



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΣΥΣΚΕΥΗ LASER ΣΕ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΗΡΙΑ  
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ  
ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠΕΥΤΕΣ ΚΑΙ  
ΒΟΗΘΟΥΣ



Φοιτήτρια : Καρακούλια Μαρία

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Ανδρικόπουλος Ανδρέας

ΑΙΓΙΟ- 2020

## Ευχαριστίες

---

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ανδρικόπουλο Ανδρέα, για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου έδωσε σε κάθε φάση της δημιουργίας της εργασίας, για την υπομονή που επέδειξε σε όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας αλλά κυρίως για τον τρόπο αντιμετώπισης, το σεβασμό και την εμπιστοσύνη που επέδειξε απέναντι στο άτομό μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για τη μεγάλη υπομονή που έδειξαν και για τον πολύτιμο χρόνο που «έκλεψα» από τις ζωές τους, προκειμένου να ολοκληρωθεί η εργασία αυτή.

## Περίληψη

---

**Εισαγωγή:** Η αλληλεπίδραση λέιζερ-ιστών είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και οι παράμετροι του λέιζερ επηρεάζουν ευρέως την απόκριση των βιολογικών ιστών. Η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser, προσφέρει κλινικά ανακούφιση από τον πόνο και επιφέρει βέλτιστα αποτελέσματα στην έκβαση του ασθενούς, τόσο μόνη όσο και σε συνδυασμό με φυσικοθεραπευτικές παρεμβάσεις.

**Σκοπός:** Να διερευνηθεί η γνώση των επαγγελματιών υγείας όσον αφορά την χρήση του laser, η άποψη τους όσο αφορά τα θέματα σε επίπεδο ασφαλούς χρήσης των συσκευών, τα γραπτά πρωτόκολλα στο χώρο της υγείας που αφορούν την ασφάλειά τους και η γνώση περί των κινδύνων από τη χρήση του laser.

**Υλικό και μέθοδος:** Η παρούσα μελέτη διεξήχθη σε φυσικοθεραπευτήρια και κέντρα αποκατάστασης στην περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, από τον Απρίλιο 2019 έως Σεπτέμβριο 2019. Το δείγμα αποτέλεσαν επαγγελματίες υγείας που εργάζονται σε φυσικοθεραπευτήρια και κάνουν χρήση συσκευών laser. Χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο από το Εργαστήριο Υγειοφυσικής και Υπολογιστικής Νοσημοσύνης με στόχο την καταγραφή και τη συλλογή των απαντήσεων σε θέματα χρήσης και λειτουργίας από συσκευές laser. Για την ανάλυση των δεδομένων έγινε χρήση του στατιστικού λογισμικού πακέτου SPSS 18.

**Αποτελέσματα:** Η πλειονότητα των ερωτωμένων είναι άνδρες (64,2%), αλλά υπάρχει και πολύ σημαντική συμμετοχή γυναικών (35,8%). Οι περισσότεροι συμμετέχοντες (64,3%) είναι 21-40 ετών και τα έτη επαγγελματικής εμπειρίας ποικίλουν. Η πλειονότητά των συμμετεχόντων διαθέτει 4 συσκευές laser, ενώ 1 ή 2 συσκευές διαθέτει μόνο το 25,2%. Τα περισσότερα φυσικοθεραπευτήρια του δείγματος (57,0%) απασχολούν 4 χρήστες των εν λόγω συσκευών, ενώ πολλοί ασθενείς που προσέρχονται ημερησίως ή μηνιαίως λαμβάνουν θεραπεία με χρήση laser. Το 64% των ανδρών που συμμετείχαν στην έρευνα, έναντι του 50% των γυναικών, απασχολούν περισσότερους από τέσσερις επαγγελματίες υγείας / χρήστες συσκευών Laser ( $p=0.039$ ), ενώ οι άνδρες θεραπεύουν και περισσότερους ασθενείς με τη χρήση αυτών των συσκευών, από ότι οι γυναίκες ( $p=0.022$ ). Επίσης, η ηλικία των ερωτώμενων σχετίζεται με τον αριθμό των επαγγελματιών υγείας / χρηστών συσκευών Laser που απασχολούνται στο χώρο του Φυσιοθεραπευτηρίου. Όσο μικρότεροι, ηλικιακά, οι ερωτώμενοι τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός

των χρηστών συσκευών laser ( $p=0.026$ ). Η συντριπτική πλειονότητα των ερωτώμενων ανέφερε την ύπαρξη γραπτών πρωτοκόλλων για τυποποιημένες θεραπευτικές επεμβάσεις. Το 53,6% του δείγματος δεν διαθέτει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων. Το 44,4% δεν είναι ενήμεροι αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας ενώ το 51,7% δεν διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών Laser στο θεραπευτικό χώρο. Το 73,9% διαθέτει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων. Στην πλειονότητά τους, οι συμμετέχοντες στην έρευνα, δήλωσαν ότι τηρούν ημερολόγιο βλαβών των συσκευών Laser (70,9%) ενώ το 53,6% των ερωτώμενων καθορίζει μόνο του τη δόση ανά πάθηση όταν χρησιμοποιεί τη συσκευή laser.

**Συμπεράσματα:** Η κατανόηση των βασικών στοιχείων του φωτός λέιζερ, των οπτικών ιδιοτήτων του βιολογικού ιστού και της αλληλεπίδρασης φωτός-ιστού, είναι απαραίτητη για όλους τους επαγγελματίες του τομέα υγείας που επιθυμούν να εργαστούν με λέιζερ.

**Λέξεις κλειδιά:** laser, ιδιότητες ακτίνων laser, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, κλινικές ενδείξεις, φυσικοθεραπεία.

## Abstract

---

**Introduction:** Laser-tissue interaction is extremely complex and laser parameters have a major influence on the response of biological tissues. Low-level laser Therapy offers clinical pain relief and results in optimal patient outcomes, both alone and in combination with physiotherapeutic interventions.

**Aim:** To investigate the knowledge of healthcare professionals about the use of the laser, their views on the issues regarding the safe use of the devices, the written protocols in the field of health related to their safety and the knowledge about the dangers.

**Material and method:** The present study was conducted in physiotherapy and rehabilitation centers in the region of Western Greece, from April 2019 to September 2019. The sample consisted of health professionals working in physiotherapy and using laser devices. A questionnaire was used by the Laboratory of Health Physics and Computational Intelligence to record and collect responses on the use and operation of laser devices. SPSS 18 statistical software was used for data analysis.

**Results:** The majority of the respondents were men (64.2%), but there was a very significant participation of women (35.8%). Most participants (64.3%) were 21-40 years of age and years of professional experience vary. The majority of participants have 4 laser devices and only 25.2% have 1 or 2 devices. Most of the physiotherapists in the sample (57.0%) employ 4 users of these devices. Many patients receive laser treatment in daily or monthly basis. 64% of men in the study, compared to 50% of women, employ more than four health professionals / users of Laser devices ( $p = 0.039$ ), while men cure more patients than women ( $p = 0.022$ ). Also, the age of the respondents is related to the number of Laser health professionals / users. The younger the age of the respondents, the higher the number of users of laser devices ( $p = 0.026$ ). The vast majority of respondents reported the existence of written protocols for standard treatment interventions. 53.6% of the sample does not have a certificate of competence. 44.4% are unaware of written work protocols while 51.7% do not have written Laser Control protocols in the treatment setting. 73.9% have a certificate of competence. The majority of the survey participants stated that they

maintain a Laser Calendar (70.9%) while 53.6% of the respondents determine the dose per condition when using the Laser device.

**Conclusion:** Understanding the essentials of laser light, the visual properties of biological tissue and light-tissue interaction is essential for all healthcare professionals who wish to work with laser.

**Key words:** laser, laser beam properties, electromagnetic radiation, clinical signs, physiotherapy.

## Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες .....	2
Περίληψη.....	3
Abstract .....	5
Γενικό Μέρος .....	10
Εισαγωγή.....	11
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	13
1. Το laser .....	13
1.1.Οι ιδιότητες των ακτίνων laser.....	15
1.1.1Μονοχρωματικότητα.....	15
1.1.2.Κατευθυντικότητα.....	15
1.1.3.Λαμπρότητα .....	16
1.1.4.Συμφωνία .....	16
1.2.Ταξινόμηση laser .....	16
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	18
2.Ιστορική αναδρομή .....	18
2.1.Η ανακάλυψη της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser .....	19
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	22
3.1.Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, laser και φως.....	22
3.2.Φυσικές ιδιότητες ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας .....	22
3.3.Φυσιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	24
3.4.Φυσιολογικές επιδράσεις των λέιζερ και του φωτός.....	25
3.4.1.Παραγωγή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) .....	26
3.4.2.Παραγωγή κολλαγόνου.....	26
3.4.3.Ρύθμιση φλεγμονής .....	27
3.4.4.Ανάπτυξη μικροοργανισμών.....	27
3.4.5.Πρόκληση αγγειοσύσπασης.....	28
3.4.6.Μεταβολή της ταχύτητας αγωγής και της αναγέννησης των νεύρων .....	28
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> .....	29
4.Κλινικές ενδείξεις του laser και του φωτός .....	29
4.1.Θεραπεία μαλακών ιστών και οστών .....	29
4.2.Αρθρίτιδα .....	30

4.3.Λεμφοίδημα.....	31
4.4.Νευρολογικές καταστάσεις .....	32
4.5.Διαχείριση του πόνου .....	33
4.6.Σακχαρώδης διαβήτης.....	33
4.6.Αντενδείξεις .....	35
4.7.Ειδικές συνθήκες.....	35
4.7.1.Τοπικά ενέσιμα φάρμακα .....	36
4.7.2.Κακοήθειες.....	36
4.7.3.Εγκυμοσύνη.....	36
4.8.Προφυλάξεις.....	37
4.8.1.Επιφύσεις.....	37
4.8.2.Αιμορραγία.....	37
4.8.3.Όρχεις.....	38
4.8.4.Θυρεοειδής αδένας.....	38
4.9.Ψευδείς αντενδείξεις .....	39
4.9.1.Υπερπηκτικότητα και τατουάζ .....	39
4.9.2.Εμφυτεύματα .....	39
4.9.3.Μικροβιακή λοίμωξη .....	40
4.9.4.Φωτοευαισθητοποιά φάρμακα .....	40
5.Παρουσίαση προβλήματος.....	41
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	43
Εισαγωγή.....	44
Σκοπός έρευνας.....	45
Μεθοδολογία έρευνας.....	46
Υλικό .....	46
Εργαλεία.....	46
Ηθικά θέματα .....	46
Στατιστική ανάλυση .....	46
Αποτελέσματα.....	48
Συζήτηση .....	64
Συμπεράσματα .....	67
Βιβλιογραφία .....	68



Παράρτημα..... 78

# Γενικό Μέρος

## Εισαγωγή

---

Οι θεραπείες με φως χρησιμοποιούνται σήμερα στους περισσότερους τομείς της ιατρικής και άλλων επιστημών. Τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και των οπτικών ιδιοτήτων του βιολογικού ιστού και της ύλης πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη βελτιστοποίηση αυτής της αλληλεπίδρασης φωτός και την προαγωγή του καλύτερου θεραπευτικού αποτελέσματος για τον ασθενή.

