι laser που λειτουργούν υπό συνθήκες συνεχούς κύματος (CW) μπορούν να παρέχουν ισχύ εκατοντάδων watt. Τα διοδικά laser απαιτούν επίσης εξαιρετικά μικρή ισχύ σε σύγκριση με άλλους τύπους laser. Η πλειονότητα των laser αυτών έχουν πτώσεις τάσης μικρότερες από 2 V και οι απαιτήσεις ισχύος τους υπαγορεύονται από τις ρυθμίσεις τους (Camparo,1985).

Τα διοδικά laser δεν απαιτούν εύθραυστα γυάλινα περιβλήματα ή την ευθυγράμμιση κατόπτρων που κάνουν τα laser αερίου, καθώς είναι κατασκευασμένα από υλικά ημιαγωγών. Λόγω της στιβαρότητας και του μικρού τους μεγέθους, οι δίοδοι laser μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλοντα και χώρους όπου άλλα laser δεν μπορούν. Οι έξοδοι των διόδων laser μπορούν να εστιαστούν σε ένα διαθλαστικά περιορισμένο μέγεθος κηλίδας λόγω της συνοχής τους και των χαρακτηριστικών ενός μήκους κύματος. Το μέγεθος του σημείου που προκύπτει καθορίζεται από το μήκος κύματος του laser. Όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος του φωτός, τόσο μικρότερο είναι το σημείο που μπορεί να παραχθεί. Μικρότερα μεγέθη κηλίδων μπορούν να γίνουν αντιληπτά όταν λειτουργούν σε χαμηλότερα μπλε και UV μήκη κύματος, επιτρέποντας την αποθήκευση περισσότερων πληροφοριών σε οπτικούς δίσκους με μεγαλύτερη πυκνότητα. Οι δίοδοι laser έχουν επίσης το πλεονέκτημα ότι χειρίζονται απευθείας σε υψηλές συχνότητες. Στη μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας, η έξοδος της διόδου laser ποικίλλει σε συχνότητες έως αρκετά GHz (Camparo,1985).

Μια δίοδος laser χαρακτηρίζεται από ένα ενεργό μέσο ημιαγωγών παρόμοιο με αυτό μιας διόδου εκπομπής φωτός. Μια επαφή p-n σχηματίζει τον πιο δημοφιλή και πρακτικό τύπο διόδου laser, η οποία οδηγείται από εγχυόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Οι δίοδοι laser που χρησιμοποιούνται, αναφέρονται ως δίοδοι έγχυσης με σκοπό να διακρίνονται από άλλους τύπους διόδων όπως είναι αυτές με οπτική άντληση.

Μια δίοδος laser κατασκευάζεται με πρόσμειξη ενός πολύ λεπτού στρώματος στην επιφάνεια ενός κρυστάλλινου πλακιδίου, όπως και πολλές άλλες συσκευές ημιαγωγών. Μια επαφή p-n, ή δίοδος, σχηματίζεται όταν μια περιοχή τύπου n και μια περιοχή τύπου p προστίθενται το ένα πάνω από το άλλο σε έναν κρύσταλλο. Όταν αυτή η δομή είναι πολωμένη προς τα εμπρός, οπές από την περιοχή p εγχέονται στην περιοχή n, όπου τα ηλεκτρόνια είναι ο κύριος φορέας, όπως και σε άλλες διόδους. Τα ηλεκτρόνια από την περιοχή n αντλούνται ομοίως στην περιοχή p, όπου οι οπές είναι άφθονες (Campano,1985).

Όταν ένα ηλεκτρόνιο και μια οπή βρίσκονται στην ίδια θέση, μπορούν αυθόρμητα να ανασυνδυαστούν, πράγμα που σημαίνει ότι το ηλεκτρόνιο μπορεί να ξανακαταλάβει την ενεργειακή κατάσταση της οπής και να παράγει ένα φωτόνιο με τη διαφορά ενέργειας μεταξύ των εμπλεκόμενων καταστάσεων ηλεκτρονίου και οπής.

Το ρεύμα έγχυσης της δίοδου αντιπροσωπεύεται από αυτά τα εγχυόμενα ηλεκτρόνια και οπές, και η αυθόρμητη εκπομπή παρέχει στη δίοδο laser χαρακτηριστικά συγκρίσιμα με εκείνα ενός LED. Ενώ απαιτείται αυθόρμητη εκπομπή για να ξεκινήσει η ταλάντωση laser, είναι αναποτελεσματική όταν το laser είναι σε λειτουργία.

Το ηλεκτρόνιο και η οπή μπορούν να βρίσκονται ταυτόχρονα στην ίδια θέση για μεγάλο χρονικό διάστημα (της τάξης των μικροδευτερολέπτων) μέχρι να ανασυνδυαστούν κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες. Τότε ένα γειτονικό φωτόνιο με την ίδια ενέργεια με αυτή του ανασυνδυασμού μπορεί να οδηγήσει στον ανασυνδυασμό. Συνεπώς προκύπτει ένα δεύτερο φωτόνιο ίδιας πόλωσης, φάσης και συχνότητας με το πρώτο, το οποίο θα ταξιδέψει προς την ίδια κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι η διεγερμένη εκπομπή προκαλεί κέρδος σε ένα οπτικό κύμα (του σωστού μήκους κύματος) στην περιοχή έγχυσης, το οποίο αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ποσότητα των ηλεκτρονίων και των οπών που εγχέονται κατά μήκος της επαφής (Botez & Scifres,2005).

Για την κατασκευή ενός διοδικού laser, η ζώνη απολαβής περικλείεται από ένα οπτικό αντηχείο, όπως στα συμβατικά laser. Ένας οπτικός κυματοδηγός σχηματίζεται στην κρυσταλλική επιφάνεια στον απλούστερο τύπο διοδικού laser, με σκοπό τον

περιορισμό του φωτός σε μια σχετικά στενή γραμμή. Ένα αντηχείο Fabry-Perot σχηματίζεται όταν τα δύο άκρα ενός κρυστάλλου χωρίζονται για να δημιουργήσουν απολύτως λείες, παράλληλες ακμές.

Πριν πραγματοποιηθεί η εκπομπή, τα φωτόνια που εκπέμπονται θα ταξιδέψουν μέσα από τον κυματοδηγό και θα ανακληθούν πολλές φορές από κάθε επιφάνεια. Έτσι, μέσω της διεγερμένης εκπομπής επιτυγχάνετε η ενίσχυση του φωτός κατά το πέρασμά του μέσα από το αντηχείο, αλλά υπάρχουν απώλειες λόγω της απορρόφησης και της ατελούς ανάκλασης από τις ακραίες όψεις (Botez & Scifres, 2005).

Το σχήμα του οπτικού αντηχείου καθορίζει ορισμένα κρίσιμα χαρακτηριστικά των διόδων laser. Γενικά, το φως περιορίζεται σε ένα πολύ λεπτό στρώμα στην κατακόρυφη κατεύθυνση και η δομή υποστηρίζει μόνο μία οπτική λειτουργία κάθετη στα στρώματα. Εάν ο κυματοδηγός είναι πλατύς σε σύγκριση με το μήκος κύματος του φωτός στην πλευρική κατεύθυνση, ο κυματοδηγός μπορεί να υποστηρίξει πολλούς πλευρικούς οπτικούς τρόπους λειτουργίας και το laser ονομάζεται multi-mode. Αυτά τα πλευρικά laser πολλαπλών λειτουργιών είναι κατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη ποσότητα ισχύος αλλά όχι στενή περιθλαστικά περιορισμένη δέσμη, όπως εκτύπωση, χημική ενεργοποίηση ή άντληση άλλων laser. Ο κυματοδηγός πρέπει να είναι στενός, με τη σειρά του οπτικού μήκους κύματος, σε περιπτώσεις όπου απαιτείται μια μικροσκοπική εστιασμένη δέσμη. Μόνο ένας πλευρικός τρόπος λειτουργίας υποστηρίζεται σε αυτή τη μέθοδο, με αποτέλεσμα μια δέσμη περιορισμένης περίθλασης.

Ο οπτικός αποθηκευτικός χώρος, οι δείκτες laser και οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούν συσκευές ενιαίας χωρικής λειτουργίας. Αυτά τα laser μπορεί ακόμα να υποστηρίξουν πολλές διαμήκεις λειτουργίες, επιτρέποντάς τους να εκπέμπουν σε διαφορετικά μήκη κύματος ταυτόχρονα. Το μήκος κύματος που εκπέμπεται καθορίζεται από το διάκενο ζώνης του ημιαγωγού και τους τρόπους λειτουργίας του οπτικού αντηχείου.

Σε γενικές γραμμές, τα φωτόνια με ενέργεια ελαφρώς πάνω από το ενεργειακό χάσμα θα έχουν μεγαλύτερο κέρδος, ενώ οι ρυθμοί που βρίσκονται πιο κοντά στην κορυφή

της απολαβής θα είναι ο κύριος φορέας εκπομπής. Πρόσθετες πλευρικές λειτουργίες ενδέχεται να σταματήσουν εάν η δίοδος δεχθεί υψηλή πίεση (Byer,1988).

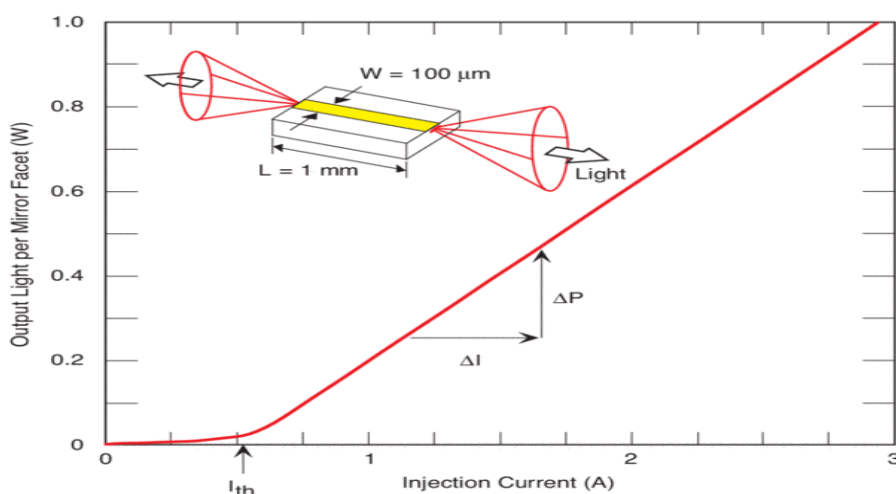
Τα περισσότερα ορατά laser, για παράδειγμα, λειτουργούν σε ένα μόνο μήκος κύματος, αλλά αυτό το μήκος κύματος είναι ασταθές και κυμαίνεται λόγω των διακυμάνσεων του ρεύματος ή της θερμοκρασίας. Η εγκάρσια σχηματομορφή του φωτός laser που εξέρχεται από τη στενή ενεργή περιοχή της διόδου θα υποβληθεί σε μετασχηματισμό έντασης Fourier εξαιρετικά γρήγορα λόγω περίθλασης και θα απαιτήσει έναν φακό ευθυγράμμισης για να κάνει το φως δέσμη. Επειδή η απόκλιση δέσμης μακριά από το επίπεδο της ενεργού ζώνης είναι μακράν η μεγαλύτερη, κυλινδρικοί φακοί χρησιμοποιούνται συνήθως σε laser ευρείας περιοχής.

Η ευθυγραμμισμένη δέσμη για laser μονής χωρικής λειτουργίας που χρησιμοποιούν συμμετρικούς φακούς έχει ελλειπτική μορφή επειδή η κατακόρυφη απόκλιση είναι μεγαλύτερη από την πλευρική απόκλιση. Η προαναφερθείσα βασική δίοδος έχει υποστεί εκτεταμένες τροποποιήσεις τα τελευταία χρόνια για να ταιριάζει με τη σύγχρονη τεχνολογία, με αποτέλεσμα μια σειρά από διόδους laser, όπως εξηγείται παρακάτω (Byer,1988).

3.1 Ρεύμα κατωφλιού & Κατώφλι πυκνότητας ρεύματος

Ο βαθμός στον οποίο οι δίοδοι laser εκπέμπουν φως όταν τροφοδοτείται με ρεύμα η συσκευή είναι ίσως το πιο κρίσιμο χαρακτηριστικό που μπορεί να μετρηθεί με τα όργανα διόδου. Η καμπύλη φωτός εξόδου έναντι του ρεύματος εισόδου, συχνά γνωστή ως L.I. (Output Light vs. Input Current Curve), είναι το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας(εικόνα 3.1). Το laser εμφανίζει αρχικά αυθόρμητη εκπομπή όταν αυξάνεται το εγχύμενο ρεύμα, το οποίο αυξάνεται σταθερά μέχρι να εκπέμψει διεγερμένη ακτινοβολία, μία διαδικασία η οποία αντιστοιχεί στην έναρξη της δραστηριότητας του laser. Το ακριβές ρεύμα κατωφλιού στο οποίο εμφανίζεται αυτό το φαινόμενο είναι η πρώτη παράμετρος ενδιαφέροντος. Το ρεύμα κατωφλιού αναφέρεται μερικές φορές ως ρεύμα I_{th} . Είναι θεμιτό το ρεύμα κατωφλιού να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερο, καθώς αυτό συνεπάγεται μια πιο αποτελεσματική συσκευή. Με άλλα λόγια, η μέτρηση του ρεύματος κατωφλιού αποτελεί έναν εύκολο τρόπο αξιολόγησης της απόδοσης μιας διόδου laser.