Η κατανόηση της ενέργειας και κάποιων βασικών εννοιών της οπτικής, θέτει τις βάσεις για την κατανόηση της αλληλεπίδρασης λέιζερ-ιστών. Το φως αλληλεπιδρά με πολλούς τρόπους με τους βιολογικούς ιστούς. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε απλά καθημερινά φαινόμενα, όπως η παραγωγή μελανίνης ή η σύνθεση βιταμίνης D, ως αποτέλεσμα αντίδρασης του δέρματος στο φως.

Η αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη επηρεάζεται από τις οπτικές ιδιότητες του λήπτη. Όταν εφαρμόζεται φως στους βιολογικούς ιστούς, μπορεί να υποστούν απορρόφηση, διασκορπισμό, διείσδυση (μετάδοση) και φθορισμό (ανάκλαση) σε διάφορους βαθμούς και ο ιστός θα παράγει διαφορετικές αποκρίσεις στο φως που απορροφά.

Η αλληλεπίδραση λέιζερ-ιστών είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και οι παράμετροι του λέιζερ επηρεάζουν ευρέως την απόκριση των βιολογικών ιστών. Για χρόνια, οι μελέτες έχουν δείξει διάφορες κυτταρικές αποκρίσεις σε διαφορετικά λέιζερ, όπως η αύξηση των αριθμών των μαστοκυττάρων και η αποκοκκίωση, η ενίσχυση της παραγωγής προκολλαγόνων σε καλλιέργειες ινοβλαστών του ανθρώπινου δέρματος και η διέγερση του πολλαπλασιασμού των ινοβλαστών και της απόκρισης στα μακροφάγα. Από το 1989, μελέτες κατέδειξαν ότι η ακτινοβολία με μονοχρωματικό ορατό φως, μπορούν να ενισχύσουν τις μεταβολικές διεργασίες στο κύτταρο και συνιστούν ότι τα φωτοβιολογικά αποτελέσματα της διέγερσης εξαρτώνται από τα μήκη κύματος, τη δόση και την ένταση του φωτός (Bordin-Aykroyd et al., 2019).

Η θεραπεία με λέιζερ είναι ένα ζωντανό παράδειγμα διεπιστημονικής ιατρικής, το οποίο βασίστηκε στη θεμελιώδη έρευνα στον τομέα της φυσιολογίας, της βιοφυσικής και της βιοχημείας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση πολύ αποτελεσματικών θεραπευτικών τεχνικών που λαμβάνουν υπόψη τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά του ασθενούς.

Η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου - μια μέθοδος θεραπείας που εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του '60 σε χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, ακολουθούμενη από μια σημαντική εξέλιξη στη Ρωσία, συνεχίζει να αναγνωρίζεται σε όλο τον κόσμο. Τα αποτελέσματα πολλών μελετών των νόμων της δράσης βιοδιέγερσης χαμηλού φωτισμού λέιζερ που πραγματοποιήθηκαν σε ζώα και τα θεραπευτικά τους σχήματα αποτέλεσαν τη βάση της μεθόδου που χρησιμοποιείται ευρέως τόσο στην κτηνιατρική όσο και στην ιατρική (Kochetkov et al., 2012, Moskvina & Amirkhanyan, 2011).

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο laser και τις ιδιότητές του καθώς επίσης και στην ταξινόμηση του αναλόγως με την ισχύ, την επίδραση και τη διάρκεια του ενεργού χρόνου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ιστορική αναδρομή του laser καθώς και της ανακάλυψης της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, τις φυσικές ιδιότητές της καθώς και τις φυσιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και των laser.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται οι κλινικές ενδείξεις χρήσης του laser, οι αντενδείξεις, οι ειδικές συνθήκες και οι προφυλάξεις.

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

---

## 1. Το laser

Ο όρος λέιζερ είναι το ακρωνύμιο για την Ενίσχυση του Φωτός μέσω Εξαναγκασμένης Εκπομπής Ακτινοβολίας (**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation). Ο όρος «λέιζερ» χρησιμοποιείται τόσο για την διάταξη, τη συσκευή δηλαδή που παράγει τις ακτίνες λέιζερ, όσο και για την ίδια την ακτινοβολία λέιζερ, την οποία παράγει η συσκευή. Όντας ηλεκτρομαγνητικό κύμα, μια ακτινοβολία λέιζερ, έχει δύο συνιστώσες: το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο. Το σημαντικότερο όμως, ίσως, όλων των χαρακτηριστικών των ακτίνων λέιζερ, είναι ότι σε αντίθεση με όλα τα άλλα είδη φυσικού ή τεχνητού φωτός που είναι γνωστά, οι ακτίνες λέιζερ είναι αποτέλεσμα εξαναγκασμένης εκπομπής και όχι αυθόρμητης εκπομπής.

Ως εννοιολογικός όρος, είναι μια διάταξη η οποία παράγει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και χαρακτηρίζεται από ορισμένες ιδιαίτερες και μοναδικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές περιλαμβάνουν την μονοχρωματικότητα, την κατευθυντικότητα, τη λαμπρότητα και τη συμφωνία. Η ακτινοβολία laser δύναται να βρίσκεται στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ή στο υπεριώδες, ή στο υπέρυθρο ή σε άλλη περιοχή, ενώ σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να βρίσκεται στην περιοχή του υπεριώδους κενού, των ακτίνων X κ.α. (Cotler et al., 2015).

Η θεραπεία χαμηλού επιπέδου λέιζερ (Low Level Laser Therapy) χρησιμοποιείται από ορισμένους φυσιοθεραπευτές για τη θεραπεία διαφόρων μυοσκελετικών παθήσεων. Είναι μια μη επεμβατική θεραπεία πηγής φωτός που παράγει ένα μοναδικό μήκος κύματος φωτός. Δεν εκπέμπει θερμότητα, ήχο ή κραδασμούς. Ονομάζεται επίσης φωτοβιολογία ή βιοδιέγερση. Η LLLT πιστεύεται ότι επηρεάζει τη λειτουργία των συνδετικών ιστών (ινοβλάστες), επιταχύνει την αποκατάσταση του συνδετικού ιστού και δρα ως αντιφλεγμονώδης παράγοντας. Λέιζερ με διαφορετικά μήκη κύματος, που κυμαίνονται από 632 έως 904 nm, χρησιμοποιούνται στη θεραπεία μυοσκελετικών διαταραχών (Cotler et al., 2015).

Το ενεργό υλικό ενός λέιζερ μπορεί να αποτελείται από άτομα ή μόρια, μπορεί να είναι στερεό, υγρό ή αέριο, ενώ από πλευράς ηλεκτρικών ιδιοτήτων μπορεί να είναι αγωγίμο ή διηλεκτρικό, ηλεκτρικά ουδέτερο ή φορτισμένο. Ο συνδυασμός του ενεργού υλικού, μέσω της ατομικής δομής του και της οπτικής κοιλότητας του λέιζερ καθορίζουν το μήκος κύματος

εκπομπής της διάταξης λέιζερ. Ο μηχανισμός ανάδρασης (ή οπτική κοιλότητα), αποτελείται, εν γένει, από δύο κάτοπτρα, μεταξύ των οποίων τοποθετείται το ενεργό υλικό. Συνήθως, το ένα από τα κάτοπτρα είναι πλήρως ανακλαστικό (~100%), ενώ το άλλο είναι μερικώς ανακλαστικό (~90-99%) ανάλογα με τον τύπο του λέιζερ και το είδος της οπτικής κοιλότητας. Σε κάθε περίπτωση, τα φωτόνια της αρχικά δημιουργούμενης εξαναγκασμένης εκπομπής, εκτελούν πολλά διαδοχικά ταξίδια μεταξύ των κατόπτρων της οπτικής κοιλότητας, διασχίζοντας σε κάθε διαδρομή το ενεργό υλικό και πολλαπλασιαζόμενα. Όταν η δέσμη αυτή της εξαναγκασμένης εκπομπής, η οποία έχει ενισχυθεί εντός της κοιλότητας, αποκτήσει ικανή ενέργεια, εγκαταλείπει την οπτική κοιλότητα εξερχόμενη από την πλευρά του ημιπερατού κατόπτρου της κοιλότητας. Το μέρος της ακτινοβολίας που διαφεύγει, εξερχόμενο της οπτικής κοιλότητας είναι η δέσμη (ή ακτίνες) λέιζερ (Cotler et al., 2015).

Η γεωμετρία της οπτικής κοιλότητας συντελεί εκτός των άλλων, στο να επιζήσουν και να πολλαπλασιαστούν μόνο όσα φωτόνια ταξιδεύουν στον οπτικό άξονα της διάταξης, γεγονός το οποίο έχει ως συνέπεια την αυξημένη κατευθυντικότητα των ακτίνων λέιζερ. Μια επιπλέον λειτουργία της οπτικής κοιλότητας είναι ότι δια μέσου των γεωμετρικών της χαρακτηριστικών, μπορεί να επιλέγει ορισμένους μόνο τρόπους ταλάντωσης, από τους άπειρους που υποστηρίζει μια οπτική κοιλότητα. Μάλιστα, αυτοί είναι οι μοναδικοί τρόποι ταλάντωσης οι οποίοι θα επιζήσουν και θα ενισχυθούν περαιτέρω. Η λειτουργία αυτή της οπτικής κοιλότητας συντελεί στη βελτίωση της μονοχρωματικότητας της ακτινοβολίας λέιζερ. Μαζί με τον μηχανισμό ανάδρασης, του οποίου είναι συχνά μέρος, απαντάται και ο μηχανισμός εξόδου των ακτίνων λέιζερ, ο οποίος αποτελείται από κατάλληλα οπτικά εξαρτήματα που σκοπό έχουν να ρυθμίζουν την πόλωση της εξερχόμενης δέσμης, το ποσοστό της ακτινοβολίας που θα διαφύγει της κοιλότητας, κλπ (Cotler et al., 2015).

Τέλος, ο μηχανισμός διέγερσης (ή άντλησης) του ενεργού υλικού είναι υπεύθυνος για την παροχή της απαιτούμενης ενέργειας στο ενεργό υλικό για την επίτευξη της αναστροφής πληθυσμών και τη δημιουργία της εξαναγκασμένης εκπομπής. Η διέγερση ή άντληση επιτυγχάνεται, είτε με την οπτική άντληση, είτε την ηλεκτρική διέγερση, είτε με κρούσεις ηλεκτρονίων ή ιόντων ή διεγερμένων ατόμων, είτε με χημική διέγερση, είτε με απ' ευθείας διέγερση μέσω διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το ενεργό υλικό (Frigo et al., 2010).

## 1.1.Οι ιδιότητες των ακτίνων laser

Το λέιζερ είναι η διάταξη, η οποία εκπέμπει ακτινοβολία που χαρακτηρίζεται από κατευθυντικότητα, λαμπρότητα, μονοχρωματικότητα και ταυτόχρονα υψηλό βαθμό συμφωνίας.

### 1.1.1 Μονοχρωματικότητα

Αν το φως του ήλιου ή μιας λυχνίας πυράκτωσης ή μιας λυχνίας ηλεκτρικής εκκένωσης σε αέριο περάσει από ένα πρίσμα, τότε αναλύεται στα διάφορα χρώματα (μήκη κύματος, συχνότητες) που περιέχει. Όταν πρόκειται για ακτίνες λέιζερ, τότε το φως που αναλύεται αποτελείται από ένα μόνο μήκος κύματος. Αν το πρίσμα αντικατασταθεί από ένα όργανο με μεγαλύτερες αναλυτικές δυνατότητες, μονοχρωμάτορα ή φασματογράφο, τότε είναι δυνατόν να γίνει και η καταγραφή της κατανομής της έντασης των φασματικών γραμμών. Δηλαδή, να μετρηθεί το φάσμα μιας ακτινοβολίας. Το πλάτος μιας τέτοιας κατανομής έντασης μιας φασματικής γραμμής, μετρημένο στο μισό του ύψους της κατανομής χαρακτηρίζει τη μονοχρωματικότητα ή ισοδύναμα το φασματικό εύρος της ακτινοβολίας. Επομένως, όσο στενότερη είναι η κατανομή της έντασης μιας ακτινοβολίας γύρω από το κεντρικό μήκος κύματος, η ακτινοβολία θα είναι περισσότερο μονοχρωματική. Οι κατανομές έντασης είναι εξαιρετικά στενές στις ακτινοβολίες λέιζερ και αυτό συνεπάγεται ότι είναι μονοχρωματικές ακτινοβολίες (Cotler et al., 2015).

### 1.1.2. Κατευθυντικότητα

Η διάδοση των ακτίνων laser γίνεται προς μια κατεύθυνση, διατηρώντας ιδιαίτερα μικρή γωνιακή διασπορά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, οι ακτίνες να χαρακτηρίζονται από σημαντική κατευθυντικότητα. Συγκεκριμένα, όσο πιο μικρή είναι η γωνία απόκλισης, τόσο μεγαλύτερη είναι η κατευθυντικότητα. Ο βαθμός της κατευθυντικότητας του laser καθορίζεται από τον τύπο και την ποιότητα των κατόπτρων της κοιλότητας καθώς και από τον τρόπο άντλησης του laser. Για την ποσοτικοποίηση του βαθμού κατευθυντικότητας, συνήθως χρησιμοποιείται η τιμή της γωνίας εκφρασμένη σε mrad. Γενικότερα, η κατευθυντικότητα μιας δέσμης λέιζερ, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη μεταφορά και εναπόθεση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας σε απόσταση από την πηγή (Cotler et al., 2015).

### 1.1.3.Λαμπρότητα

Η λαμπρότητα μιας ακτινοβολίας λέιζερ, μπορεί να είναι πολύ μεγάλη ακόμη και από την λαμπρότητα του ήλιου. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται τη λήψη κατάλληλων προφυλάξεων, κυρίως την αποφυγή επαφής με τους οφθαλμούς στην πορεία της διάδοσης μιας δέσμης laser.

### 1.1.4.Συμφωνία

Η συμφωνία και ο βαθμός συμφωνίας μεταξύ δύο ή περισσότερων κυμάτων, σχετίζονται με τη μεταβολή, δηλαδή τη διακύμανση της σχετικής φάσης των κυμάτων. Ο έλεγχος της ύπαρξης συμφωνίας ή κάποιου βαθμού συμφωνίας συνήθως επιτυγχάνεται μέσω της μέτρησης και επεξεργασίας του σχεδίου της συμβολής τους, δηλαδή του ονομαζόμενου συμβολογράμματος. Έτσι, η δημιουργία ή όχι κροσσών συμβολής, η σχετική ευκρίνεια τους, η φωτεινότητα και η διάταξη τους στον χώρο, καθώς και τα εν γένει χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από τη σχετικές φάσεις των συμβαλλόντων κυμάτων. Ανάλογα με το βαθμό συμφωνίας, η μορφή του συστήματος των κροσσών συμβολής, δηλ. το συμβολόγραμμα, αλλάζει. Αν τα κύματα έχουν σταθερή διαφορά φάσεων, τότε ονομάζονται σύμφωνα, ενώ αν η σχετική τους φάση αλλάζει τότε χαρακτηρίζονται ως μερικώς σύμφωνα ή ασύμφωνα (Cotler et al., 2015).

## 1.2.Ταξινόμηση laser

Οι τύποι laser, αναλόγως με την ισχύ, την επίδραση και τη διάρκεια του ενεργού χρόνου, μπορούν να ταξινομηθούν στους ακόλουθους τύπους.

Laser τάξης 1. Πρόκειται για λέιζερ με πολύ μικρή ισχύ και χρησιμοποιούνται θεραπευτικά (He-Ne).

Laser τάξης 2. Αυτού του είδους laser έχουν χαμηλή ισχύ και είναι ασφαλή κατά τη στιγμιαία θέαση και την παρατεταμένη έκθεση του δέρματος. Η επαφή με τους οφθαλμούς θα πρέπει να αποφεύγεται.

Laser τάξης 3A, 3B. Στην τάξη αυτή περιλαμβάνονται τα laser με χαμηλή και μέση ισχύ. Ενέχουν κίνδυνο για τους οφθαλμούς, όχι όμως για το εκτεθειμένο δέρμα. Η χρήση του laser 3B, θα πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό, σε χώρο με ελεγχόμενη πρόσβαση και με



περίκλειστη δέσμη. Η χρήση προστατευτικών γυαλιών κρίνεται απαραίτητη κατά τη διάρκεια χρήσης τους.

Laser τάξης 4 και 5. Τα laser της κατηγορίας αυτής είναι υψηλής ισχύος και μπορεί να προκαλέσει σοβαρούς κινδύνους για τους οφθαλμούς και το απροστάτευτο δέρμα. Θα πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα προστασίας κατά τη χρήση τους (Cotler et al., 2015).

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

---

### 2.Ιστορική αναδρομή

«Η ικανότητα ενός κλινικού ιατρού να μειώνει τον πόνο σε έναν ασθενή εκμεταλλευόμενος τους ενσωματωμένους νευροφυσιολογικούς μηχανισμούς του ίδιου του ασθενούς πρέπει σίγουρα να κατατάσσεται ως ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της σύγχρονης ιατρικής επιστήμης ».

***(Woolf, 1984, as cited in Macdonald, 1993)***

Η πρώτη τεκμηρίωση της φυσιοθεραπείας ως επαγγέλματος χρονολογείται από το 1813, όταν ο Σουηδός Per Henrik Ling ίδρυσε το Βασιλικό Ινστιτούτο Γυμναστικής για χειραγώγηση και άσκηση στη Στοκχόλμη (Brodin, 2008). Άλλες χώρες ακολούθησαν αυτή την πρωτοβουλία και μέχρι το 1920 η Chartered Society of Massage και Medical Gymnastics έλαβε την Βασιλική της Χάρτα από τον βασιλιά Γιώργο Β΄ στο Ηνωμένο Βασίλειο (Chartered Society of Massage and Medical Gymnastics, 1929). Οι φυσικοθεραπευτές, στο σημείο αυτό, εκπαιδεύτηκαν στην ανατομία και τη βιομηχανική και απέκτησαν άδεια για να αλληλεπιδράσουν και να θεραπεύσουν ασθενείς, μέσω της χρήσης του μασάζ και της χειραγώγησης. Η υιοθέτηση ενός βιομηχανικού πλαισίου και η αυξανόμενη εστίαση στην παθολογία, ήταν σημαντικές για τις μελλοντικές εξελίξεις στη φυσιοθεραπεία, οδηγώντας εν τέλει στην αφομοίωση νέων θεραπευτικών παρεμβάσεων στη φυσιοθεραπεία, όπως η ηλεκτροθεραπεία (Nicholls and Cheek, 2006).

Η θεραπευτική χρήση της ηλεκτρικής διέγερσης για την ανακούφιση του πόνου, προέρχεται από την αρχαία Ελλάδα, όπου οι ηλεκτρικές εκκενώσεις από ψάρια ή χέλια εφαρμόστηκαν για τη θεραπεία επώδυνων καταστάσεων όπως η ουρική αρθρίτιδα. Η ικανότητα να διεγείρεται ή να παρέχεται θεραπεία σοκ χρησιμοποιώντας μηχανικά παραγόμενο στατικό ηλεκτρισμό προέκυψε κατά τη διάρκεια του 18<sup>ου</sup> αιώνα. Αυτές οι ηλεκτρικές συσκευές χρησιμοποιήθηκαν θεραπευτικά για τη θεραπεία πολυάριθμων καταστάσεων που κυμαίνονται από τις οδυνηρές μυοσκελετικές διαταραχές έως την επιληψία και την στειρότητα (Macdonald, 1993). Μολονότι οι πρωτοπόροι της ηλεκτροθεραπείας αυτού του αιώνα, ήταν πεπεισμένοι για τα αποτελέσματά της, δεν έτυχαν της ίδιας αναγνώρισης από την ιατρική επιστήμη. Η θεραπεία

με ηλεκτροφυσικούς παράγοντες, έτυχε σεβασμού μετά τη λειτουργία του πρώτου τμήματος ηλεκτρικής θεραπείας που ιδρύθηκε στο νοσοκομείο Guy's στο Λονδίνο το 1836 από τον Dr. Golding Bird και έδωσε μια σειρά διαλέξεων με θέμα «Ηλεκτρισμός και Γαλβανισμός σε σχέση με τη Φυσιολογία και τη Θεραπεία» στο Royal College of Physicians (Selcon, 2001 ).

Στις αρχές του εικοστού αιώνα, οι πρώτες ερευνητικές αναφορές και οι κλινικές δοκιμές δημοσιεύθηκαν σε αναγνωρισμένα ιατρικά περιοδικά. Αυτές οι πρώτες μελέτες πρότειναν ότι οι ηλεκτροφυσικοί παράγοντες, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματική θεραπεία για την επιτάχυνση της ανάνηψης σε μυοσκελετικές παθήσεις, όπως οι τραυματισμοί των περιφερικών νευρών, λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν συστολές σε παραλυμένους μύες (Wolfson, 1931, Doupe et al., 1943).