Η αποτελεσματικότητα του laser σχετικά με τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε ελαφριά ισχύ καθορίζεται από την κλίση της L.I. καμπύλης, που συμβολίζεται με τη μεταβολή της ισχύος εξόδου έναντι της μεταβολής του ρεύματος ($\Delta P/\Delta I$). Παρακάτω απεικονίζεται μια δίοδος laser ευρείας περιοχής (ράβδωση πλάτους 100 μm) που εκπέμπει ακτινοβολία τόσο από την μπροστινή όσο και από την πίσω όψη του καθρέφτη.



Εικόνα 3.1: Μια τυπική καμπύλη φωτός έναντι ρεύματος (L.I.) που σχετίζεται με μια δίοδο laser υψηλής ισχύος.(www.newport.com)

Το ρεύμα κατωφλιού εξαρτάται από την ποιότητα του υλικού ημιαγωγού από το οποίο κατασκευάζεται η συσκευή, καθώς και από τον γενικό σχεδιασμό της δομής του κυματοδηγού της συσκευής. Ωστόσο, το μέγεθος και η επιφάνεια της συσκευής λέιζερ επηρεάζουν επίσης το ρεύμα κατωφλιού. Μια δίοδος λέιζερ μπορεί να έχει πολύ μεγαλύτερο ρεύμα κατωφλιού από μια άλλη συσκευή και να θεωρείται ωστόσο πολύ πιο αποτελεσματική. Αυτό συμβαίνει επειδή η επιφάνεια της συσκευής μπορεί να είναι μεγαλύτερη. Μια γεννήτρια λέιζερ μεγαλύτερη ή ευρύτερη προφανώς χρειάζεται περισσότερη ηλεκτρική ισχύ για να λειτουργήσει σε σχέση με ένα μικρότερο λέιζερ. Ως αποτέλεσμα, είναι πιο ακριβές να μιλάμε για κατώφλι πυκνότητας ρεύματος παρά για ρεύμα κατωφλιού όταν συγκρίνουμε τα επίπεδα ρεύματος κατωφλιού διαφόρων συσκευών. Διαιρώντας την πειραματικά ληφθήσα τιμή κατωφλιού ρεύματος I_{th} με την επιφάνεια του λέιζερ, υπολογίζεται το κατώφλι πυκνότητας ρεύματος, που συμβολίζεται με το σύμβολο J_{th} .

Είναι πάντα επιθυμητό για ένα laser να έχει χαμηλή τιμή πυκνότητας ρεύματος κατωφλιού. Το κατώφλι πυκνότητας ρεύματος είναι μία από τις παραμέτρους που

αποτελεί άμεση ένδειξη της ποιότητας του υλικού ημιαγωγού από το οποίο κατασκευάζεται η συσκευή. Κατά τη σύγκριση της απόδοσης διαφόρων συσκευών laser, πρέπει να συγκρίνονται οι τιμές πυκνότητας ρεύματος κατωφλιού παρά οι τιμές κατωφλιού ρεύματος. Κατά τον υπολογισμό της πυκνότητας ρεύματος του laser, είναι απαραίτητο να μετρηθεί με ακρίβεια η επιφάνεια του laser μέσω της οποίας εγχέεται ρεύμα. Αυτό είναι δυνατό μόνο σε laser ευρείας περιοχής με πλάτη ραβδώσεων της τάξης των 100 microns ή περισσότερο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η επιφάνεια μέσω της οποίας ρέει το ρεύμα είναι πανομοιότυπη με την επιφάνεια της μεταλλικής επαφής του laser (Baranov & Tournié,2013).

3.2 Η κλίση της καμπύλης L.I.

Ακριβώς όπως είναι επιθυμητό να επιτυγχάνεται η εκπομπή laser σε όσο το δυνατόν χαμηλότερο ρεύμα κατωφλιού, είναι επίσης επιθυμητό να βγαίνει όλο και περισσότερο φως από τη συσκευή με τη δαπάνη όσο το δυνατόν μικρότερου ρεύματος. Με άλλα λόγια, επιδιώκεται αργή αύξηση του ρεύματος εισόδου και ωστόσο να επιτυγχάνεται ταχεία αύξηση στην εκπομπή φωτός εξόδου. Μια δίοδος λέιζερ θεωρείται αποδοτική, όταν έχει καλό ρυθμό μετατροπής ηλεκτρικής ισχύος εισόδου σε ισχύ φωτός εξόδου. Η κλίση της καμπύλης L.I. παρέχει μια σαφή ένδειξη της ικανότητας της συσκευής να το επιτύχει αυτό. Αυτή η κλίση συμβολίζεται ως $\Delta P/\Delta I$ και έχει τις μονάδες Watt ανά Amperes (W/A). Μπορούμε να προσδιορίσουμε άμεσα πόσα Watt ισχύος παράγει το λέιζερ για κάθε αύξηση 1 Amp στο ρεύμα εισόδου του κοιτάζοντας την καμπύλη πάνω από το ρεύμα κατωφλιού I_{th} . Άλλες σημαντικές παράμετροι συνήθως εξάγονται από τη μέτρηση της παραμέτρου $\Delta P/\Delta I$. Αυτές περιλαμβάνουν τις παραμέτρους Εξωτερική Διαφορική Κβαντική Απόδοση, Εσωτερική Κβαντική Απόδοση και Εσωτερική Απώλεια(Baranov & Tournié,2013).

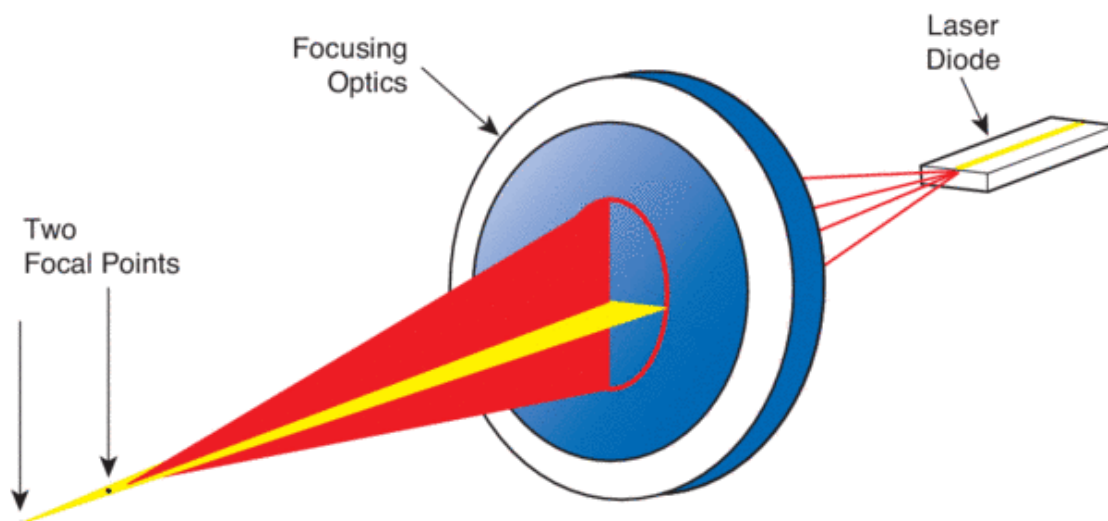
3.3 Θερμοκρασία

Η ικανότητα της διόδου λέιζερ να λειτουργεί καλά σε υψηλές θερμοκρασίες παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στην πλειονότητα των εφαρμογών. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση των λέιζερ υψηλής ισχύος, όταν η ποσότητα της παραγόμενης ισχύος προκαλεί μεγάλη αύξηση στη θερμοκρασία της συσκευής. Συνεπώς είναι σημαντικό ο κρύσταλλος ημιαγωγών να είναι αρκετά ισχυρός ώστε να αντιστέκεται στη φθορά της συσκευής από υψηλές θερμοκρασίες. Η χαρακτηριστική θερμοκρασία της διόδου λέιζερ T_0 , λειτουργεί ως μέτρο της ευαισθησίας στη θερμοκρασία της συσκευής. Οι υψηλότερες τιμές υποδηλώνουν ότι το κατώφλι πυκνότητας ρεύματος και η εξωτερική διαφορική κβαντική απόδοση της συσκευής αυξάνονται λιγότερο γρήγορα με τη θερμοκρασία. Ως αποτέλεσμα, το λέιζερ γίνεται πιο θερμικά σταθερό.

Για να μετρηθεί η χαρακτηριστική θερμοκρασία μιας διόδου laser είναι απαραίτητο να μετρηθεί πειραματικά η L.I. καμπύλη ενός laser σε διάφορες θερμοκρασίες. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα καταγράφονται σε πίνακα και καθορίζεται το T_0 . Συνήθως, οι άνθρωποι εκτελούν αυτές τις μετρήσεις σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 15 βαθμούς Κελσίου έως περίπου 80 βαθμούς Κελσίου και σε αυξήσεις 5 ή 10 μοιρών (Yamada,2014).

3.4 Αστιγματισμός

Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, καθώς οι διόδοι λέιζερ έχουν εξελιχθεί, έχουν δημιουργηθεί ποικίλες δομές με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Οι δομές με βάση το κέρδος χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στις πρώτες διόδους λέιζερ, οι οποίες δημιούργησαν ένα αξιόπιστο προϊόν με ελάχιστο κόστος κατασκευής. Ο αστιγματισμός και οι πολλαπλές φασματικές γραμμές ήταν αποτέλεσμα αυτού του τύπου δομής, ο οποίος υποστήριζε πολλαπλούς τρόπους λειτουργίας. Ο αστιγματισμός είναι μια κατάσταση κατά την οποία τα φαινομενικά εστιακά σημεία των δύο αξόνων δεν συμπίπτουν, περιορίζοντας την ικανότητα του λέιζερ να εστιάζει σε ένα μικρό σημείο και καθιστά δύσκολη την εστίαση της δέσμης εξόδου για την παραγωγή ενός ευκρινούς, καλά καθορισμένου σημείου. (εικόνα 3.2) (Baumann et al,1992).



Εικόνα 3.2: Σχηματικό διάγραμμα που δείχνει το πρόβλημα του αστιγματισμού(www.newport.com)

3.5 Πόλωση

Ο λόγος των παράλληλων και των κάθετων διανυσμάτων πόλωσης ονομάζεται λόγος πόλωσης. Οι δίοδοι laser μπορούν να φτάσουν σε αναλογίες πόλωσης 100 προς 1 ή περισσότερο όταν λειτουργούν κοντά στη μέγιστη ισχύ εξόδου τους.

3.6 Συγκέντρωση ακτίνων διόδων laser

Δεδομένου ότι η έξοδος ενός διοδικού laser είναι αποκλίνουσα, απαιτούνται ειδικά οπτικά συστήματα ευθυγράμμισης. Αυτοί οι ρυθμιστές συνήθως έχουν αριθμητικό διάφραγμα 0,5 ή μεγαλύτερο για τη συλλογή ολόκληρης της δέσμης εξόδου laser.

Με τη χρήση φακών, επιτυγχάνεται η εκπομπή φωτός εξόδου να εστιάζει σε ευθυγραμμισμένη δέσμη με μικρή απόκλιση. Επίσης, λόγω της συνεκτικής φύσης του φωτός laser, οι ιδιότητές του παραμένουν ίδιες στο χώρο και στο χρόνο. Αυτό είναι χρήσιμο σε παρεμβολομετρικές μετρήσεις παραμορφώσεων υλικού. Απαραίτητη προϋπόθεση για να αποφευχθεί ο αστιγματισμός, είναι η χρήση ενός κυλινδρικού φακού, σε περιπτώσεις όπου μια δέσμη διοδικού λέιζερ με βάση το κέρδος είναι ευθυγραμμισμένη ή εστιασμένη. Ένας φακός μεγάλης εστιακής απόστασης χρησιμοποιείται για την αντιστάθμιση του αστιγματισμού και στη συνέχεια ο φακός ευθυγράμμισης μπορεί να παρέχει μια δέσμη που έχει μικρή απόκλιση και στους δύο άξονες.

Ένα ζεύγος αναμορφικού πρίσματος χρησιμοποιείται ώστε να κυκλοποιηθεί η ευθυγραμμισμένη δέσμη σε περίπτωση που είναι ακόμα ελλειπτική. Είτε ο κύριος άξονας συμπιέζεται είτε ο δευτερεύων άξονας διαστέλλεται για να δημιουργήσει μια κυκλική δέσμη. Μια κυκλοποιημένη έξοδος μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω της εστίασης της δέσμης εξόδου μιας διόδου laser σε μια ίνα μονής λειτουργίας. Η ίνα λειτουργεί ως φίλτρο αφού μόνο ένας ρυθμός διαδίδεται σε αυτή. Η έξοδος από την ίνα είναι μια κυκλική, κωνική δοκός με Gaussian σχήμα και χαμηλό αριθμητικό άνοιγμα ($N.A. < 0,1$). Ένας απλός σφαιρικός φακός χρησιμοποιείται για την ολοκλήρωση της ευθυγράμμισης.