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, δόθηκε περισσότερη προσοχή στην έρευνα στο φαινόμενο αυτό, που αναφέρεται ως γαλβανικές ασκήσεις (Tiktinsky et al., 2010). Ωστόσο, το πρώτο σημαντικό βήμα προς τα εμπρός για τη θεραπεία με ηλεκτρικά ρεύματα ήταν η εισαγωγή της θεωρίας ελέγχου πύλης το 1965, η οποία παρείχε στους κλινικούς ιατρούς και τους ερευνητές το πρώτο απαραίτητο θεωρητικό πλαίσιο για να εξηγήσει την επίδραση του φαινομένου αυτού στην ανακούφιση από τον πόνο (Melzack and Wall, 1965).

Με την πάροδο των ετών, οι τεχνολογικές βελτιώσεις και οι καινοτομίες στον τομέα των ηλεκτροφυσικών παραγόντων, υιοθετήθηκαν σταδιακά στη φυσιοθεραπεία. Αναδύθηκαν νέες παρεμβάσεις στην ηλεκτροφυσική θεραπεία, όπως η θεραπεία με κρουστικά κύματα (shockwave) και η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser καθώς επίσης και συσκευές κατάλληλες για διαγνώσεις και μετρήσεις ιστών. Η συνεχής χαρτογράφηση του τρόπου με τον οποίο οι ηλεκτροφυσικοί παράγοντες αλληλεπιδρούν και τροποποιούν τις παθολογικές διεργασίες στον βιολογικό ιστό, ειδικά στη φλεγμονώδη διαδικασία και στην αποκατάσταση ιστών, παρείχαν φυσιοθεραπευτές με το απαραίτητο εργαλείο για να κατέχουν πιο αυτόνομο ρόλο στη διαχείριση του πόνου των μυοσκελετικών διαταραχών.

## **2.1. Η ανακάλυψη της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser**

Η χρήση του φωτός για θεραπευτικούς σκοπούς, χρονολογείται περισσότερο από 3.000 χρόνια, όταν οι άνθρωποι που υπέφεραν από αποχρωματισμό του δέρματος εκτέθηκαν στον ήλιο

(Fitzpatrick and Pathak, 1959). Κατά τον 18<sup>ο</sup> αιώνα, οι ιατρικές αναφορές έδειξαν ότι το φως του ήλιου μπορεί να βελτιώσει και να επιταχύνει την επούλωση πολλών διαφορετικών καταστάσεων, όπως δερματικά έλκη, πληγές και ραχίτιδα (Palm, 1890, Rollier and Rosselet, 1923; Chesney, 2012, Hamblin and Huang, 2014). Η θεραπευτική έκθεση στο ηλιακό φως, γνωστή ως ηλιοθεραπεία, αυξήθηκε σε δημοτικότητα κατά τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα και συνιστάται για πολλές διαφορετικές καταστάσεις, όπως η κατάθλιψη, οι ρευματολογικές παθήσεις και το σκορβούτο (Cauvin, 1815).

Ο πρώτος ερευνητής που χρησιμοποίησε με επιτυχία τεχνητό υπεριώδες ήταν ο Nils Ryberg Finsen (1860-1904). Δημιούργησε ένα λαμπτήρα τόξου άνθρακα για τη θεραπεία του δισκοειδή λύκου και τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας και Ιατρικής το 1903 για την πρωτοποριακή του εργασία (Grzybowski & Pietrzak, 2012). Κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, η χρήση τόσο του φυσικού όσο και του τεχνητού υπεριώδους φωτός στην ιατρική αυξήθηκε, και συνεπώς, ακολουθήθηκε μεγάλη έρευνα για τη φυσική του φωτός. Στα τέλη της δεκαετίας του 1950, οι Basov και Prokhorov και Townes ήταν σε θέση να παράγουν το πρώτο λέιζερ (Karlsson, 2000). Μια δεκαετία αργότερα, ο Theodore Maiman ανέπτυξε το πρώτο λέιζερ ρουμπινιού, που λειτουργεί σε σταθερό μήκος κύματος, 694 νανόμετρα (nm) στο ορατό κόκκινο φάσμα (Maiman, 1960).

Η ανακάλυψη της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser σχετίζεται κυρίως με την πρωτοποριακή εργασία του Ούγγρου καθηγητή Endre Mester (1903-1984). Κατά τη δεκαετία του 1960, ο Mester εμφύτευσε καρκινικά κύτταρα σε ποντίκια. Σε μια αποτυχημένη προσπάθεια να καταστρέψει αυτούς τους κακοήθεις όγκους, με αυτό που πίστευε, ήταν ένα υψηλής ισχύος laser ρουμπινιού. Εν αντιθέσει, ανακάλυψε ότι οι τομές του δέρματος επούλωνονταν γρηγορότερα σε ποντίκια που λάμβαναν θεραπεία με laser. Στην πραγματικότητα, το λέιζερ που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ήταν χαμηλής ισχύος και το φως επιτάχυνε την ανάπλαση του ιστού (Mester et al., 1968a). Αυτή η παρατήρηση αποτέλεσε τη βάση μιας νέας πειραματικής μελέτης στην οποία ο Mester απέδειξε με επιτυχία ταχύτερη επούλωση πληγών σε ποντίκια που έλαβαν χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser (Mester et al., 1971). Εμπνευσμένος από αυτά τα ευρήματα, ο Mester πραγματοποίησε αρκετές κλινικές μελέτες περίπτωσης, σε ανθρώπους που έπασχαν από χρόνια έλκη και διαπίστωσε ότι τα τραύματα επούλώθηκαν στο 78% (Mester et al., 1985). Κατά συνέπεια, οι επιδράσεις του χαμηλού επιπέδου laser σε βιολογικό ιστό αναφέρονται

ως φωτοδιέγερση. Ωστόσο, η θεραπευτική εφαρμογή του χαμηλού επιπέδου laser, επεκτάθηκε πέρα από την επούλωση των πληγών, και αργότερα η έρευνα έδειξε ότι παρουσίασε ευεργετικά αποτελέσματα σε άλλες περιπτώσεις. Ο όρος φωτοδιέγερση περιγράφει με μεγαλύτερη ακρίβεια τον μηχανισμό με τον οποίο λειτουργούν τα λέιζερ χαμηλού επιπέδου σε βιολογικό ιστό.

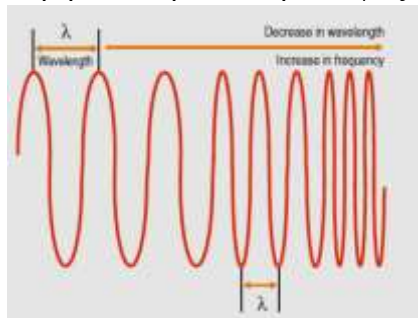
### 3.1. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, laser και φως

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αποτελείται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου και είναι προσανατολισμένα κάθετα το ένα προς το άλλο. Οι φυσικοί παράγοντες που παράγουν ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας περιλαμβάνουν διάφορες μορφές ορατού και αόρατου φωτός και ακτινοβολία βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί εκτίθενται συνεχώς σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από φυσικές πηγές όπως το μαγνητικό πεδίο της γης και η υπεριώδη ακτινοβολία (UV) από τον ήλιο.

Το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια εντός ή κοντά στο ορατό εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το περισσότερο φως είναι πολυχρωματικό. Δηλαδή, αποτελείται από διάφορα μήκη κύματος φωτός. Το λέιζερ, είναι επίσης ηλεκτρομαγνητική ενέργεια εντός ή κοντά στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το φως λέιζερ διαφέρει από τις άλλες μορφές φωτός στο ότι είναι μονοχρωματικό και κατευθυνόμενο.

### 3.2. Φυσικές ιδιότητες ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατηγοριοποιείται ανάλογα με τη συχνότητα και το μήκος κύματος της, οι οποίες είναι αντιστρόφως ανάλογες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλής συχνότητας, η οποία περιλαμβάνει κύματα εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας, βραχέα κύματα, μικροκύματα, υπέρυθρη ακτινοβολία, ορατό φως και υπεριώδη ακτινοβολία, είναι μη ιοντίζουσα.



*Εικόνα 1. Συχνότητα και μήκος κύματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας*

Η μη ιονίζουσα ακτινοβολία δεν μπορεί να σπάσει μοριακούς δεσμούς ή να παράγει ιόντα και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θεραπευτικές ιατρικές εφαρμογές. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υψηλότερης συχνότητας όπως οι ακτίνες X και οι ακτίνες γάμμα μπορούν να σπάσουν τους μοριακούς δεσμούς για να σχηματίσουν ιόντα. Η ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί επίσης να εμποδίσει την κυτταρική διαίρεση, επομένως δεν χρησιμοποιείται κλινικά παρά μόνο σε πολύ μικρές δόσεις για απεικόνιση ή σε μεγαλύτερες δόσεις για την καταστροφή ιστού (Sears et al., 1987, Hitchcock, 1995, Thomas, 1993).

Η ένταση οποιουδήποτε τύπου ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που φθάνει στον ασθενή από μια πηγή ακτινοβολίας είναι ανάλογη με την έξοδο ενέργειας από την πηγή, το αντίστροφο τετράγωνο της απόστασης της πηγής από τον ασθενή και το συνημίτονο της γωνίας πρόσπτωσης μεταξύ της δέσμης και τον ιστό. Η ένταση ενέργειας που φθάνει στο σώμα είναι μεγαλύτερη όταν η απόδοση ενέργειας είναι υψηλή, η πηγή ακτινοβολίας είναι κοντά στον ασθενή και η ακτίνα είναι κάθετη στην επιφάνεια του δέρματος. Καθώς η απόσταση από το δέρμα αυξάνεται ή η γωνία με την επιφάνεια μειώνεται, η ένταση της ακτινοβολίας που φθάνει στο δέρμα μειώνεται.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μπορεί να εφαρμοστεί σε έναν ασθενή για να επιτευχθεί μια ευρεία ποικιλία κλινικών αποτελεσμάτων. Η φύση αυτών των επιδράσεων καθορίζεται κυρίως από τη συχνότητα και την περιοχική μήκους κύματος της ακτινοβολίας και σε κάποιο βαθμό από την ένταση της ακτινοβολίας (Hawkins et al., 2005).

Οι συχνότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται κλινικά είναι η υπέρυθρη ακτινοβολία, του ορατού φωτός, της υπεριώδους ακτινοβολίας, των βραχέων κυμάτων και των μικροκυμάτων. Η υπέρυθρη ακτινοβολία, παράγει επιφανειακή θέρμανση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους ίδιους σκοπούς με άλλους επιφανειακούς παράγοντες θέρμανσης. Η υπέρυθρη ακτινοβολία, έχει το πλεονέκτημα έναντι άλλων επιφανειακών παραγόντων θέρμανσης, ότι δεν απαιτεί άμεση επαφή με το σώμα. Η υπεριώδης ακτινοβολία παράγει ερύθημα και επιδερμική υπερπλασία και είναι απαραίτητη για τη σύνθεση της βιταμίνης D. Η υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται κυρίως για τη θεραπεία της ψωρίασης και άλλων δερματικών διαταραχών. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση εν τω βάθει ιστών. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως διαθερμία (Hawkins et al., 2005).

Τα λέιζερ χαμηλής έντασης και άλλες πηγές φωτός στις ορατές και κοντά στο φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας συχνότητες, χρησιμοποιούνται για την επούλωση των ιστών και για τον έλεγχο του πόνου και της φλεγμονής.

Το φως είναι η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια κοντά στην ορατή περιοχή του φάσματος. Το φως από όλες τις πηγές εκτός από τα λέιζερ περιλαμβάνει μια σειρά από μήκη κύματος. Το λευκό φως αποτελείται στην πραγματικότητα από ένα συνδυασμό κυματικών συχνοτήτων. Το φως του ήλιου περιλαμβάνει το ορατό φως καθώς και μικρότερα μήκη κύματος στο φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας αλλά και μεγαλύτερα μήκη κύματος στο φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Τα λέιζερ παράγουν συμφασικό φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος. Οι πηγές φωτός που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία γενικά παράγουν φως σε περιοχές του ορατού ή σχεδόν του ορατού τμήματος του φάσματος (Hawkins et al., 2005).

### 3.3.Φυσιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία απορροφάται από τους ιστούς, μπορεί να τους επηρεάσει μέσω θερμικών και μη θερμικών μηχανισμών. Η υπέρυθρη ακτινοβολία και η συνεχής διαθερμία βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων που διανέμονται σε επαρκή ένταση μπορούν να αυξήσουν τη θερμοκρασία του ιστού. Οι παράγοντες αυτοί, θεωρείται ότι επηρεάζουν τους ιστούς κυρίως με θερμικούς μηχανισμούς. Οι λαμπτήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση των επιφανειακών ιστών, ενώ η διαθερμία βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων θερμαίνουν τόσο τους εν τω βάθει όσο και τους επιφανειακούς ιστούς.

Οι φυσιολογικές και κλινικές επιδράσεις αυτών των θερμικών παραγόντων είναι γενικά οι ίδιες με τις επιδράσεις των επιφανειακών θερμαντικών παραγόντων, εκτός του γεγονότος ότι επηρεάζουν διαφορετικούς ιστούς.

Η υπεριώδης ακτινοβολία και τα χαμηλά επίπεδα πνευμονικής διαθερμίας ή φωτός δεν αυξάνουν τη θερμοκρασία του ιστού και επομένως πιστεύεται ότι επηρεάζουν τους ιστούς με μη θερμικούς μηχανισμούς. Αυτοί οι τύποι ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας προκαλούν αλλαγές στο κυτταρικό επίπεδο μεταβάλλοντας τη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης και τη διαπερατότητα και τη λειτουργία των ενδοκυτταρικών οργάνων (Adley, 1988). Οι μη θερμικοί



ηλεκτρομαγνητικοί παράγοντες μπορούν επίσης να προάγουν τη δέσμευση χημικών ουσιών στην κυτταρική μεμβράνη για να προκαλέσουν σύνθετες αλληλουχίες κυτταρικών αντιδράσεων. Επειδή αυτοί οι παράγοντες πιστεύεται ότι προάγουν τα αρχικά στάδια της κυτταρικής λειτουργίας, αυτός ο μηχανισμός δράσης θα μπορούσε να εξηγήσει την ευρεία ποικιλία διεγερτικών κυτταρικών επιδράσεων που έχουν παρατηρηθεί στην ανταπόκριση από την εφαρμογή μη θερμικών επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια μπορεί επίσης να επηρεάσει τους ιστούς προκαλώντας μεταβολές της διαμόρφωσης των πρωτεϊνών που προάγουν την ενεργό μεταφορά μέσω των κυτταρικών μεμβρανών και επιταχύνουν τη σύνθεση και τη χρήση της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (Tsong, 1989).

Πολλοί ερευνητές έχουν επικαλεσθεί τον νόμο Arndt-Schulz για να εξηγήσουν τις επιπτώσεις της μη θερμικής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χαμηλού επιπέδου. Σύμφωνα με τον νόμο αυτό, απαιτείται ένα ελάχιστο ερέθισμα για την έναρξη μιας βιολογικής διαδικασίας. Αν και ένα ελαφρώς ισχυρότερο ερέθισμα μπορεί να έχει μεγαλύτερα αποτελέσματα, πέρα από ένα ορισμένο επίπεδο, τα ισχυρότερα ερεθίσματα έχουν προοδευτικά λιγότερο θετική επίδραση, επομένως τα υψηλότερα επίπεδα καθίστανται ανασταλτικά. Για παράδειγμα, ένα χαμηλό επίπεδο μηχανικής καταπόνησης κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας προάγει την κανονική ανάπτυξη των οστών, ενώ πολύ λίγη ή υπερβολική πίεση μπορεί να οδηγήσει σε ανώμαλη ανάπτυξη ή κατάγματα. Παρομοίως, με ορισμένες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως διαθερμία ή φως λέιζερ, αν και πολύ χαμηλή δόση μπορεί να μην παράγει κανένα αποτέλεσμα, η βέλτιστη δόση για την επίτευξη του επιθυμητού φυσιολογικού αποτελέσματος μπορεί να είναι χαμηλότερη από αυτή που παράγει θερμότητα. Εάν χρησιμοποιούνται ακόμη μεγαλύτερες δόσεις, μπορεί να προκληθεί βλάβη στον ιστό.

### **3.4.Φυσιολογικές επιδράσεις των λέιζερ και του φωτός**

Η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με λέιζερ έχει μελετηθεί και συνιστάται για χρήση στην αποκατάσταση, καθώς μετά την ανάπτυξη των πρώτων συσκευών τα στοιχεία έδειξαν ότι αυτή η μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας μπορεί να είναι βιοδιεγερτική και να διευκολύνει την επούλωση. Οι κλινικές επιδράσεις του φωτός θεωρείται ότι σχετίζονται με τις άμεσες επιδράσεις της ενέργειας του φωτός στα ενδοκυτταρικά χρωμοφόρα σε πολλούς διαφορετικούς τύπους κυττάρων (Hawkins, 2005). Το χρωμοφόρο είναι το μέρος ενός μορίου που δίνει στον ιστό το

χρώμα, απορροφώντας μερικά μήκη κύματος φωτός και αντανακλώντας άλλους. Η απορροφημένη ενέργεια φωτός μπορεί να διεγείρει τα χρωμοφόρα και να υποστούν χημικές αντιδράσεις.

Για να παράγουν μια επίδραση στον ιστό, τα φωτόνια απορροφώνται από ένα κύτταρο στόχο για την πρόκληση μιας σειράς βιοχημικών γεγονότων που επηρεάζουν τη λειτουργία του ιστού. Τα στοιχεία υποδηλώνουν ότι το φως ασκεί ευρύ φάσμα επιδράσεων σε κυτταρικά και υποκυτταρικά επίπεδα ως αποτέλεσμα της επίδρασής του στην κυτοχρωμική c οξειδάση, ένα χρωμοφόρο που υπάρχει στα μιτοχόνδρια και επηρεάζει την παραγωγή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP). Αυτό επηρεάζει έπειτα την παραγωγή του ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA) και μεταβάλλει τη σύνθεση κυτοκινών που εμπλέκονται στη φλεγμονή. Το φως λέιζερ μπορεί επίσης να προκαλέσει αντιδράσεις στην κυτταρική μεμβράνη επηρεάζοντας τους διαύλους ασβεστίου και τη διακυτταρική επικοινωνία (Belletti et al., 2015).

#### **3.4.1.Παραγωγή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP)**

Η πρωταρχική λειτουργία του μιτοχονδρίου, είναι να παράγει ATP, η οποία χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας για όλες τις άλλες κυτταρικές αντιδράσεις. Η παραγωγή ATP είναι μια διαδικασία πολλαπλών σταδίων που συμβαίνει στην εσωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη. Έχει αποδειχθεί ότι ο συνδυασμός laser κόκκινου φωτός (632,8 nm) και LED (670 nm) καθώς και λέιζερ υπέρυθρης ακτινοβολίας (915 nm) και LED, βελτιώνουν τη λειτουργία των μιτοχονδρίων και αυξάνουν την παραγωγή τους έως και 70%. Φαίνεται ότι το φως αυξάνει την παραγωγή ATP με ενίσχυση της μεταφοράς ηλεκτρονίων από την κυτοχρωμική c οξειδάση. Η αυξημένη παραγωγή ATP που προκαλείται από λέιζερ και άλλες μορφές φωτός θεωρείται ότι συνεισφέρουν πρωτίστως σε πολλά από τα κλινικά οφέλη της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser (Belletti et al., 2015, Eells et al., 2003, Eells et al., 2004, Winterle, 2006, Benedicenti et al., 2008, Greco et al., 2001).

#### **3.4.2.Παραγωγή κολλαγόνου**

Η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser, πιστεύεται επίσης ότι ενισχύει την επούλωση των ιστών προάγοντας την παραγωγή κολλαγόνου, ιδιαίτερα την παραγωγή κολλαγόνου τύπου I, πιθανώς διεγείροντας την παραγωγή του αγγελιαφόρου RNA (mRNA). Το φως του κόκκινου και

υπέρυθρου λέιζερ έχει αποδειχθεί ότι προάγει την αύξηση της σύνθεσης του κολλαγόνου και της παραγωγής του mRNA καθώς και την τριπλάσια αύξηση της παραγωγής προκολλαγόνου (Chen et al., 2015, De Jesus et al., 2014, Anders et al., 2004).