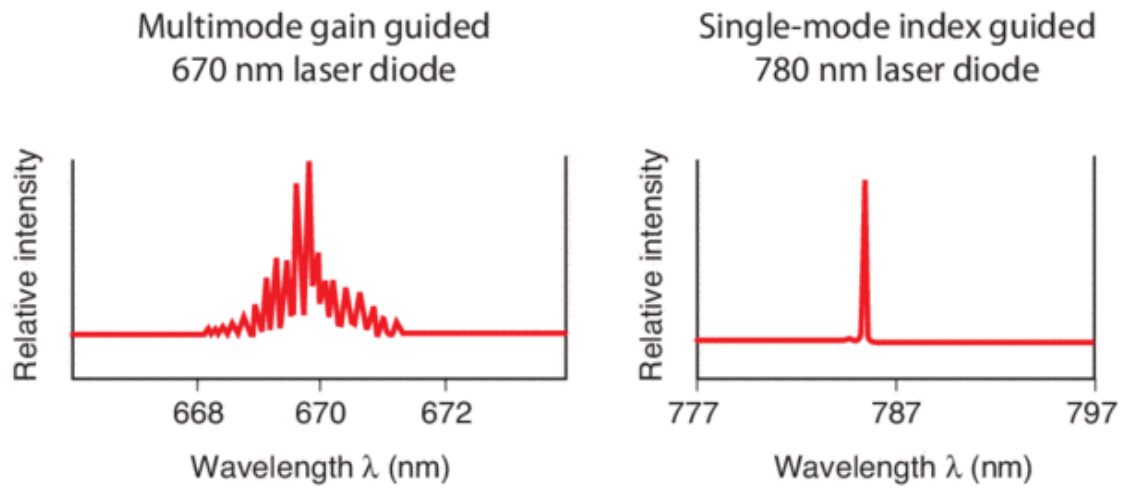
Οι νεότερες τεχνικές για την ευθυγράμμιση διόδων laser περιλαμβάνουν μικροφακούς και οπτικά περίθλασης. Οι μικροφακοί συνδέονται ακριβώς μπροστά από τα ανοίγματα εκπομπής της διόδου laser. Τα οπτικά περίθλασης κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τεχνικές φωτολιθογραφίας που έχουν ως αποτέλεσμα υψηλή επαναληψιμότητα και εξαιρετικά χαμηλό κόστος σε μεγάλες

ποσότητες. Τα οπτικά στοιχεία περιθλασης είναι τοποθετημένα εξωτερικά (Baranov & Tournié,2013).

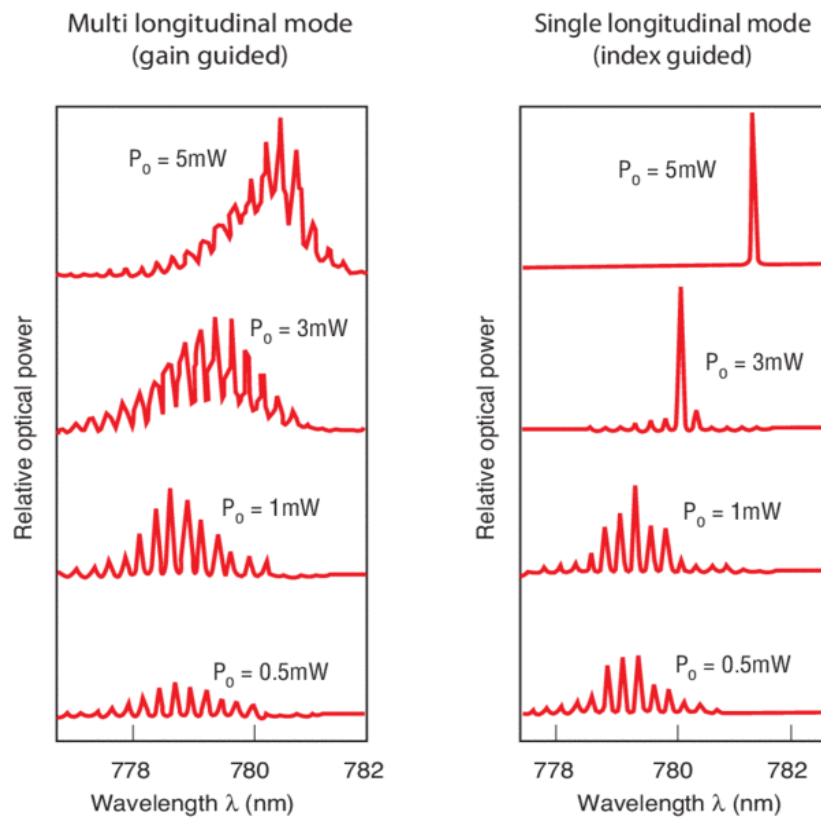
3.7 Οπτικό Φάσμα

Το οπτικό φάσμα των διοδικών laser εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά οπτικού αντηχείου του laser. Μια ενιαία, καθορισμένη φασματική κορυφή εμφανίζεται σε τύπους συσκευών κατανεμημένης ανάδρασης (DFB) και κατανεμημένης ανάκλασης Bragg (DBR), ενώ φάσμα με πολλαπλές κορυφές εμφανίζεται στην πλειονότητα των συσκευών απολαβής ή καθοδήγησης.

Ο αριθμός των φασματικών γραμμών που μπορεί να υποστηρίξει ένα laser είναι συνάρτηση της δομής του αντηχείου, καθώς και του ρεύματος λειτουργίας. Ως αποτέλεσμα, οι φασματικές έξοδοι των διοδικών λέιζερ πολλαπλών λειτουργιών, εμφανίζουν πολλές κορυφές κοντά στο κεντρικό τους μήκος κύματος. Ένα στάσιμο κύμα δημιουργείται μεταξύ των δύο κατόπτρων του λέιζερ, λόγω του οπτικού κύματος που διέρχεται μέσω του αντηχείου του λέιζερ. Η περίοδος ταλάντωσης αυτής της καμπύλης εξαρτάται από την απόσταση L μεταξύ των δύο κατόπτρων. Μόνο όταν το μήκος του αντηχείου L είναι ακέραιος m των ημιμηκών κύματος που υπάρχουν μεταξύ των δύο κατόπτρων, αυτό το μόνιμο οπτικό κύμα θα μπορέσει να διαδοθεί. Με άλλα λόγια, το αντηχείο είναι απαραίτητο να έχει έναν κόμβο σε κάθε άκρο. Ο μόνος τρόπος που μπορεί να συμβεί αυτό είναι το L να είναι ακριβώς ένας ακέραιος αριθμός πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος $\lambda/2$. Αυτό σημαίνει ότι $L = m(\lambda/2)$, όπου λ είναι το μήκος κύματος του φωτός στην ύλη ημιαγωγών και σχετίζεται με το μήκος κύματος του φωτός στον ελεύθερο χώρο μέσω του δείκτη διάθλασης n με τη σχέση $\lambda = \lambda_0/n$. Ως αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης, μπορεί να υπάρχουν πολλοί διαμήκεις ρυθμοί στο οπτικό αντηχείο της διόδου laser, καθένας από τους οποίους αντηχεί στο ξεχωριστό μήκος κύματός του $\lambda_m = 2L/m$. Έτσι, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι δύο γειτονικοί διαμήκεις ρυθμοί laser χωρίζονται από ένα μήκος κύματος $\Delta\lambda = (\lambda_0)^2/2nL$. Ακόμη και οι συσκευές απλού ρυθμού μπορούν να υποστηρίξουν πολλαπλούς ρυθμούς λειτουργίας σε χαμηλή ισχύ εξόδου. Καθώς το ρεύμα λειτουργίας αυξάνεται, ένας ρυθμός αρχίζει να κυριαρχεί έως ότου, πέρα από ένα συγκεκριμένο επίπεδο ισχύος λειτουργίας, εμφανιστεί ένα φάσμα στενού πλάτους γραμμής (Bliznyuk et al,2020).



Εικόνα 3.3 Multimode έναντι single-mode φάσματα. (www.newport.com)

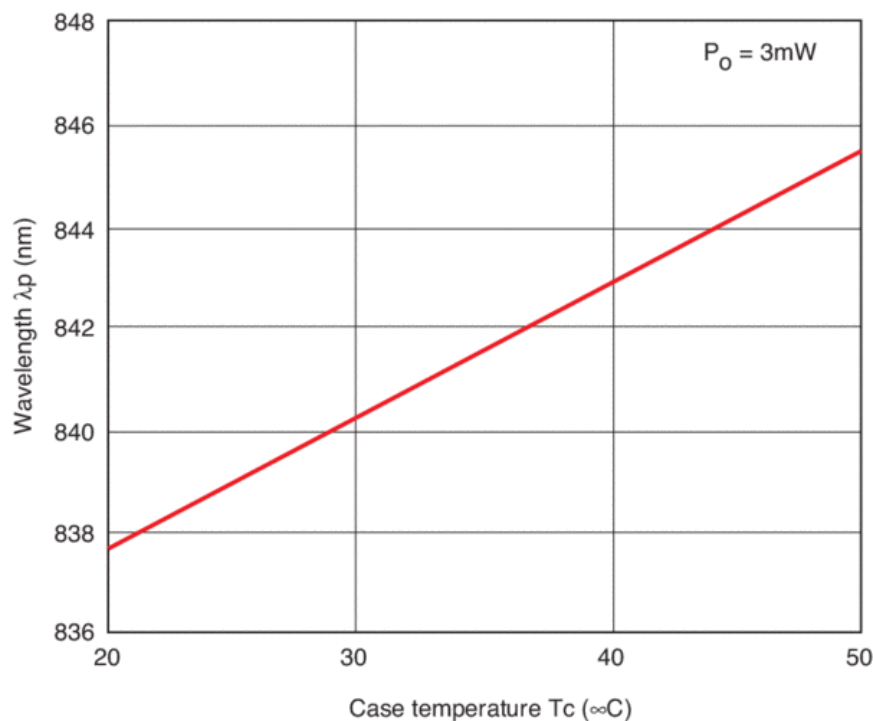


Εικόνα 3.4: Επιδράσεις του επιπέδου ρεύματος λειτουργίας στο φάσμα εξόδου. (www.newport.com)

3.8 Κεντρικό μήκος κύματος αλλάζει με τη θερμοκρασία

Το κεντρικό μήκος κύματος μιας διόδου laser είναι ευθέως ανάλογο με τη θερμοκρασία λειτουργίας της(εικόνα 3.5). Συνεπώς το κεντρικό μήκος κύματος της διόδου λέιζερ αυξάνεται κατά την αύξηση της θερμοκρασίας.

Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο σε εφαρμογές φασματοσκοπίας, άντληση διόδων laser στερεάς κατάστασης και ενισχυτές ινών με πρόσμειξη ερβίου, όπου το μήκος κύματος εκπομπής της διόδου laser μπορεί να προσαρμοστεί με ακρίβεια στις συγκεκριμένες ιδιότητες του υλικού με το οποίο αλληλοεπιδρά (Baumann et al,1992).



Εικόνα 3.5: Επιδράσεις της θερμοκρασίας στο κεντρικό μήκος κύματος της διόδου laser. (www.newport.com)

3.9 Mode Hopping

Τα laser μονού ρυθμού παρουσιάζουν ένα φαινόμενο που ονομάζεται mode hopping, στο οποίο η κεντρική συχνότητα της διόδου laser πηδάει σε διακριτές ζώνες μήκους κύματος και δεν εμφανίζει συνεχή συντονισμό σε ένα ευρύ φάσμα. Οι μεταβολές του ρεύματος κινήσεως μπορούν να επηρεάσουν το μήκος κύματος στην περιοχή που εμφανίζονται οι ασυνέχειες. Κατά την επιλογή μιας συγκεκριμένης διόδου laser για μια εφαρμογή που απαιτεί συγκεκριμένο μήκος κύματος, όπως η φασματοσκοπία, το mode hopping πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη ρύθμιση θερμοκρασίας της συσκευής (Heumier,1992).

3.10 Απαιτήσεις διάρκειας ζωής διόδων laser

Η θερμοκρασία λειτουργίας μιας διόδου λέιζερ καθορίζει την αποδοτική διάρκεια της. Μια δίοδος υψηλής ποιότητας με θερμοκρασία λειτουργίας 20°C μπορεί να είναι αποδοτική περισσότερο από 100.000 ώρες. Όταν το ρεύμα λειτουργίας που απαιτείται για τη διατήρηση μιας δεδομένης ισχύος εξόδου αυξάνεται κατά ένα ορισμένο ποσοστό (50 %) από το αρχικό ρεύμα, τότε συνήθως υπάρχει η αποτυχία της διόδου. Η αναφερόμενη θερμοκρασία της συσκευασίας διόδου λέιζερ είναι και αυτή που μετρήθηκε πειραματικά. Οι καμπύλες ζωής παρέχονται συχνά από τον κατασκευαστή για διάφορες ισχύς εξόδου.

3.11 Τρέχουσες απαιτήσεις πηγής για διόδους laser

Ένα πρόγραμμα οδήγησης διόδου λέιζερ, είναι απαραίτητο για την ορθή λειτουργία της διόδου και αποτελείται από μια πηγή ρεύματος χαμηλού θορύβου. Τα συνηθισμένα τροφοδοτικά συχνά λειτουργούν ως πηγές σταθερής τάσης και δεν διαθέτουν κυκλώματα προστασίας που απαιτούνται από τις διόδους λέιζερ. Επιπροσθέτως στην πλειονότητα των εφαρμογών, είναι πολύ θορυβώδεις. Επιπλέον, οι διακυμάνσεις του ρεύματος και της τάσης μπορούν εύκολα να βλάψουν τις διόδους λέιζερ. Για την προστασία των διόδων από φθορά, έχουν δημιουργηθεί εξειδικευμένα σχέδια κυκλωμάτων. Τα κυκλώματα ανίχνευσης μεταβατικών ταχυτήτων υψηλής ταχύτητας και το φιλτράρισμα εισόδου AC αποτελούν μέρος του πρώτου επιπέδου προστασίας. Οι θωρακισμένοι μετασχηματιστές και τα κυκλώματα ανίχνευσης μεταβατικών γραμμών χαμηλής τάσης και εναλλασσόμενου ρεύματος προσφέρουν περαιτέρω ασφάλεια.

Είναι απαραίτητο τα προγράμματα οδήγησης διόδων λέιζερ να έχουν βραχυκυκλωμένη την έξοδο προς την δίοδο όταν αυτή βρίσκεται εκτός λειτουργίας, καθώς μπορεί να υπάρξουν εσωτερικές μεταβατικές αλλαγές στο τροφοδοτικό όταν

το ρεύμα εξόδου είναι ενεργοποιημένο ή απενεργοποιημένο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση περιττών συσκευών βραχυκυκλώματος FET και ρελέ στην έξοδο. Κατά τη φάση ενεργοποίησης, αυτές οι συσκευές βραχυκύκλωσης προστατεύουν τη δίοδο laser τόσο από μεταβατικά ρεύματα όσο και από τάση. Μετά από μια καθυστέρηση αρκετών δευτερολέπτων, το ρεύμα εξόδου αυξάνεται αργά κατά τη διάρκεια πολλών χιλιοστών του δευτερολέπτου σε αρκετές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου στην τιμή του σημείου ρύθμισης.

Το ανεξάρτητο όριο ρεύματος είναι ένα άλλο σημαντικό στοιχείο των προγραμμάτων οδήγησης διόδων λέιζερ. Αυτό το όριο, το οποίο ορίζεται ανεξάρτητα από την τιμή του σημείου ρύθμισης, παρακάμπτεi κάθε περίπτωση που μπορεί να προκαλέσει το ρεύμα εξόδου να είναι μεγαλύτερο από τη μέγιστη τιμή ρεύματος της διόδου λέιζερ. Ένα προγραμματιζόμενο όριο ισχύος λογισμικού χρησιμοποιείται από κάποιες πηγές τροφοδοσίας και λειτουργεί παρόμοια με ένα όριο ρεύματος. Ενώ το όριο ρεύματος είναι καλωδιωμένο, το όριο ισχύος πρέπει να προγραμματιστεί, συνεπώς είναι απαραίτητο να προσδιορίζεται η απόκριση της φωτοδιόδου για να υπάρξει σωστή ρύθμιση του ορίου ισχύος. Για την προστασία των διόδων, η καθεμία λειτουργεί ξεχωριστά.

3.12 Έλεγχος θερμοκρασίας για διόδους laser

Καθώς η θερμοκρασία της διόδου λέιζερ επηρεάζει πολλές παραμέτρους, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται ένας θερμοηλεκτρικός ελεγκτής για τη διατήρηση της θερμοκρασίας. Για τη διατήρηση μιας σταθερής θερμοκρασίας, οι θερμοηλεκτρικοί ψύκτες (TE) που βασίζονται στο φαινόμενο Peltier χρησιμοποιούνται στην πλειονότητα των εφαρμογών διόδων λέιζερ. Η θερμότητα μεταφέρεται από τη μία πλευρά της συσκευής στην άλλη χρησιμοποιώντας μονάδες TE, οι οποίες είναι «αντλίες θερμότητας» ημιαγωγών. Μια δίοδος λέιζερ μπορεί να θερμανθεί ή να ψυχθεί ανάλογα με τον τρόπο που περνά το ρεύμα μέσω του ψυγείου TE. Χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι αισθητήρων θερμοκρασίας: θερμίστορ, I.C. αισθητήρες και συσκευές αντίστασης θερμοκρασίας πλατίνας (RTD). Το θερμίστορ είναι το πιο δημοφιλές λόγω του μικρού μεγέθους του και του γρήγορου χρόνου απόκρισης. Δεδομένου ότι είναι συσκευές μη γραμμικής αντίστασης, τα θερμίστορ και τα RTD χρειάζονται μικρή ακριβή πηγή ρεύματος για να τα πολώσει. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα αλλαγές στην αντίσταση, με την πτώση τάσης στη συσκευή ανάλογη της θερμοκρασίας. Κάθε συσκευή έχει μια χαρακτηριστική εξίσωση που μετατρέπει την αντίσταση σε θερμοκρασία. Η εξίσωση Steinhart-Hart χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της αντίστασης ενός θερμίστορ σε θερμοκρασία και χρησιμοποιεί δύο ή τρεις σταθερές ανάλογα με την ακρίβεια που απαιτείται.

Οι αισθητήρες είναι γραμμικές συσκευές των οποίων οι έξοδοι μπορούν εύκολα να μετατραπούν και να εμφανιστούν σε °C. Αν και είναι γραμμικά, δεν είναι τόσο ακριβή όσο τα θερμίστορ. Τα RTD χρησιμοποιούνται κυρίως όπου χρειάζεται κάποιος

εξαιρετικά σταθερός αισθητήρας για πολύ μακροπρόθεσμες και ακριβείς εφαρμογές ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Το κύριο μειονέκτημα των RTD είναι η μικρή τους αλλαγή αντίστασης, η οποία καθιστά δύσκολη τη μέτρηση μικρών απόλυτων μεταβολών θερμοκρασίας.

Τα θερμίστορ, από την άλλη πλευρά, έχουν εξαιρετικά μεγάλες αλλαγές αντίστασης, καθιστώντας εύκολη τη μέτρηση μικρών αλλαγών στη θερμοκρασία. Είναι επίσης ο μικρότερος από τους τρεις τύπους αισθητήρων, που τους καθιστούν ιδανικούς υποψήφιους για ενσωμάτωση σε συσκευές διοδικών laser. Τα διοδικά laser με ενσωματωμένους ψύκτες TE χρησιμοποιούν ένα θερμίστορ 10 kΩ ως συσκευή ανίχνευσης θερμοκρασίας.

3.13 Δοκιμή και Χαρακτηρισμός Διόδων Laser

Συχνά είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί ποσοτικά η ποιότητα, η απόδοση και τα χαρακτηριστικά των διόδων laser. Η αξιολόγηση της απόδοσης της διόδου, επιτυγχάνεται μέσω της διεξαγωγής πειραμάτων για την λήψη δεδομένων. Έτσι προσδιορίζεται η ορθή λειτουργία της διόδου.

Το κεντρικό στοιχείο αυτής της πειραματικής εγκατάστασης είναι η βάση διόδου laser και το ενσωματωμένο σύστημα ανιχνευτή σφαιρών. Η βάση διόδων laser έχει σχεδιαστεί για να παρέχει απλή ψύξη αέρα για διόδους laser υψηλής ισχύος.

Αυτή η ρύθμιση μπορεί να αυτοματοποιηθεί πλήρως χρησιμοποιώντας υπολογιστή και λογισμικό ελέγχου όπως το LabView για πλήρη αυτοματοποίηση του ελέγχου οργάνων και της λήψης δεδομένων.

Στις μετρήσεις διόδων laser, η χρήση μιας διάταξης ενσωματωμένης σφαίρας είναι απολύτως απαραίτητη όταν εκτελούνται ακριβείς μετρήσεις της ισχύος του φωτός εξόδου. Οι δίοδοι laser έχουν ένα εξαιρετικά αποκλίνον προφίλ δέσμης και η χρήση μιας σφαίρας ενσωμάτωσης διασφαλίζει ότι όλο το φως που εκπέμπεται από τη δίοδο laser συλλέγεται και μετριέται. Επιπλέον, καθιστά τη μέτρηση μη ευαίσθητη στην ακριβή τοποθέτηση του ανιχνευτή. Το σήμα που παράγεται από τον ανιχνευτή στη συνέχεια μετριέται με ένα βαθμονομημένο οπτικό μετρητή ισχύος. Αυτή η ρύθμιση καθιστά δυνατή την ακριβή μέτρηση του φωτός εξόδου των διόδων laser

διαφόρων μηκών κύματος. Το σύστημα οπτικής μέτρησης ελέγχεται γενικά από υπολογιστή χρησιμοποιώντας GPIB ή USB.

Επιπλέον, το Integrating Sphere θα μπορούσε να εξοπλιστεί με θύρα οπτικών ινών. Αυτό χρησιμοποιείται για τη δειγματοληψία του φωτός και τη διοχέτευσή του στην είσοδο ενός αναλυτή οπτικού φάσματος. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατή η εκτέλεση ταυτόχρονων μετρήσεων του οπτικού φάσματος της διόδου laser και του μήκους κύματος κορυφής εκπομπής, επιπλέον των χαρακτηριστικών L.I.V.

Η διαδικασία συσκευασίας των διοδικών laser είναι πολύ καίριο και ακριβό μέρος της κατασκευής αυτών. Εξαιτίας αυτού, είναι γενικά απαραίτητο να αξιολογηθεί πλήρως η ποιότητα των πλακών ημιαγωγών από τις οποίες κατασκευάζονται τα laser πριν από την πλήρη κατασκευή της συσκευής. Εκτός από μια σειρά από δομικές, ηλεκτρικές και οπτικές, χαρακτηρισμού στις οποίες υποβάλλονται οι γκοφρέτες, τις περισσότερες φορές laser ευρείας περιοχής επεξεργάζονται επίσης από τις γκοφρέτες και στη συνέχεια δοκιμάζονται προκειμένου να καθοριστεί εάν η γκοφρέτα είναι «Device Quality Wafer» ή όχι. Αυτό αποτρέπει τη χρήση υλικών χαμηλής ποιότητας για την κατασκευή συσκευών. Εφόσον αυτές οι συσκευές δοκιμάζονται χωρίς να είναι κολλημένες σε ψήκτρες και δεν είναι πλήρως συσκευασμένες, είναι απολύτως απαραίτητο όλες οι δοκιμές και οι χαρακτηρισμοί να γίνονται υπό συνθήκες ρεύματος παλμού χαμηλού κύκλου λειτουργίας. Με αυτόν τον τρόπο, η απαγωγή θερμότητας δεν αποτελεί πρόβλημα και είναι δυνατό να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά των συσκευών χωρίς να απαιτείται η πλήρης συσκευασία τους. Ας σημειωθεί ότι σε αυτήν την περίπτωση, ένας σταθμός ανιχνευτή χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και την έγχυση ρεύματος σε κάθε συσκευή και ο οδηγός του laser είναι μια γεννήτρια παλμών ρεύματος.

Χρησιμοποιώντας τέτοιες πειραματικές ρυθμίσεις είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί πλήρης δοκιμή διόδων laser και χαρακτηρισμός που οδηγεί στον προσδιορισμό σημαντικών παραμέτρων όπως το ρεύμα κατωφλιού και η πυκνότητα ρεύματος κατωφλιού, η εξωτερική διαφορική κβαντική απόδοση, η εσωτερική κβαντική απόδοση, η εσωτερική απώλεια, το φάσμα και το μήκος κύματος κορυφής εκπομπής, η αντίσταση σειράς και η χαρακτηριστική θερμοκρασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Διοδικό laser και Αιμορροΐδες

Η θεραπεία των αιμορροΐδων με laser είναι μία ελάχιστα επεμβατική μέθοδος και αποτελεί μια εξαιρετική θεραπευτική επιλογή για τον ασθενή. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις αιμορροϊδοπάθειας από αρχικό στάδιο έως και το πιο προχωρημένο. Η θεραπεία πραγματοποιείται μέσω μίας λεπτής οπτικής ίνας laser (κωνικής εκπομπής ενέργειας), η οποία διοχετεύει υποβλενογόνια θερμική ενέργεια στον αιμορροϊδικό όζο, προκαλώντας συρρίκνωση στο αιμορροϊδικό πλέγμα και καταστροφή των αγγείων που το τροφοδοτούν με αίμα. Με αποτέλεσμα οι όζοι σταδιακά να συρρικνώνονται και να ανατάσσονται στην αρχική τους θέση. Η συγκεκριμένη επέμβαση είναι ανώδυνη, καθώς εφαρμόζεται σε περιοχή που δεν υπάρχουν αισθητήρια νεύρα. Επιπλέον, δε χρειάζεται μετεγχειρητική φροντίδα και μακρόχρονη ιατρική παρακολούθηση, ενώ ο κίνδυνος εμφάνισης επιπλοκών μετά την εφαρμογή της τεχνικής είναι αμελητέος.