### 3.4.3.Ρύθμιση φλεγμονής

Η ακτινοβολία λέιζερ έχει αποδειχθεί ότι μεταβάλλει μια σειρά φλεγμονωδών μεσολαβητών, αν και τα συγκεκριμένα ευρήματα διαφέρουν από τη μία μελέτη στην άλλη. Στις περισσότερες μελέτες, η ακτινοβολία λέιζερ έχει συσχετιστεί με αυξημένα επίπεδα προσταγλανδίνης F2α (PGF2α) και ιντερλευκίνης-1α (IL-1α), μειωμένα επίπεδα προσταγλανδίνης E2 (PGE2), ιντερλευκίνης-6 (IL-6) και παράγοντα νέκρωσης όγκων-α (TNF-α) και επιδράσεις στην ιντερλευκίνη-8 (IL-8). Αυτές οι αλλαγές στους φλεγμονώδεις μεσολαβητές πιθανώς αυξάνουν τη ροή, ενισχύουν τη μετανάστευση και τον πολλαπλασιασμό των κερατινοκυττάρων, ενισχύουν τη δραστηριότητα των λεμφοκυττάρων T και B, των μαστοκυττάρων και των μακροφάγων. Το λέιζερ και το φως LED στο μήκος κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας, μπορούν επίσης να διεγείρουν τον πολλαπλασιασμό των διαφόρων κυττάρων που εμπλέκονται στην επούλωση των ιστών συμπεριλαμβανομένων των ινοβλαστών, των κερατινοκυττάρων και των ενδοθηλιακών κυττάρων (Bjordal et al., 2006, Hwang et al., 2015, Mantineo et al., 2014, Gupta et al., 2015, Vinck et al., 2003, Pereira et al., 2002, Grossman et al., 2001, Schindl et al., 2003).

### 3.4.4.Ανάπτυξη μικροοργανισμών

Το φως λέιζερ μπορεί επίσης να εμποδίσει την ανάπτυξη μικροοργανισμών συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων και των μυκήτων. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι το υπέρυθρο, το κόκκινο και το μπλε φως λέιζερ αναστέλλουν την ανάπτυξη διαφόρων βακτηριδίων, συμπεριλαμβανομένων των *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* και *Escherichia coli*. Αυτές οι επιδράσεις μπορεί να οφείλονται σε άμεσες κυτταροτοξικές επιπτώσεις της ακτινοβολίας στα βακτήρια ή στη διέγερση της αντιβακτηριακής ανοσολογικής αντίδρασης. Επιπλέον, αρκετές πρόσφατες μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι το φως λέιζερ μπορεί να μειώσει τις μυκητιασικές λοιμώξεις, ιδιαίτερα στα νύχια των άνω και κάτω άκρων, αλλά η ποιότητα του μεγαλύτερου μέρους αυτής της έρευνας είναι πτωχή (Guffey & Wilborn, 2006, Silva et al., 2013, Lee et al., 2011, Bhatta et al., 2014, Bristow, 2014).

### 3.4.5.Πρόκληση αγγειοσύσπασης

Κάποιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι το φως λέιζερ μπορεί να προκαλέσει αγγειοδιαστολή, ιδιαίτερα στη μικροκυκλοφορία. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να προκαλείται από την απελευθέρωση προσχηματισμένου μονοξειδίου του αζώτου, το οποίο έχει βρεθεί ότι ενισχύεται με ακτινοβολία από ερυθρό φως. Μια τέτοια αγγειοδιαστολή θα μπορούσε να επιταχύνει την επούλωση των ιστών αυξάνοντας τη διαθεσιμότητα οξυγόνου και άλλων θρεπτικών στοιχείων και επιταχύνοντας την απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων από την ακτινοβολημένη περιοχή (Pereira et al., 2010, Lingard et al., 2007).

### 3.4.6.Μεταβολή της ταχύτητας αγωγής και της αναγέννησης των νεύρων

Μερικές μελέτες έχουν δείξει ότι η διέγερση του φωτός με λέιζερ του νευρικού ιστού αυξάνει τις ταχύτητες αγωγιμότητας του περιφερικού νεύρου, αυξάνει τη συχνότητα των δυναμικών δράσης και μειώνει τις απομακρυσμένες αισθητικές λανθάνουσες περιόδους. Επιπλέον, η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser, έχει συσχετιστεί με επιταχυνόμενη αναγέννηση των νεύρων και ανακατασκευή μετά από τραυματισμό. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές (RCTs) υψηλής ποιότητας για την τυποποίηση των πρωτοκόλλων στην κλινική εφαρμογή. Αυτές οι θετικές επιδράσεις συμβαίνουν σε απόκριση της ακτινοβολίας λέιζερ στο σημείο της συμπίεσης των νεύρων και ενισχύονται με ακτινοβολία των αντίστοιχων τμημάτων του νωτιαίου μυελού (de Oliveira et al., 2015, Rochkind et al., 2009, Shamir et al., 2001).

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

---

### 4.Κλινικές ενδείξεις του laser και του φωτός

#### 4.1.Θεραπεία μαλακών ιστών και οστών

Υπάρχουν πολλά δημοσιευμένα άρθρα ανασκόπησης και μεταanalύσεων, σχετικά με τη χρήση της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser, για την προαγωγή της επούλωσης χρόνιων και οξέων πληγών σε ανθρώπους και ζώα. Αυτή η έρευνα βασίστηκε σε πρώιμα ευρήματα που αναφέρθηκαν από τους Mester et al., (1960) ότι η ακτινοβολία λέιζερ χαμηλού επιπέδου φαίνεται να επιταχύνει την επούλωση πληγών. Οι αρχικές μετα-αναλύσεις σε αυτόν τον τομέα μελετών, σχετικά με τις επιδράσεις της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser στην επούλωση του φλεβικού έλκους, δεν έδειξαν κανένα όφελος που να σχετίζεται με αυτή τη συγκεκριμένη εφαρμογή της θεραπείας με λέιζερ, αν και οι συγγραφείς ανέφεραν ότι ο συνδυασμός του φωτός της υπέρυθρης ακτινοβολίας και του ερυθρού λέιζερ Ηλίου-Νέου (He-NE) μπορεί να έχει κάποιο όφελος. Από τότε, τρεις πρόσθετες μετα-αναλύσεις, ανέφεραν θετικά αποτελέσματα της θεραπείας με λέιζερ για την ανάπλαση ιστών. Οι μελέτες που περιελήφθησαν σε αυτές τις αναλύσεις διαπίστωσαν ότι η θεραπεία με λέιζερ αύξησε τη σύνθεση κολλαγόνου, την ταχύτητα επούλωσης τραυμάτων και το κλείσιμο, την αντοχή εφελκυσμού και την τάση εφελκυσμού του επούλωμένου ιστού, και τον αριθμό των αποκοκκοποιημένων μαστοκυττάρων και τους μειωμένους χρόνους επούλωσης των πληγών.

Μια συστηματική ανασκόπηση των μελετών σχετικά με τις επιδράσεις της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser στην επιδιόρθωση των σκελετικών μυών μόνο σε ζώα, διαπίστωσε επίσης ότι η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser μείωσε τη φλεγμονή και αύξησε την αγγειογένεση μετά από τραυματισμούς των σκελετικών μυών.

Αυτές οι εκτενείς αποδείξεις φαίνεται να υποστηρίζουν τον ισχυρισμό ότι η θεραπεία με λέιζερ μπορεί να προάγει την επισκευή ιστών. Ωστόσο, οι περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες στερούνται επαρκών ελέγχων και ποικίλλουν ή παρουσιάζουν ανεπαρκείς παραμέτρους θεραπείας και πολλές έχουν πραγματοποιηθεί μόνο σε ζώα. Τα περιορισμένα διαθέσιμα δεδομένα στον άνθρωπο εξακολουθούν να περιορίζουν την ισχύ με την οποία συνιστάται η χρήση της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser και περιορίζουν την ανάπτυξη σαφών

κατευθυντήριων γραμμών για την κλινική εφαρμογή της για τη θεραπεία τραυματισμών των μαλακών μορίων στους ασθενείς.

Αν και το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας σχετικά με τη χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser για την επούλωση των ιστών επικεντρώνεται στη γενική επούλωση των μαλακών ιστών, όπως συμβαίνει με τα έλκη πίεσης, το τοπικό μυϊκό τραύμα ή τις χειρουργικές τομές, ορισμένες μελέτες έχουν εξετάσει τα αποτελέσματα της θεραπείας με λέιζερ ή φως στη θεραπεία του τένοντα και των οστών. Όπως και με την επούλωση των μαλακών ιστών, οι περισσότερες, αλλά όχι όλες, από αυτές τις μελέτες έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα. Μια συστηματική ανασκόπηση των συντηρητικών προσεγγίσεων διαχείρισης για την Αχίλλειο τενοντοπάθεια το 2012, η οποία περιελάμβανε μόνο μελέτες σε ανθρώπους, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπήρχαν μέτρια αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τη χρήση της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser για αυτή την κατάσταση. Μερικές μελέτες έχουν συγκρίνει τις επιδράσεις της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser με τα αποτελέσματα του παλμικού υπερήχου χαμηλής έντασης για την προαγωγή της επούλωσης κατάγματος στα ζώα. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες έχουν βρει ότι και τα δύο μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αποτελεσματικά (Chaves et al., 2014, Matic et al., 2003, Lucas et al., 2002, Flemming & Cullum, 2000, Enwemeka et al., 2004, Fulop et al., 2009, Alves et al., 2014, Rowe et al., 2012).

## 4.2.Αρθρίτιδα

Μελέτες έχουν διερευνήσει την εφαρμογή της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser στη διαχείριση του πόνου και της δυσλειτουργίας που συνδέονται με την αρθρίτιδα, συμπεριλαμβανομένων μελετών σε ζώα και ανθρώπους, στη θεραπεία διαφορετικών αρθρώσεων και στη χρήση ευρέος φάσματος παραμέτρων της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser. Έχουν επίσης δημοσιευθεί διάφορες μετα-αναλύσεις και ανασκοπήσεις μελετών που διερευνούν τις επιδράσεις σε ασθενείς με πόνο στις αρθρώσεις, ρευματοειδή αρθρίτιδα και οστεοαρθρίτιδα. Πρόσφατες ανασκοπήσεις, βρήκαν επαρκή στοιχεία για τη σύσταση χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser βραχυπρόθεσμα, ως 4 εβδομάδες αλλά τα αποτελέσματα ήταν αντικρουόμενα για την οστεοαρθρίτιδα. Η πιο πρόσφατη δημοσιευμένη μετα-ανάλυση μελετών, που δημοσιεύτηκε το 2012, περιελάμβανε 22 μελέτες με 1014 ασθενείς και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπήρχαν επαρκή στοιχεία για να υποστηριχθεί ότι η χαμηλού επιπέδου θεραπεία

με laser, μειώνει τον πόνο των αρθρώσεων στους ασθενείς. Διαπιστώθηκε ότι η επίδραση ήταν πιο αξιόπιστη όταν οι δόσεις κυμαίνονταν εντός των συνιστώμενων επιπέδων. Τα συνιστώμενα επίπεδα προέκυψαν από μια συστηματική αναθεώρηση του 2003 που παρείχε δόσεις για διαφορετικές αρθρώσεις σε διαφορετικά μήκη κύματος. Για παράδειγμα, για το γόνατο, με φως μήκους κύματος 632 nm, η συνιστώμενη δόση κυμαίνεται μεταξύ 9 και 2700 J. Η βελτίωση των αρθροπαθειών μπορεί να οφείλεται στη μείωση της φλεγμονής από αλλαγές που προκαλούνται στη δραστηριότητα των φλεγμονωδών μεσολαβητών ή στη μείωση του πόνου που προκαλείται από μεταβολές στην αγωγή ή την ενεργοποίηση των νευρών (Brosseau et al., 2004, Brosseau et al., 2005, Jang & Lee, 2012, Bjordal et al., 2003).