Στην έρευνα των Lakmal et al(2021), η οποία αφορά συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, έγινε προσπάθεια διεξοδικής ανάλυσης του συνόλου των αποτελεσμάτων και της κλινικής αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας των laser για την αντιμετώπιση της αιμορροϊδοπάθειας. Στην έρευνα συμπεριλήφθηκαν όλες οι πειραματικές μελέτες και οι μελέτες παρατήρησης οι οποίες αφορούσαν την αντιμετώπιση των αιμορροϊδών με laser. Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων Pubmed, Google Scholar και MEDLINE για την εύρεση των συγκεκριμένων ερευνών, θέτοντας ως χρονική περίοδο δημοσίευσης τη 2009-2020. Πιο συγκεκριμένα, συμπεριλήφθηκαν όλες οι μελέτες στις οποίες για την αντιμετώπιση της πάθησης χρησιμοποιήθηκαν δίοδοι laser με μήκη κύματος από 980nm έως 1470nm σε άτομα άνω των 18 ετών, τα οποία παρακολούθηθηκαν για τουλάχιστον 3 μήνες. Τελικά, βρέθηκαν 19 σχετικές μελέτες με 1937 ασθενείς οι οποίοι είχαν υποβληθεί σε θεραπεία με laser. Οι περισσότερες μελέτες φαίνεται να αναφέρουν τη χρήση laser μήκους κύματος 980 nm, ενώ σε όλες σημειώθηκαν χαμηλές βαθμολογίες μετεγχειρητικού πόνου. Επίσης, σε 9 μελέτες ο μετεγχειρητικός πόνος μετά την εφαρμογή laser φάνηκε να είναι σημαντικά μικρότερος από τον αντίστοιχο των κλασικών χειρουργικών τεχνικών. Επιπλέον, 1023 ασθενείς παρουσίασαν μειωμένη αιμορραγία συγκριτικά με την υπάρχουσα αιμορραγία στις κλασικές χειρουργικές μεθόδους αντιμετώπισης των αιμορροϊδών.

Στόχος άλλης σχετικής έρευνας ήταν να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα της απολίνωσης των αιμορροϊδικών αγγείων χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο ενεργειακό εξοπλισμό laser. Για τη διεξαγωγή της έρευνας αυτής 51 άτομα με αιμορροΐδες δεύτερου ή τρίτου βαθμού ερευνήθηκαν μεταξύ Νοεμβρίου 2012 και Δεκεμβρίου 2014. Η κύρια έκβαση αφορούσε τη μείωση του ποσοστού αιμορραγίας, ενώ τα πρόσθετα μέτρα έκβασης περιλάμβαναν τις μετεγχειρητικές επιπλοκές, τη δυσφορία και τη μείωση της πρόπτωσης, την υποχώρηση των συμπτωμάτων και τη γνώμη του ασθενούς. Το χειρουργείο ολοκληρώθηκε σε μία μόνο μέρα. Οι τερματικοί κλάδοι των αιμορροϊδικών αρτηριών σφραγίστηκαν με τη χρήση συσκευής laser, χρησιμοποιώντας πρωκτοσκόπιο εξοπλισμένο με Doppler. Στις 1 και 4 εβδομάδες, 3, 12 και 24 μήνες, προγραμματίστηκε ραντεβού επανελέγχου. Για τη μέτρηση της συχνότητας και της σοβαρότητας των συμπτωμάτων χρησιμοποιήθηκε μια λεκτική κλίμακα τεσσάρων σημείων. Η Κλίμακα Παγκόσμιας Βελτίωσης Ασθενούς (PGI) χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του ποσοστού υποκειμενικής συμπτωματικής βελτίωσης. Κατά την έναρξη, οι μέσες βαθμολογίες αιμορραγίας και πόνου ήταν 2 και 0.57, αντίστοιχα. Την επομένη της επέμβασης, όλοι οι ασθενείς αφέθηκαν ελεύθεροι. Η αιμορραγία (n = 4) και η εξωτερική αιμορροϊδική θρόμβωση (n = 4) ήταν οι πιο συχνές μετεγχειρητικές επιπλοκές που παρατηρήθηκαν. Στους 3, 12 και 24 μήνες μετά την επέμβαση, οι μέσες βαθμολογίες αιμορραγίας και πόνου ήταν σημαντικά χαμηλότερες. Μετά από 24 μήνες, παρατηρήθηκε πλήρης υποχώρηση της αιμορραγίας στο 96.7% των ασθενών, ανακούφιση από τον πόνο σε όλους τους ασθενείς και υποχώρηση της πρόπτωσης του βλεννογόνου στο 76.9% αυτών. Το 86,3 % των ασθενών έδειξε βελτίωση στην Κλίμακα PGI μετά από παρακολούθηση 12 μηνών (De Nardi et al,2016).

Οι Jahanshahi et al (2012) μέσω της έρευνας τους προσπάθησαν να αξιολογήσουν το κατά πόσο η χρήση των διοδικών laser είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση της αιμορροϊδοπάθειας. Στην έρευνα αυτή συμπεριλήφθηκαν ασθενείς με αιμορροΐδες, ενώ αντίθετα δεν συμπεριλήφθηκαν περιπτώσεις ασθενών με συρίγγια και ραγάδες δακτυλίου. Στην ουσία, έγινε χρήση του laser για τη θεραπεία ασθενών με αιμορροΐδες 2^{ου},3^{ου},4^{ου} βαθμού και μεικτές. Οι ασθενείς παρακολούθηθηκαν εκ νέου 1, 7, 14, 30, 90 και 360 ημέρες μετά την θεραπεία. Συνολικά, υπήρξαν 341 άτομα με

αιμορροΐδες που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με διοδικό laser σε αυτή την έρευνα. Η απαίτηση χορήγησης αναλγητικών για την αντιμετώπιση του μετεγχειρητικού πόνου κατά τη νοσηλεία και στο σπίτι ήταν πολύ χαμηλή. Συνολικές επιπλοκές αναφέρθηκαν σε 12 ασθενείς (3,51%), οίδημα σε 8 ασθενείς (2,34%), αιμορραγία και απόστημα σε 2 ασθενείς (0,58%), ενώ η στένωση και η υποτροπή ήταν και οι δύο μηδενικές μετά από ένα χρόνο από την επέμβαση.

Στόχος της μελέτης των Brusciano et al (2019) ήταν να αξιολογηθούν η σκοπιμότητα και η αποτελεσματικότητα της αιμορροΐδοπλαστικής με laser (LHP) σε ασθενείς με αιμορροΐδες 2^{ου} και 3^{ου} βαθμού, με έμφαση στον μετεγχειρητικό πόνο και τη δυσφορία των ασθενών (όσον αφορά την αναλγητική ανάγκη και τον χρόνο επιστροφής στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής). Ασθενείς με αιμορροΐδες 2^{ου} και 3^{ου} βαθμού επιστρατεύτηκαν στην έρευνα και υποβλήθηκαν σε θεραπεία LHP χρησιμοποιώντας διοδικό laser 1470 nm. Ο χειρουργικός χρόνος, η μετεγχειρητική δυσφορία και οι επιπλοκές, η ανακούφιση των συμπτωμάτων και ο χρόνος επιστροφής στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής μελετήθηκαν όλα προοπτικά. Σε ελάχιστη παρακολούθηση 6 μηνών, αξιολογήθηκε η υποτροπή της πρόπτωσης αιμορροΐδας ή των συμπτωμάτων. Η έρευνα περιλάμβανε 50 ασθενείς (28 άνδρες και 22 γυναίκες). Δεν υπήρχαν σοβαρά διεγχειρητικά προβλήματα. Η βαθμολογία μετεγχειρητικού πόνου (μετρούμενη σε οπτική αναλογική κλίμακα στις 12, 18 και 24 ώρες μετά την επέμβαση) ήταν εξαιρετικά χαμηλή (μέση τιμή 2). Δεν υπήρξε μετεγχειρητική αυτόματη αιμορραγία. Επίσης, όλοι οι ασθενείς επέστρεψαν κανονικά στις καθημερινές τους δραστηριότητες δύο μόλις ημέρες μετά την επέμβαση. Ακόμη, το ποσοστό υποτροπής φάνηκε να είναι 0% μετά από μέσο χρόνο παρακολούθησης των ασθενών 8.6 μήνες. Σε ορισμένους ασθενείς, η LHP έδειξε υψηλό επίπεδο αποτελεσματικότητας. Η χαμηλή μετεγχειρητική ενόχληση, η ύπαρξη ελαφρώς σημαντικών περιπρωκτικών βλαβών και ο μικρός χειρουργικός χρόνος ήταν τα κύρια πλεονεκτήματα.

Οι Plapler et al (2009) ήθελαν να δουν μέσω της έρευνάς τους εάν η ενδοφλέβια κατάλυση αιμορροϊδικών φλεβών με laser διόδου 810 nm μπορεί να βελτιώσει τη κλινική εικόνα των ασθενών με αιμορροΐδοπάθεια. Έτσι, ενδοαιμορροϊδική θεραπεία με laser πραγματοποιήθηκε σε 15 ασθενείς με αιμορροΐδες 2^{ου} και 3^{ου} βαθμού. Μετά

τον εντοπισμό των αιμορροΐδων, μια ίνα εισήχθη σε κάθε μία και υποβλήθηκε σε επεξεργασία με ενέργεια laser (810 nm, 5 W, 5 Hz, ενεργειακή πυκνότητα 19 J=cm², συνολική ενέργεια 4–10 J). Από την ανάλυση των δεδομένων φάνηκε ότι οι αιμορροΐδες μειώθηκαν αμέσως και η κλινική εξέταση 7, 14, 21 και 28 ημέρες μετά την επέμβαση έδειξε πλήρη επούλωση στο 60.4% των ασθενών και μερική επούλωση στο 33% αυτών. Επίσης, αποτυχία είχε η θεραπεία σε μόλις έναν ασθενή. Επιπλέον, η μέση βαρύτητα του πόνου κατά την περίοδο της έρευνας ήταν 0.84 σε οπτική αναλογική κλίμακα (0-10). Εκτός αυτών, πραγματοποιήθηκε ανοιχτή αιμορροΐδεκτομή με σε δέκα άτομα ελέγχου. Η μέση SD της σοβαρότητας του πόνου τους ήταν 1.78.

Στη μελέτη των Naderan et al (2017), η οποία είναι τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή, έγινε προσπάθεια σύγκρισης των αποτελεσμάτων της ενδοαιμορροϊδικής πήξης χρησιμοποιώντας διοδικό laser 980 nm με αυτόν από την διενέργεια ανοιχτού χειρουργείου με τη τεχνική Milligan- Morgan. Έτσι, πραγματοποιήθηκε πήξη των αιμορροϊδικών στηλών με μια ακτινική ίνα εκπομπής laser 980 nm στην ομάδα παρέμβασης (τρεις παλμοί 15-W των 1,2 δευτερολέπτων ο καθένας, με διαστήματα παύσης 0,6 δευτερολέπτων). Η διάρκεια της επέμβασης, η μετεγχειρητική ενόχληση, οι επιπλοκές και η ανάκτηση ή η ύφεση των συμπτωμάτων παρακολούθηθηκαν στους ασθενείς αυτούς. Οι ασθενείς παρακολούθηθηκαν για τουλάχιστον ένα χρόνο για να αξιολογηθεί η επούλωση, η ύφεση των συμπτωμάτων και οι όψιμες επιπλοκές. Η ομάδα παρέμβασης είχε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα μετεγχειρητικού πόνου (στις 12, 18 και 24 ώρες μετά την επέμβαση) από την ομάδα ελέγχου. Για την ομάδα ελέγχου καταγράφηκε μεγαλύτερος χειρουργικός χρόνος και είχε μεγαλύτερη διεγχειρητική απώλεια αίματος. Επίσης, η χορήγηση αναλγητικών ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα παρέμβασης. Ακόμη, 2 ασθενείς στην ομάδα παρέμβασης εμφάνισαν θρόμβωση εξωτερικής αιμορροΐδας 7-10 ημέρες μετά την επέμβαση, η οποία αντιμετωπίστηκε ιατρικά, ενώ κανένας ασθενής στην ομάδα ελέγχου δεν εμφάνισε αιμορροϊδική θρόμβωση. Τέλος, από την ετήσια παρακολούθηση σημειώθηκαν παρόμοια ευρήματα όσον αφορά την ύφεση των συμπτωμάτων και τη μακροχρόνια θεραπεία.

Όνομα συγγραφέα	Έτος	Είδος μελέτης	Σκοπός	Αριθμός συμμετεχόντων	Παρέμβαση	Αποτελέσματα
Lakmal et al.	2021	Συστηματική ανασκόπηση	Προσδιορισμός των κλινικών αποτελεσμάτων και της αποτελεσματικότητας των διοδικών laser στην αντιμετώπιση της αιμορροϊδοπαθειας	1239 ασθενείς με αιμορροϊδοπάθεια	Χρήση διοδικών laser μήκους κύματος από 980nm έως 1470 nm.	Τα διοδικά laser φάνηκε να μείωσαν την αιμορραγία και τον μετεγχειρητικό πόνο στους ασθενείς των μελετών.
De Nardi et al.	2016	Πολυκεντρική προοπτική μελέτη	Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της θεραπείας με διοδικό laser σε άτομα με επώδυνες αιμορροΐδες δεύτερου και τρίτου βαθμού και μικρή ή περιορισμένη πρόπτωση της βλεννογονικής επένδυσης	51 ασθενείς με αιμορροΐδες 2 ^{ου} και 3 ^{ου} βαθμού	Απολίνωση τερματικών κλάδων αιμορροϊδικών αρτηριών με δίοδο laser και πρωκτοσκόπιο με Doppler	Μείωση βαθμολογιών πόνου και αιμορραγίας 2 χρόνια μετά την επέμβαση, πλήρης υποχώρηση αιμορραγίας (96.7%), υποχώρηση βλεννογονικής πρόπτωσης (76.9%), Βελτίωση σε κλίμακα RGI (86.3%)
Brusciano et al	2019	Κλινική μελέτη	Αξιολόγηση σκοπιμότητας και η αποτελεσματικότητας της αιμορροϊδοπλαστικής με laser (LHP) σε ασθενείς με αιμορροΐδες 2 ^{ου} και 3 ^{ου} βαθμού	50 ασθενείς με αιμορροΐδες 2 ^{ου} και 3 ^{ου} βαθμού		Μέση τιμή μετεγχειρητικού πόνου = 2 Όχι αυτόματη μετεγχειρητική αιμορραγία Μηδενική υποτροπή σε μετεγχειρητική παρακολούθηση 8.6 μηνών.

Jahanshahi et al	2012	Κλινική δοκιμή	Η εκτίμηση των παρενεργειών και του βαθμού υποτροπής της αιμορροϊδοπάθειας σε ασθενείς που υποβάλλονται σε θεραπεία με διοδικό laser ένα χρόνο μετά το χειρουργείο	341 ασθενείς με αιμορροϊδοπάθεια και ραγάδα ή απόστημα.	Διοδικό laser 30 W με μήκος κύματος 980 nm	Μετεγχειρητικός πόνος μειωμένος. Αναφερόμενες επιπλοκές το οίδημα (2.34%), το απόστημα και η αιμορραγία (0.58%) Βαθμός υποτροπής μηδενικός στον ένα χρόνο από την επέμβαση.
Plapler et al	2009	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή	Περιγραφή κλινικών αποτελεσμάτων της ενδοαιμορροϊδικής εφαρμογής ενός διοδικού laser	25 ασθενείς με αιμορροϊδοπάθεια, οι οποίοι χωρίστηκαν σε ομάδα παρέμβασης (n=15) και ελέγχου (n=10)	Laser 810 nm έναντι κλασσικής χειρουργικής θεραπείας	Άμεση μείωση αιμορροϊδων Πλήρης επούλωση (60.4%) μέση βαρύτητα του πόνου σε: ✓ Περίοδο επέμβασης με laser (0.84) ✓ Με ανοικτό χειρουργείο (1.78%)
Naderan et al	2017	Τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή	Σύγκριση της ενδοαιμορροϊδικής πήξης με laser με την αιμορροϊδεκτομή Milligan-Morgan	60 ασθενείς οι οποίοι τυχαιοποιήθηκαν στην ομάδα παρέμβασης και ελέγχου	laser 980 nm έναντι της αιμορροϊδεκτομής Milligan-Morgan	Ομάδα laser: ➤ Μείωση μετεγχειρητικού πόνου ➤ Μείωση μετεγχειρητικής αιμορραγίας ➤ Μικρότερο χειρουργικό χρόνο

Πίνακας 4.1: Μελέτες αναφορικά με τη χρήση των διοδικών λέιζερ σε ασθενείς με αιμορροϊδοπάθεια για την αξιολόγηση παραμέτρων.

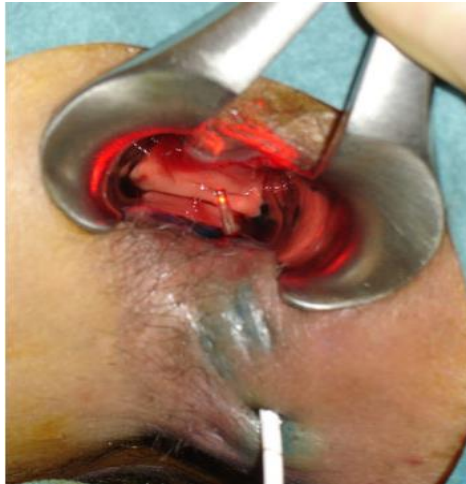
4.2 ΔΥΟΔΙΚΟ LASER & ΠΕΡΙΕΔΡΙΚΑ ΑΠΟΣΤΗΜΑΤΑ-ΣΥΡΙΓΓΙΑ

Από τη στιγμή της δημιουργίας ενός περιεδρικού συριγγίου η μοναδική θεραπεία που φαίνεται να είναι αποτελεσματική είναι η χειρουργική. Σκοπός είναι να διακοπεί η μη φυσιολογική δίοδος επικοινωνίας του πρωκτοδέρματος και του εσωτερικού του εντέρου, με παράλληλη προστασία από οποιοδήποτε τραυματισμό των σφιγκτήρων του πρωκτού, καθώς σε αντίθετη περίπτωση προκύπτει ως επιπλοκή η ακράτεια. Κατά τη θεραπεία με laser γίνεται σύγκλιση του έσω στομίου του συριγγίου και στη συνέχεια εισάγεται εντός του συριγγώδους πόρου μία οπτική ίνα laser, η οποία εκπέμπει θερμική ακτινοβολία συγκεκριμένης έντασης και ισχύος κυκλοτερώς. Η κυκλική διάχυση της ενέργειας μέσω της οπτικής ίνας προκαλεί καταστροφή του συριγγίου και ουσιαστικά σφραγίζει το συρίγγιο εκ των έσω, χωρίς να επηρεάζει καθόλου τους σφιγκτήρες μύες, οπότε η πιθανότητα ακράτειας είναι μηδενική (εικόνα 4.1).

Στην έρευνα των Giamundo et al (2015) αναφέρθηκαν όλα τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της χρήσης της μεθόδου FiLaC (Fistula tract Laser Closure). Για τις ανάγκες της έρευνας, η οποία αφορά αναδρομική προοπτική ανάλυση των συλλεγόμενων δεδομένων, πραγματοποιήθηκε θεραπεία με τη μέθοδο FiLaC σε 45 ασθενείς από τον Ιούλιο του 2010 έως και τον Μάιο του 2014. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία πραγματοποιήθηκε μέσω της χρήσης διοδικού laser με μήκος κύματος 1470 nm, ενέργειας 12 W. Έτσι, η ίνα laser εισήχθη στον πόρο του συριγγίου δια του έξω στομίου έως ότου φτάσει στο έσω στόμιο αυτού. Η ίνα αυτή παρείχε ενέργεια laser ομοιογενώς συρρικνώνοντας τον πόρο περιμετρικά της ίνας, ενώ η απόσυρση αυτής έγινε με ταχύτητα 1 mm/sec. Ας σημειωθεί ότι δόθηκε βάση τόσο στα χαρακτηριστικά των συριγγίων όσο και των ασθενών, αλλά ακόμη και στις προηγηθείσες θεραπείες, τα ποσοστά ανάρρωσης, τις αποτυχίες της θεραπείας και την ακράτεια των ασθενών μετεγχειρητικά. Η διάμεση περίοδος μεταξύ των παρακολουθήσεων ήταν 30 μήνες (εύρος 6–46 μήνες). 35 ασθενείς (78%) είχαν προηγουμένως επιδιορθώσει τα συρίγγια τους χειρουργικά. Σε 32 ασθενείς (71,1%), σημειώθηκε πρωτογενής επούλωση, με διάμεσο χρόνο επούλωσης 5 εβδομάδες (εύρος 3-8 εβδομάδες). Οι πρώιμες αποτυχίες της θεραπείας αντιπροσώπευαν το 85% και αφορούσαν στην ουσία τα επίμονα συμπτώματα. Κανείς δεν ανέφερε

ακράτεια μετά την επέμβαση. Οι ασθενείς που είχαν λάβει προηγουμένως θεραπεία με χαλαρό σετόν είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό επούλωσης (79 %).

Μία παλαιότερη έρευνα, η οποία πάλι ήταν σχετική με την προαναφερόμενη τεχνική, έθεσε ως πρωταρχικό της στόχο της αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας της FiLaC στην αντιμετώπιση των συριγγίων, ενώ ως δευτερεύον στόχος ήταν να αξιολογηθεί η ακράτεια των ασθενών που έλαβαν μέρος στη διαδικασία πριν και μετά το χειρουργείο. Στην πιλοτική έρευνα αυτή έλαβαν μέρος συνολικά 35 ασθενείς, εκ των οποίων οι 33 παρουσίαζαν περιεδρικό συρίγγιο κρυπταδενικής αιτιολογίας και οι 2 μόλις είχαν συρίγγια οφειλόμενα στη νόσο του Crohn. Συνοπτικά, η χειρουργική διαδικασία περιλάμβανε την σφράγιση των συριγγίων χρησιμοποιώντας την ενέργεια των διοδικών laser, έχοντας ως πρωταρχικό στόχο την θεραπεία της νόσου και την εκτίμηση της νοσηρότητας. Επίσης, ο βαθμός μετεγχειρητικής ακράτειας εκτιμήθηκε μέσω του Cleveland Clinic Florida (CCF) Facial Incontinence Score. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε ότι ο διάμεσος χειρουργικός χρόνος άγγιζε τα 30 λεπτά, χωρίς να υπάρχουν διεγχειρητικές επιπλοκές. Επίσης, η διάμεσος χρόνος παρακολούθησης των ασθενών ήταν 20 λεπτά. Σημαντικό εύρημα αποτελεί το γεγονός ότι το χειρουργικό τραύμα επούλώθηκε σε 25 ασθενείς, αγγίζοντας το ποσοστό των 71,4%, ενώ στο 23% των ασθενών η θεραπεία απέτυχε, ενώ σε 2 παρουσιάστηκε υποτροπή, ποσοστά τα οποία καταγράφηκαν 3 και 6 μήνες μετεγχειρητικά. Ακόμη, η ακράτεια φαίνεται να αντιμετωπίστηκε στο 100% των ασθενών μετά το χειρουργείο (Giamundo et al,2014).



Εικόνα 4.1: Είσοδος της ίνας laser στον πόρο του συριγγίου και ανάδυση από το εσωτερικό στόμιο του πρωκτικού πόρου. (Giamundo et al,2015)

Όνομα Συγγραφέα	Έτος	Είδος μελέτης	Σκοπός	Αριθμός συμμετεχόντων	Παρέμβαση	Αποτελέσματα
Giamundo et al	2014	Κλινική δοκιμή	αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας της FiLaC στην αντιμετώπιση των συριγγίων Αξιολόγηση μετεγχειρητικής ακράτειας	35 ασθενείς (33 με συρίγγιο κρυπταδενικής αιτιολογίας, 2 με συρίγγιο λόγω νόσου Crohn)	Μέθοδος FiLaC	71.4% επιτυχία 23% αποτυχία 100% αντιμετώπιση ακράτειας
Giamundo et al	2015	Αναδρομική προοπτική μελέτη	Αναφορά μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων μεθόδου FiLaC	45 ασθενείς με περιεδρικό συρίγγιο	Χρήση διοδικού laser με μήκος κύματος 1470 nm, ενέργειας 12 W	71.1% πρωτογενής επούλωση 100% αντιμετώπιση ακράτειας

Πίνακας 4.2: Μελέτες αναφορικά με τη χρήση των διοδικών λέιζερ σε ασθενείς με περιεδρικά συρίγγια για την αξιολόγηση παραμέτρων.

4.3 ΚΥΣΤΗ ΚΟΚΚΥΓΑ ΚΑΙ ΔΥΟΔΙΚΟ LASER

Η θεραπεία της κύστης κόκκυγος με laser είναι μια ελάχιστα επεμβατική και ανώδυνη τεχνική καθώς δεν γίνεται εκτομή της κύστης, αλλά εξάχνωση με laser. Αρχικά γίνεται χαρτογράφηση της κύστης κόκκυγος για να βρεθούν τα ακριβή όρια της βλάβης καθώς και όλα τα συρίγγια. Στη συνέχεια μέσα από μία μικρή οπή (μερικών χιλιοστών) αφαιρείται το περιεχόμενο της κύστης που συνήθως αποτελείται από τρίχες και ιστικά ράκη. Αφού καθαριστεί καλά η κύστη στη συνέχεια, από την ίδια οπή, εισάγεται η οπτική ίνα laser και εφαρμόζεται θερμική ακτινοβολία συγκεκριμένης έντασης και ισχύος, η οποία προκαλεί ελεγχόμενη καταστροφή στα εσωτερικά τοιχώματα της κύστης και των συριγγίων, ως αποτέλεσμα τη ίνωσή τους.