### 4.3.Λεμφοίδημα

Παρά την ανησυχία για την προαγωγή της υποτροπής του καρκίνου ή της μετάστασης λόγω των επιδράσεων της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser στην ανάπτυξη των ιστών, αρκετές μελέτες εξέτασαν τις επιδράσεις της στο λεμφοίδημα μετά από μαστεκτομή. Με βάση τα ευρήματα της πρώτης από τις μελέτες που δημοσιεύθηκαν το 2003, η χρήση μιας συσκευής λέιζερ (LTU-904, RianCorp, Richmond, Νότια Αυστραλία) εγκρίθηκε ως μέρος θεραπείας του λεμφοιδήματος μετά από μαστεκτομή. Αυτή η συσκευή έχει μήκος κύματος 904 nm, μέγιστη ισχύ παλμού 5 W και σταθερή μέση ισχύ 5 mW. Σε αυτή τη μελέτη, η θεραπεία με λέιζερ εφαρμόστηκε σε 1,5 J / cm<sup>2</sup>, στην μασχालιαία περιοχή τρεις φορές την εβδομάδα για έναν ή δύο κύκλους 3 εβδομάδων. Αν και δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική βελτίωση αμέσως μετά τη θεραπεία, σημειώθηκε σημαντική μείωση του λεμφοιδήματος μετά το διάστημα του ενός και των τριών μηνών, μετά την ολοκλήρωση δύο κύκλων θεραπείας.

Μια συστηματική ανασκόπηση του 2007 που αξιολόγησε ένα ευρύ φάσμα κοινών θεραπειών για το λεμφοίδημα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, εν γένει, οι πιο εντατικές θεραπείες, όπως η θεραπεία με λέιζερ, η σύνθετη φυσικοθεραπεία, η χειροκίνητη λεμφική αποστράγγιση, είναι αποτελεσματικότερες από τις αυτοδιαγνωστικές προσεγγίσεις όπως οι ασκήσεις, η ανύψωση των άκρων και τα συμπιεστικά ενδύματα. Οι πιο πρόσφατες συστηματικές ανασκοπήσεις που αφορούσαν το λεμφοίδημα μετά από καρκίνο του μαστού, υποστήριξαν ότι η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser στην περιοχή της μασχालιαίας περιοχής, μειώνει τον όγκο. Δεν έχουν μελετηθεί οι κίνδυνοι επανεμφάνισης ή μετάστασης καρκίνου στον άνθρωπο.



Με βάση αυτές τις μελέτες, προτείνεται η θεραπεία με λέιζερ για τη μείωση του όγκου που σχετίζεται με το λεμφοίδημα μετά από καρκίνο του μαστού, να παρέχεται σε μια ενέργεια πυκνότητας 1 έως 2 J/cm<sup>2</sup> σε συνολική έκταση 3 cm<sup>2</sup> τρεις φορές ανά εβδομάδα για 3 εβδομάδες για έναν ή δύο κύκλους (Carati et al., 2003, Moseley et al., 2007, Omar et al., 2012, E Lima et al., 2014).

#### 4.4.Νευρολογικές καταστάσεις

Αρκετές μελέτες έχουν επιχειρήσει να προσδιορίσουν την επίδραση της ακτινοβολίας φωτός λέιζερ στην αγωγιμότητα των νεύρων, την αναγέννηση και τη λειτουργία. Η πρώτη θεραπεία με λέιζερ που εγκρίθηκε από τον Οργανισμό ελέγχου Φαρμάκων και Τροφίμων των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, βασίστηκε σε μια μελέτη του 1995 με λέιζερ υπέρυθρης ακτινοβολίας (830 nm) σε περίπου 100 εργαζομένους της General Motors με σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα.

Αυτή η διπλά τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή, συνέκρινε την επίδραση της φυσικής θεραπείας σε συνδυασμό με τη θεραπεία με λέιζερ έναντι της φυσικής θεραπείας μόνο, για τη θεραπεία του συνδρόμου του καρπιαίου σωλήνα. Η δύναμη πρόσφυσης και πρόσκρουσης, το εύρος κίνησης, το διάμεσο νεύρο, η κινητική ταχύτητα αγωγής κατά μήκος του καρπού και η πιθανότητα της επιστροφής στην εργασία ήταν όλα σημαντικά υψηλότερα στην ομάδα που έλαβε θεραπεία με λέιζερ από ό,τι στην ομάδα ελέγχου. Το πρωτόκολλο θεραπείας ήταν να εφαρμοστούν 3J (90 mW για 33 δευτερόλεπτα) κατά τη διάρκεια της θεραπείας για 5 εβδομάδες. Η θεραπεία με λέιζερ έχει επίσης διερευνηθεί για τη θεραπεία άλλων νευρολογικών καταστάσεων. Αρκετές μελέτες έχουν βρει ότι η υπέρυθη ακτινοβολία και το ερυθρό φως μπορεί να βοηθήσουν στη μείωση του πόνου που σχετίζεται με τη διαβητική περιφερική νευροπάθεια και τη μετεγχειρητική νευραλγία.

Μια σειρά μελετών διερεύνησε τη χρήση της υπέρυθρης ακτινοβολίας στα εγκεφαλικά επεισόδια. Παρόλο που οι πρώιμες μελέτες σε ζώα και ανθρώπους ήταν υποσχόμενες, μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη απέτυχε να αποδείξει στατιστικά ότι υπήρξε σημαντική επίδραση. Μελέτες σε ζώα σχετικά με τη χρήση χαμηλού επιπέδου θεραπείας με laser για άλλες καταστάσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος, όπως τραυματική εγκεφαλική βλάβη και νόσο Alzheimer, υποδηλώνουν ότι αυτή η παρέμβαση μπορεί να είναι αποτελεσματική, αλλά απαιτούνται περισσότερες έρευνες για να επιβεβαιωθεί η αποτελεσματικότητα στους ανθρώπους



και να περιγραφούν οι ιδανικές παράμετροι θεραπείας (Naeser et al., 2006, Leonard et al., 2004, Zinman et al., 2004).

#### 4.5. Διαχείριση του πόνου

Πολλές μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι η θεραπεία με λέιζερ, μπορεί να μειώσει τον πόνο και την αναπηρία που σχετίζονται με μια ευρεία ποικιλία νευρομυοσκελετικών παθήσεων, εκτός από την αρθρίτιδα και τη νευροπάθεια, συμπεριλαμβανομένης της επικονδυλίτιδας, του χρόνιου πόνου στην πλάτη και τον αυχένα, του πόνου που σχετίζεται με την τενοντοπάθεια των ώμων, τα μυϊκά σημεία πυροδότησης πόνου (trigger points) και την επιβράδυνση του μυϊκού πόνου. Τα αναλγητικά αποτελέσματα γενικά είναι πιο έντονα όταν εφαρμόζεται λέιζερ ή φως στο δέρμα που επικαλύπτει τα εμπλεκόμενα νεύρα ή νεύρα που νευρώνουν την περιοχή του εμπλεκόμενου δερματόμιου. Παρόλο που μερικές μελέτες δεν έχουν βρει σημαντική διαφορά σε υποκειμενικά ή αντικειμενικά θεραπευτικά αποτελέσματα όταν συγκρίνουν τη θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου με εναλλακτικές θεραπείες, δύο μετα-αναλύσεις που δημοσιεύθηκαν το 2004 και το 2010 σχετικά με τις επιδράσεις της θεραπείας με λέιζερ στον πόνο περιγράφουν θετικά αποτελέσματα στους ανθρώπους (Fulop et al., 2010, Enwemeka et al., 2004).

#### 4.6. Σακχαρώδης διαβήτης

Η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser προάγει αποτελεσματικά την επούλωση του τραύματος χωρίς να προκαλέσει εγκαύματα στον παρακείμενο ιστό. Η λειτουργική αρχή, γνωστή ως και φωτοβιοδιέγερση, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη θεραπεία των ελκών στα άτομα με σακχαρώδη διαβήτη και σε κλινήριες ασθενείς. Ορισμένα έλκη, επουλώνονται αργά ή καθόλου σε διαβητικούς ασθενείς ή σε ηλικιωμένους (Yuji, 2001). Ο διαβήτης είναι μια χρόνια μεταβολική διαταραχή. Προκαλείται από απόλυτη ή σχετική ανεπάρκεια ινσουλίνης. Οι μακροχρόνιες επιπλοκές περιλαμβάνουν νευροπάθεια, αμφιβληστροειδοπάθεια, γενικευμένες εκφυλιστικές μεταβολές στα μεγάλα και μικρά αιμοφόρα αγγεία και αυξημένη ευαισθησία σε λοιμώξεις. Η χρήση λέιζερ χαμηλού επιπέδου μπορεί να ξεκινήσει τη διαδικασία επούλωσης. Ακόμη και αν μια πληγή όπως τα έλκη των κάτω άκρων, δεν θα επουλωθούν σε όλες τις περιπτώσεις, η ανακούφιση του πόνου είναι συνήθως άμεση και είναι το σημαντικότερο όφελος.

Η διέγερση της κυκλοφορίας μπορεί να είναι ο πρωταρχικός λόγος που η ανακούφιση του πόνου συμβαίνει μετά την εφαρμογή της χαμηλού επιπέδου θεραπείας με λέιζερ σε χρόνιες πληγές.

Η θεραπεία με λέιζερ αυξάνει τη ροή του αίματος και αυξάνει την τοπική θερμοκρασία και δεν έχει βρεθεί καμία ένδειξη ότι η θεραπεία με λέιζερ θα μπορούσε να επιδεινώσει τα διαβητικά συμπτώματα. Σε γενικές γραμμές, για τη θεραπεία χρόνιου έλκους, θα χρησιμοποιηθεί υψηλότερη δόση όπως 3-4 J / cm<sup>2</sup> σε σημεία κατά μήκος της περιφέρειας του τραύματος, ακολουθούμενη από χαμηλότερη δόση των 0,5 J / cm<sup>2</sup> πάνω από την ανοικτή πληγή. Η ανοικτή πληγή χρειάζεται χαμηλότερη δοσολογία από την καλυμμένη με το δέρμα περιφέρεια καθώς το φως λέιζερ δεν ανακλάται ή διασκορπίζεται, αλλά μάλλον απορροφάται από το δέρμα στο μη προστατευμένο τραύμα διότι πλήττει άμεσα τα ακάλυπτα κύτταρα.