Οι Pappas et al (2018) διεξήγαγαν τη δική τους έρευνας με σκοπό την αξιολόγηση της ασφάλειας, της αποτελεσματικότητας και του κλινικού αποτελέσματος της θεραπείας με laser για την αντιμετώπιση της κύστης κόκκυγος. Στο Ινστιτούτο των συγκεκριμένων ερευνητών, ασθενείς με κύστη κόκκυγα υποβλήθηκαν σε θεραπεία laser , με τη γνωστή μέθοδο SiLaT (Sinus Laser Therapy). Έτσι, αρχικά πραγματοποιείται χαρτογράφηση της κύστης κόκκυγος προς εύρεση των ακριβών ορίων της βλάβης καθώς και των συνυπαρχόντων συριγγίων. Εν συνεχεία, μέσα από μία μικρή τομή μεγέθους 0.5-1 cm γίνεται αφαίρεση του περιεχομένου της κύστης η οποία στην πλειονότητα των περιπτώσεων αποτελείται από τρίχες αλλά και ιστικά ράκη. Αφού λοιπόν καθαριστεί πολύ καλά η κύστη τότε δια της οπής εισέρχεται μία οπτική ίνα laser και με αυτόν τον τρόπο εφαρμόζεται θερμική ακτινοβολία. Πιο, συγκεκριμένα, η ίνα αυτή δρα και στις 360 μοίρες συνδεδεμένη με μία δίοδο laser στο μήκος κύματος των 1470 nm. Κάνοντας αυτό, επιτυγχάνεται ομοιογενής αφαίρεση και ολική καταστροφή οποιουδήποτε εναπομείναντος κοκκιοματόδους ιστού. Κάθε δευτερεύον ράκος πρέπει να αντιμετωπίζεται με ενέργεια laser με τον ίδιο τρόπο. Συνολικά, 237 ασθενείς με κύστη κόκκυγα χειρουργήθηκαν με τη χρήση της μεθόδου laser SiLaT και εξετάστηκαν προοπτικά (183 άνδρες, διάμεση ηλικία 24 ετών, εύρος 14-58). Μετά την πρώτη συνεδρία, βρέθηκε υψηλό ποσοστό epούλωσης (90,3 %, 214 από 237), με μέση διάρκεια epούλωσης τις 47 ημέρες (εύρος 30-70 ημέρες). Στους ασθενείς που απέτυχαν στην αρχική θεραπεία χορηγήθηκε δεύτερη θεραπεία, η οποία ήταν αποτελεσματική στο 78,3 %. Η χειρουργική επέμβαση

διήρκεσε μεταξύ 20 και 30 λεπτών και οδήγησε σε ελάχιστη νοσηρότητα (λοίμωξη τραύματος στο 7,2 %, 17 από 237)

Σε άλλη έρευνα, η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Dessily et al (2017), περιγράφηκε με ακρίβεια η τεχνική FiLaC η οποία χρησιμοποιήθηκε για την αντιμετώπιση της κύστης κόκκυγα, ενώ στη συνέχεια σημειώθηκαν τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής. Συνολικά, χειρουργήθηκαν 40 ασθενείς με τη συγκεκριμένη μέθοδο από τον ίδιο χειρουργό (στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο πρώτος συγγραφέας του επιστημονικού αυτού άρθρου). Η πλειονότητα των ασθενών χειρουργήθηκαν έχοντας λάβει ραχιαία αναισθησία, ενώ αυτοί που την αρνήθηκαν έλαβαν γενική αναισθησία. Το συγκεκριμένο χειρουργείο λαμβάνει χώρα με τον ασθενή να βρίσκεται σε πρηνή θέση. Μετά το ξύρισμα, τον καθαρισμό και την επάλειψη του δέρματος με αλκοολική χλωρεξιδίνη, τα διάφορα κοιλώματα μεγεθύνονται με mosquito και οι τρίχες αφαιρούνται από την κύστη. Ένας στειλός τότε εισάγεται σε κάθε στόμιο προκειμένου να προσδιοριστούν το μήκος, η έκκριση και το μέγεθος του καθενός έτσι ώστε να επιλεγεί το σωστό μέγεθος του καθετήρα laser. Πριν την έναρξη της διαδικασίας, φυσιολογικός ορός εγχέεται υποδόρια γύρω από τα κοιλώματα και τους πόρους προκειμένου να πέσει η θερμοκρασία σε αυτές τις περιοχές και παράλληλα να αποφευχθεί η καταστροφή από την υψηλή θερμοκρασία των περιβαλλόντων ιστών. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται μία οπτική ίνα διοδικού laser μήκους κύματος 1470 nm, έντασης 10 Watt. Οι ίνες προσφέρουν ενέργεια ομοιογενώς περιμετρικά αυτών με συνεχή τρόπο. Ενώ ο καθετήρας αποσύρεται κατά προσέγγιση με ταχύτητα 1mm/sec, η κύστη συρρικνώνεται και κλείνει. Εάν ο πόρος δεν κλείσει μετά τη πρώτη προσπάθεια, η διαδικασία επαναλαμβάνεται για μία ακόμη φορά. Στο τέλος της διαδικασίας, ένα επίθεμα προστατεύει τα κοιλώματα. Οι ασθενείς επιτρέπεται να εγκαταλείψουν το νοσοκομείο την ημέρα της επέμβασης. Η παρακολούθηση έχει προγραμματιστεί στο εξωτερικό ιατρείο κάθε δύο εβδομάδες μέχρις ότου οι ασθενείς που εξετάζονται να έχουν θεραπευτεί πλήρως. Το ποσοστό επιτυχίας ήταν 87,5% (35 ασθενείς/40) ενώ το ποσοστό υποτροπής ήταν 2,9% (1 ασθενής/ 35). Η παραμονή στο νοσοκομείο ήταν 1 ημέρα για όλους τους ασθενείς χωρίς επανάληψη της νοσηλείας κατά την μετεγχειρητική παρακολούθηση. Επίσης, η μέση διάρκεια της λήψης παυσίπωνων

ήταν 4,9 ημέρες .Τέλος, 4 ασθενείς παρουσίασαν επιπλοκές: 2 αιματώματα (5%) και 2 αποστήματα (5%), όλα θεραπευμένα ιατρικά.



Εικόνα 4.2: Ενδοαυλική εξάχνωση κύστης κόκκυγος (www.tomarnursinghome.in)

Όνομα Συγγραφέα	Έτος	Είδος μελέτης	Σκοπός	Αριθμός συμμετεχόντων	Παρέμβαση	Αποτελέσματα
Pappas et al.	2018	Κλινική μελέτη	αξιολόγηση της ασφάλειας, της αποτελεσματικότητας και του κλινικού αποτελέσματος της θεραπείας με laser για την αντιμετώπιση της κύστης κόκκυγος	237 ασθενείς με κύστη κόκκυγος	χρήση της μεθόδου laser SiLaT (διοδικό laser 1470 nm)	Ποσοστό epούλωσης 90.3% Μέση διάρκεια epούλωσης= 47 ημέρες Χειρουργικός χρόνος= 20-30 λεπτά
Dessily et al	2017	Αναδρομική μελέτη	Περιγραφή της τεχνικής FiLaC και της αποτελεσματικότητας της σε ασθενείς με κύστη κόκκυγος	40 ασθενείς με κύστη κόκκυγος	Χρήση της μεθόδου FiLaC (διοδικό laser 1470 nm)	87,5% επιτυχία 2,9% υποτροπή

Πίνακας 4.3: Μελέτες αναφορικά με τη χρήση των διοδικών λέιζερ σε ασθενείς με κύστη κόκκυγος για την αξιολόγηση παραμέτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη παρούσα συστηματική ανασκόπηση, μετά από αναζήτηση στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων Pubmed, βρέθηκαν 10 επιστημονικά άρθρα τα οποία αναλύθηκαν ως προς το περιεχόμενό τους και τα αποτελέσματα τους καταγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας. Σκοπός ήταν να επιβεβαιωθεί η αρχική υπόθεση ότι το διοδικό laser είναι ικανό να δώσει τη λύση σε ασθενείς με περιπρωκτικές παθήσεις, προσφέροντας μάλιστα εμφανή πλεονεκτήματα έναντι των κλασσικών χειρουργικών τεχνικών που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση των συγκεκριμένων παθήσεων.

Έτσι, σύμφωνα με τους Lakmal et al (2021), η χρήση των διοδικών laser μπορεί να επιφέρει θετικά κλινικά αποτελέσματα σε ασθενείς με αιμορροϊδοπάθεια 2^{ου} και 3^{ου} σταδίου, ενώ επίσης συμπεράθηκε το γεγονός ότι σε σχέση με τις κλασσικές χειρουργικές τεχνικές οι ασθενείς που υποβάλλονται σε θεραπεία με διοδικό laser εμφανίζουν σημαντικά χαμηλότερο μετεγχειρητικό πόνο, με παράλληλη μείωση της μετεγχειρητικής αιμορραγίας. Το συμπέρασμα αυτό άλλωστε έρχεται να επιβεβαιώσει ακόμη μία έρευνα από τους De Nardi et al(2016). Μάλιστα, αν δούμε το διοδικό laser συγκριτικά με τις κλασσικές χειρουργικές τεχνικές θα καταλάβουμε ότι ο χειρουργικός χρόνος της πρώτης διαδικασίας είναι πολύ μικρότερος των ανοικτών χειρουργείων, όπως σημειώθηκε και στην έρευνα των Plapler et al(2009), τονίζοντας ότι τα χειρουργικά αποτελέσματα των ατόμων που υποβάλλονται σε διοδικό laser για την αντιμετώπιση της αιμορροϊδοπάθειας είναι πολύ καλύτερα αυτών που ακολουθούν παλαιότερες χειρουργικές μεθόδους. Παρόλα αυτά, στην ίδια έρευνα φάνηκε ότι για τις μεγάλου βαθμού αιμορροΐδες, ίσως να είναι αποτελεσματικότερες οι κλασσικές χειρουργικές τεχνικές, γεγονός το οποίο δίνει το κίνητρο για τον καλύτερο σχεδιασμό πρωτοκόλλων διοδικού laser, τα οποία θα ανταποκρίνονται σε όλους τους βαθμούς της αιμορροϊδοπάθειας. Κίνητρο για την πρόοδο στον συγκεκριμένο τομέα δίνει η έρευνα των Brusciario et al(2020), μέσω της οποίας φάνηκε ότι εκτός από την μείωση του μετεγχειρητικού πόνου και της αιμορραγίας, το τραύμα μετά το χειρουργείο με διοδικό laser είναι σημαντικά μικρότερο του τραύματος που προκύπτει από ένα ανοικτό χειρουργείο, επομένως και η επούλωση αυτού γίνεται ταχύτερα.

Βέβαια, παρά τα πολλά πλεονεκτήματα των διοδικών laser στην αντιμετώπιση των αιμορροϊδών, για τους ασθενείς που παρουσιάζουν επιπλοκές, όπως η αιμορροϊδική θρόμβωση, ο συνολικός πόνος μπορεί να είναι ισοδύναμος ή ακόμη χειρότερος από τη συμβατική αιμορροϊδεκτομή (Naderan et al,2017). Επομένως φαίνεται ότι όλες οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία της αιμορροϊδοπάθειας έχουν πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και περιορισμούς. Ωστόσο, η θεραπεία των αιμορροϊδών με διοδικό laser, η οποία γίνεται από εξειδικευμένο χειρουργό, έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες θεραπείες (Jahanshahi et al,2012).

Ιδιαίτερη έμφαση σε πολλές έρευνες δόθηκε στη τεχνική FiLaC. Η θεραπεία των περιεδρικών συριγγίων της περιπρωκτικής περιοχής αποτελεί ακόμη και σήμερα μία μεγάλη πρόκληση για τους χειρουργούς. Η συριγγιοτομή και η συριγγεκτομή έχουν επαρκή ποσοστά επούλωσης και χαμηλό ποσοστό υποτροπής, αλλά με πιθανότητα ακράτειας κοπράνων. Για το λόγο αυτό, η πιο πρόσφατη έρευνα επικεντρώνεται ιδιαίτερα στις διαδικασίες διατήρησης ακέραιων των σφιγκτήρων του πρωκτού. Η **τεχνική Fistula-tract laser closure (FiLaC)** είναι μια τεχνική μέσω της οποίας προστατεύονται οι σφιγκτήρες του πρωκτού που χρησιμοποιεί μια οπτική ίνα διοδικού laser η οποία εκπέμπει κυκλοτερώς αυτής για να εξαλείψει το συρίγγιο, με ή χωρίς κλείσιμο του εσωτερικού στομίου αυτού.

Από τη στιγμή που ένα απόστημα θα μετατραπεί σε περιεδρικό συρίγγιο του πρωκτού, η λύση για την αντιμετώπιση αυτού είναι η εισαγωγή του ασθενούς στο χειρουργείο. Βασικός στόχος της διαδικασίας αυτής είναι να διακοπεί εντελώς η επικοινωνία μεταξύ του εντερικού αυλού και της δερματικής περιοχής. Όπως ήδη αναφέρθηκε, μέσα σε όλα αυτά βασική είναι η διατήρηση της ακεραιότητας των σφιγκτήρων του πρωκτού. Κατά την έναρξη της διαδικασίας της χειρουργικής αντιμετώπισης με διοδικό laser, πραγματοποιείται σύγκλιση του έσω στομίου του περιεδρικού συριγγίου ενώ μετά από αυτό γίνεται εισαγωγή μίας οπτικής ίνας laser εντός του πόρου, η οποία έχει την ικανότητα να εκπέμπει θερμική ενέργεια σε άξονα 360° (δηλαδή κυκλοτερώς). Η κυκλική διάχυση της ενέργειας μέσω της οπτικής ίνας προκαλεί καταστροφή του συριγγίου και ουσιαστικά σφραγίζει το συρίγγιο εκ των έσω, χωρίς να επηρεάζει καθόλου τους σφιγκτήρες μύες, οπότε η πιθανότητα ακράτειας είναι μηδενική. Αυτή η πιθανότητα επιβεβαιώνεται από τις μελέτες των

Giamundo et al (2014,2015), όπου βρέθηκαν μηδενικά ποσοστά ακράτειας μετεγχειρητικά.

Η θεραπεία της κύστης κόκκυγος με laser είναι μια ελάχιστα επεμβατική και ανώδυνη τεχνική καθώς δεν γίνεται εκτομή της κύστης, αλλά εξάχνωση με laser. Αρχικά γίνεται χαρτογράφηση της κύστης κόκκυγος για να βρεθούν τα ακριβή όρια της βλάβης καθώς και όλα τα συρίγγια. Στη συνέχεια μέσα από μία μικρή οπή (μερικών χιλιοστών) αφαιρείται το περιεχόμενο της κύστης που συνήθως αποτελείται από τρίχες και ιστικά ράκη. Αφού καθαριστεί καλά η κύστη στη συνέχεια, από τη ίδια οπή, εισάγεται μία οπτική ίνα laser και εφαρμόζεται θερμική ακτινοβολία συγκεκριμένης έντασης και ισχύος, η οποία προκαλεί ελεγχόμενη καταστροφή στα εσωτερικά τοιχώματα της κύστης και των συριγγίων, ως αποτέλεσμα τη σύγκλιση τους.

Στα πλεονεκτήματα της θεραπείας της κύστης κόκκυγος με laser συγκαταλέγεται το γεγονός ότι είναι μια ασφαλής και αποτελεσματική διαδικασία για τη θεραπεία ασθενών που πάσχουν, με χαμηλά ποσοστά νοσηρότητας και υποτροπής συγκρίσιμα με τη δημοσιευμένη βιβλιογραφία για άλλες σύγχρονες τεχνικές. Επίσης, η παραμονή στο νοσοκομείο είναι σύντομη, ο πόνος είναι πολύ χαμηλότερος από ότι με τις συμβατικές χειρουργικές τεχνικές και οι επιπλοκές είναι λίγες, καθώς και ο αριθμός των ασθενών που χρειάζονται μετεγχειρητική φροντίδα, επιτρέποντας την ταχεία επιστροφή στην εργασία ή στο σχολείο. Αυτή η τεχνική θα μπορούσε να προταθεί ως θεραπεία πρώτης γραμμής στην πλειονότητα των ασθενών με κύστη κόκκυγα (Pappas et al,2018, Dessily et al,2017)

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Silverstein, F. E., Auth, D. C., Rubin, C. E., & Protell, R. L. (1976). High Power Argon Laser Treatment Via Standard Endoscopes: I. A preliminary study of efficacy in control of experimental erosive bleeding. *Gastroenterology*, *71*(4), 558-563.
- Goldman, J., Hornby, P., & Long, C. (1964). Effect of the Laser on the Skin: III. Transmission of Laser Beams Through Fiber Optics. *Journal of Investigative Dermatology*, *42*(3), 231-234.
- Kiefhaber, P. (1987). Indications for Endoscopic Neodymium-YAG Laser Treatment in the Gastrointestinal Tract Twelve Years' Experience. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, *22*(sup139), 53-63.
- Mandava, N., Petrelli, N., Herrera, L., & Nava, H. (1991). Laser palliation for colorectal carcinoma. *The American journal of surgery*, *162*(3), 212-214.
- Johanson, J. F., & Sonnenberg, A. (1990). The prevalence of hemorrhoids and chronic constipation: an epidemiologic study. *Gastroenterology*, *98*(2), 380-386.
- Higuero, T., Abramowitz, L., Castinel, A., Fathallah, N., Hemery, P., Duhoux, C. L., ... & Vinson-Bonnet, B. (2016). Guidelines for the treatment of hemorrhoids. *Journal of Visceral Surgery*, *153*(3), 213-218.
- Longchamp, G., Liot, E., Meyer, J., Toso, C., Buchs, N. C., & Ris, F. (2021). Non-excisional laser therapies for hemorrhoidal disease: a systematic review of the literature. *Lasers in medical science*, *36*(3), 485-496.
- Mistrangelo, M., Dal Conte, I., Volpatto, S., Testa, V., Currado, F., & Morino, M. (2017). Current treatments for anal condylomata acuminata. *Minerva chirurgica*, *73*(1), 100-106.
- Siegel, R., Werner, R. N., Koswig, S., Gaskins, M., Rödel, C., & Aigner, F. (2021). Anal Cancer—Diagnosis, Treatment and Follow-Up. *Deutsches Ärzteblatt International*, *118*(13), 217.

Rahman, A. T. (2019). Laser in Proctology: A New Hope in Treating the Distressing Anal Diseases. *Faridpur Medical College Journal*, 14(2), 57-57.

Hall, R. N., Fenner, G. E., Kingsley, J. D., Soltys, T. J., & Carlson, R. O. (1962). Coherent light emission from GaAs junctions. *Physical Review Letters*, 9(9), 366.

Dupuis, R. D., & Krames, M. R. (2008). History, development, and applications of high-brightness visible light-emitting diodes. *Journal of lightwave technology*, 26(9), 1154-1171.

Kroemer, H. (1963). A proposed class of hetero-junction injection lasers. *Proceedings of the IEEE*, 51(12), 1782-1783.

Alferov, Z. I. (2001). Nobel Lecture: The double heterostructure concept and its applications in physics, electronics, and technology. *Reviews of modern physics*, 73(3), 767.

Alferov, Z., & Kroemer, H. E. R. B. E. R. T. (2000). *For developing semiconductor heterostructures used in high-speed-and opto-electronics* (Vol. 23). Nov.

Kaiser, A. M., & Ortega, A. E. (2002). Anorectal anatomy. *Surgical Clinics*, 82(6), 1125-1138.

Gordon, P. H. (2001). Anorectal anatomy and physiology. *Gastroenterology Clinics of North America*, 30(1), 1-13.

Barleben, A., & Mills, S. (2010). Anorectal anatomy and physiology. *Surgical Clinics*, 90(1), 1-15.

Sherwood L. (2016). ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΚΥΤΤΑΡΑ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (ΒΙΒΛΙΟΔΕΤΗΜΕΝΗ ΕΚΔΟΣΗ), Ακαδημαϊκές Εκδόσεις

Sanchez, C., & Chinn, B. T. (2011). Hemorrhoids. *Clinics in colon and rectal surgery*, 24(01), 005-013.

Mounsey, A., Halladay, J., & Sadiq, T. S. (2011). Hemorrhoids. *American family physician*, 84(2), 204-210.

- Κανέλλος, Ι. Δ. (2015). Γενική Χειρουργική. *Θεσσαλονίκη Εκδόσεις Ροτόντα*, 632.
- Sneider, E. B., & Maykel, J. A. (2010). Diagnosis and management of symptomatic hemorrhoids. *Surgical Clinics*, 90(1), 17-32.
- Alonso-Coello, P., Mills, E. D., Heels-Ansdell, D., López-Yarto, M., Zhou, Q., Johanson, J. F., & Guyatt, G. (2006). Fiber for the treatment of hemorrhoids complications: a systematic review and meta-analysis. *Official journal of the American College of Gastroenterology/ ACG*, 101(1), 181-188.
- Moesgaard, F., Nielsen, L., Hansen, J. B., & Knudsen, J. T. (1982). High-fiber diet reduces bleeding and pain in patients with hemorrhoids. *Diseases of the Colon & Rectum*, 25(5), 454-456.
- Labrid, C. (1994). Pharmacologic properties of Daflon 500 mg. *Angiology*, 45.
- Misra, M. C. (2005). Drug treatment of haemorrhoids. *Drugs*, 65(11), 1481-1491.
- Tejerina, T., & Ruiz, E. (1998). Calcium dobesilate: pharmacology and future approaches. *General Pharmacology: The Vascular System*, 31(3), 357-360.
- Bülent Menteş, B., Görgül, A., Tatlıcioğlu, E., Ayoğlu, F., & Ünal, S. (2001). Efficacy of calcium dobesilate in treating acute attacks of hemorrhoidal disease. *Diseases of the colon & rectum*, 44(10), 1489-1495.
- Tjandra, J. J., Tan, J. J. Y., Lim, J. F., Murray-Green, C., Kennedy, M. L., & Lubowski, D. Z. (2007). Rectogesic®(glyceryl trinitrate 0.2%) ointment relieves symptoms of haemorrhoids associated with high resting anal canal pressures. *Colorectal Disease*, 9(5), 457-463.
- Perrotti, P., Antropoli, C., Molino, D., De Stefano, G., & Antropoli, M. (2001). Conservative treatment of acute thrombosed external hemorrhoids with topical nifedipine. *Diseases of the colon & rectum*, 44(3), 405-409.
- Beaty, J. S., & Shashidharan, M. (2016). Anal fissure. *Clinics in colon and rectal surgery*, 29(01), 030-037.

Zaghiyan, K. N., & Fleshner, P. (2011). Anal fissure. *Clinics in colon and rectal surgery*, 24(01), 022-030.

Ramanujam, P. S., Prasad, M. L., Abcarian, H., & Tan, A. B. (1984). Perianal abscesses and fistulas. *Diseases of the colon & rectum*, 27(9), 593-597.

Sahnan, K., Adegbola, S. O., Tozer, P. J., Watfah, J., & Phillips, R. K. (2017). Perianal abscess. *Bmj*, 356.

Whiteford, M. H. (2007). Perianal abscess/fistula disease. *Clinics in colon and rectal surgery*, 20(02), 102-109.

Senatore Jr, P. J. (1994). Anovaginal fistulae. *Surgical Clinics of North America*, 74(6), 1361-1375.

Perez, C. A., Breaux, S., Bedwinek, J. M., Madoc-Jones, H., Camel, H. M., Purdy, J. A., & Walz, B. J. (1984). Radiation therapy alone in the treatment of carcinoma of the uterine cervix. II. Analysis of complications. *Cancer*, 54(2), 235-246.

deBeche-Adams, T. H., & Bohl, J. L. (2010). Rectovaginal fistulas. *Clinics in colon and rectal surgery*, 23(02), 099-103.

Kober, M. M., Alapati, U., & Khachemoune, A. (2018). Treatment options for pilonidal sinus. *Cutis*, 102(4), E23-E29.

da Silva, J. H. (2000). Pilonidal cyst: cause and treatment. *Diseases of the Colon and Rectum*, 43(8), 1146-1156.

Mistrangelo, M., Dal Conte, I., Volpatto, S., Testa, V., Currado, F., & Morino, M. (2017). Current treatments for anal condylomata acuminata. *Minerva chirurgica*, 73(1), 100-106.

Lakmal, K., Basnayake, O., Jayarajah, U., & Samarasekera, D. N. (2021). Clinical Outcomes and Effectiveness of Laser Treatment for Hemorrhoids: A Systematic Review. *World Journal of Surgery*, 45(4), 1222-1236.

De Nardi, P., Tamburini, A. M., Gazzetta, P. G., Lemma, M., Pascariello, A., & Asteria, C. R. (2016). Hemorrhoid laser procedure for second-and third-degree hemorrhoids: results from a multicenter prospective study. *Techniques in coloproctology*, 20(7), 455-459.

Jahanshahi, A., Mashhadizadeh, E., & Sarmast, M. H. (2012). Diode laser for treatment of symptomatic hemorrhoid: a short term clinical result of a mini invasive treatment, and one year follow up. *Polski przegląd chirurgiczny*, 84(7), 329-332.

Brusciano, L., Gambardella, C., Terracciano, G., Gualtieri, G., Schiano di Visconte, M., Tolone, S., ... & Docimo, L. (2020). Postoperative discomfort and pain in the management of hemorrhoidal disease: laser hemorrhoidoplasty, a minimal invasive treatment of symptomatic hemorrhoids. *Updates in Surgery*, 72(3), 851-857.

Plapler, H., Hage, R., Duarte, J., Lopes, N., Masson, I., Cazarini, C., & Fukuda, T. (2009). A new method for hemorrhoid surgery: intrahemorrhoidal diode laser, does it work?. *Photomedicine and Laser Surgery*, 27(5), 819-823.

Naderan, M., Shoar, S., Nazari, M., Elsayed, A., Mahmoodzadeh, H., & Khorgami, Z. (2017). A randomized controlled trial comparing laser intra-hemorrhoidal coagulation and Milligan–Morgan hemorrhoidectomy. *Journal of investigative surgery*, 30(5), 325-331.

Giamundo, P., Esercizio, L., Geraci, M., Tibaldi, L., & Valente, M. (2015). Fistula-tract Laser Closure (FiLaC™): long-term results and new operative strategies. *Techniques in coloproctology*, 19(8), 449-453.

Giamundo, P., Geraci, M., Tibaldi, L., & Valente, M. (2014). Closure of fistula-in-ano with laser–FiLaC™: an effective novel sphincter-saving procedure for complex disease. *Colorectal disease*, 16(2), 110-115.

Pappas, A. F., & Christodoulou, D. K. (2018). A new minimally invasive treatment of pilonidal sinus disease with the use of a diode laser: a prospective large series of patients. *Colorectal Disease*, 20(8), O207-O214.

Dessily, M., Charara, F., Ralea, S., & Allé, J. L. (2017). Pilonidal sinus destruction with a radial laser probe: technique and first Belgian experience. *Acta Chirurgica Belgica*, 117(3), 164-168.

Baumann, M. G., Wright, J. C., Ellis, A. B., Kuech, T., & Lisensky, G. C. (1992). Diode lasers. *Journal of chemical education*, 69(2), 89.

Byer, R. L. (1988). Diode laser—pumped solid-state lasers. *Science*, 239(4841), 742-747.

Botez, D., & Scifres, D. R. (2005). Diode laser arrays. *Diode Laser Arrays*.

Camparo, J. C. (1985). The diode laser in atomic physics. *Contemporary Physics*, 26(5), 443-477.

Baranov, A., & Tournié, E. (Eds.). (2013). Semiconductor lasers: Fundamentals and applications.

Yamada, M. (2014). *Theory of semiconductor lasers* (Vol. 185).

Bliznyuk, V. V., Galstyan, K. P., Grigoriev, V. S., Dolgov, A. V., Morozov, N. V., Parshin, V. A., ... & Tarasov, A. E. (2020). Analyzing the spectral characteristics of laser diodes to optimize their pumping. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 84(1), 27-29.

Heumier, T. A. (1992). *Mode hopping in semiconductor lasers* (Doctoral dissertation, Montana State University-Bozeman, College of Letters & Science).