Η θεραπεία με λέιζερ θα πρέπει να συνιστάται ως επιπρόσθετη θεραπεία για τα έλκη του διαβητικού ποδιού. Ωστόσο, δεν έχουν όλα τα αποτελέσματα θετικά αποτελέσματα και μερικές μελέτες δεν υποστηρίζουν ή αντικρούουν τη χρήση της θεραπείας με λέιζερ ως αποτελεσματική θεραπευτική μέθοδο για διαβητικά έλκη (Matic et al., 2003).

Οι διαβητικοί ασθενείς έχουν είκοσι δυο φορές υψηλότερο κίνδυνο μη τραυματικού ακρωτηριασμού του κάτω άκρου, σε σύγκριση με τον μη διαβητικό πληθυσμό και σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ο αριθμός των ασθενών με σακχαρώδη διαβήτη θα διπλασιαστεί σε 250 εκατομμύρια μέχρι το έτος 2050.

Έχουν γίνει προσπάθειες για τη χρήση λέιζερ ηλίου, CO<sub>2</sub> και KTP για την επούλωση των διαβητικών ελκών. Τα αποτελέσματα ήταν αβέβαια, έτσι ώστε να απαιτηθεί περαιτέρω έρευνα για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της βιοδιεγέρσεως στην επούλωση.

Η ακτινοβολία λέιζερ χαμηλής ισχύος στα 830 nm ενίσχυσε σημαντικά την αντοχή εφελκυσμού στον τραυματισμό σε ένα διαβητικό μοντέλο ποντικού. Σε μια μελέτη, χρησιμοποίησαν διαβητικούς ποντικούς για να συγκρίνουν την επίδραση του βασικού αυξητικού παράγοντα ινοβλαστών, της ακτινοβολίας λέιζερ στα 660 nm και του συνδυασμού αυξητικού παράγοντα και θεραπείας με λέιζερ (Pessoa et al., 2004). Η επούλωση του τραύματος ενισχύθηκε σημαντικά μόνο με τη θεραπεία φωτός ή πιο αποτελεσματικά σε συνδυασμό με την τοπική εφαρμογή του βασικού αυξητικού παράγοντα ινοβλαστών.

Ωστόσο, ο ακριβής μηχανισμός με τον οποίο η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με λέιζερ διευκολύνει την επούλωση τραυμάτων είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστη και χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση του μηχανισμού της στην επούλωση των πρωτογενών ελκών (Pessoa et al., 2004).

## 4.6.Αντενδείξεις

### 4.6.1.Απόλυτη αντένδειξη

Η μοναδική απόλυτη αντένδειξη για τη θεραπεία με τη χρήση χαμηλού επιπέδου laser, είναι η άμεση ή ανακλώμενη έκθεση μέσω της κόρης του οφθαλμού στον αμφιβληστροειδή. Οι κίνδυνοι που ενυπάρχουν στην αλληλεπίδραση λέιζερ με τις οφθαλμικές δομές αποτελούν την ιστορική βάση για τις ταξινομήσεις λέιζερ. Οι οφθαλμοί θα πρέπει να προστατεύονται με τη χρήση ειδικών γυαλιών ασφαλείας. Δεν πρέπει να επιτρέπεται στον ασθενή να εστιάζει την προσοχή του στην πάσχουσα περιοχή κατά τη διάρκεια της θεραπείας.

## 4.7.Ειδικές συνθήκες

Ιστορικά, η έλλειψη γνώσης κατέληξε σε έναν μακρύ κατάλογο συνθηκών που θεωρούνταν αντενδείξεις στη θεραπεία με λέιζερ. Η αυξημένη γνώση των μηχανισμών, αυξάνει την κατανόηση ότι οι περισσότερες από αυτές τις συνθήκες δεν είναι απόλυτες αντενδείξεις. Αντίθετα, μερικές είναι οι προϋποθέσεις που αξίζουν ιδιαίτερη προσοχή πριν από τη θεραπεία. Οι καταστάσεις για τις οποίες ο κίνδυνος της θεραπείας με laser, ή ο αντιληπτός κίνδυνος, υπερτερεί του οφέλους, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αποκλείονται οι ασθενείς από αυτού του είδους τη θεραπευτική προσέγγιση.

#### 4.7.1. Τοπικά ενέσιμα φάρμακα

Η θεραπεία με λέιζερ δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε τοπικά σημεία εμβολίου ή φαρμάκων μέχρι να περάσει αρκετός χρόνος για να απορροφηθεί και να μεταφερθεί από την περιοχή η ενέσιμη ουσία. Η αγγειοδιαστολή που προκαλείται από λέιζερ μπορεί να μεταβάλλει φαρμακολογικά τις ιδανικές ταχύτητες απορρόφησης και μετατόπισης και δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με το πώς διάφορα μήκη κύματος φωτός μπορεί να αλληλεπιδράσουν με τα συστατικά του εμβολίου ή με τα φάρμακα.

#### 4.7.2. Κακοήθειες

Ένας σημαντικός αριθμός αντιφατικών δεδομένων υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της θεραπείας με λέιζερ σε κακοήθειες ιστούς. Τα περισσότερα δεδομένα προέρχονται από *in vitro* μελέτες. Χρησιμοποιώντας διάφορα μήκη κύματος και παραμέτρους, έχει αποδειχθεί ότι η εφαρμογή λέιζερ προκαλεί αυξημένο πολλαπλασιασμό σε ανθρώπινα λευχαιμικά κύτταρα (Dastanpour et al., 2015) και αυξημένο πολλαπλασιασμό και διήθηση από ακανθοκυτταρικό καρκίνωμα (Gomes et al., 2014). Η εφαρμογή λέιζερ δεν έχει σημαντική επίδραση στο αδενοκαρκίνωμα του μαστού (Cialdai et al., 2015) και έχει επιλεκτική κυτταροτοξική επίδραση στα στοματικά καρκινικά κύτταρα (Liang et al., 2015). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί σε χειρουργημένη περιοχή από την οποία έχει αφαιρεθεί κακοήθεια και έχουν ληφθεί ιστικά δείγματα για ιστολογική εξέταση.

#### 4.7.3. Εγκυμοσύνη

Η εφαρμογή θεραπείας με laser σε εγκύους, αναφέρεται πάντα στις αντενδείξεις. Έλλειψη γνώσης υπάρχει στον τομέα αυτό για την επίδραση του laser στο έμβρυο. Τα ορατά φωτόνια ή τα υπέρυθρα αυτά μήκη κύματος στερούνται οποιουδήποτε μεταλλαξιογόνου ή τερατογόνου αποτελέσματος. Περαιτέρω, το έμβρυο προστατεύεται καλά από την έκθεση σε φωτόνια, περιβαλλόμενο από ένα σημαντικό πάχος ιστών πλούσιο σε χρωμοφόρα που απορροφούν πιο εύκολα τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται. Επίσης αναφέρεται ότι τα ρούχα αντανακλούν, διασκορπίζουν και απορροφούν ορατά και υπέρυθρα φωτόνια, μειώνοντας σημαντικά τον αριθμό

που φθάνει στο υποκείμενο δέρμα. Έτσι, τα ρούχα δίνουν ένα επιπλέον στρώμα που εμποδίζει τα φωτόνια να φθάσουν στο έμβρυο (Tuner and Hode, 2010).

## 4.8. Προφυλάξεις

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο κίνδυνος ή ο αντιληπτός κίνδυνος από την εφαρμογή θεραπείας με laser, αντισταθμίζεται σημαντικά από τα οφέλη της θεραπείας. Οι συνθήκες αυτές απαιτούν προφυλάξεις.

### 4.8.1. Επιφύσεις

Οι επιφύσεις κατατάσσονται στις αντενδείξεις της εφαρμογής θεραπείας με laser, διότι πρόκειται για περιοχές ταχείας ανάπτυξης με ταχέως κυτταρική διαίρεση. Ο λόγος είναι ότι αν ο μεταβολικός ρυθμός αυξάνεται με τη θεραπεία με λέιζερ και η οστεογένεση διεγείρεται, τότε μπορεί να εμφανιστεί πρόωρο κλείσιμο ή ασύγχρονη ανάπτυξη οστού. Δείγματα μελετών αποδεικνύουν ότι το φως λέιζερ έχει διεγερτική επίδραση στην οστεογένεση (Jawad et al., 2013, Son et al., 2012). Ωστόσο, υπάρχει σύγχυση σχετικά με την επίδραση της θεραπείας με λέιζερ στις επιφύσεις. Οι μελέτες έχουν δείξει διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το μήκος κύματος και τις διαφορετικές παραμέτρους θεραπείας στα ζώα. Παρόλο που παρατηρούνται συστηματικές επιδράσεις με τη θεραπεία με λέιζερ, οι μελέτες σε ζώα δείχνουν ότι ενώ υπάρχει τοπική βιοδιεγερτική επίδραση στα οστά στην περιοχή που υποβάλλεται σε θεραπεία, η επίδραση δεν παρατηρείται μακριά από την περιοχή που εφαρμόζεται η θεραπεία (Batista et al., 2015).

### 4.8.2. Αιμορραγία

Έχει αποδειχθεί σαφώς, χρησιμοποιώντας ποικίλα μήκη κύματος, πυκνότητες ενέργειας και τρόπους χορήγησης, ότι η θεραπεία με λέιζερ προκαλεί παροδική αγγειοδιαστολή. Δεδομένου ότι οποιαδήποτε επαγόμενη αγγειοδιαστολή είναι ανεπιθύμητη κατά τη διάρκεια ενεργού αιμορραγίας, η θεραπεία με λέιζερ δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε ιστούς που αιμορραγούν. Αυτή η προφύλαξη δεν ισχύει για ιστούς στους οποίους δεν υπάρχει πλέον ενεργός

αιμορραγία. Δεν υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν ότι η θεραπεία με λέιζερ θα ενεργοποιήσει εκ νέου την αιμορραγία (Chung et al., 2012, Larkin et al., 2012, Maegawa κ.ά., 2000).

#### 4.8.3. Όρχεις

Αν και η εφαρμογή της θεραπείας με λέιζερ στους όρχεις έχει αναφερθεί ως πιθανή αντένδειξη σε ορισμένες βιβλιογραφικές πηγές, η θεραπεία στην περιοχή των όρχεων και του ορχικού δέρματος πρέπει να θεωρείται ασφαλής. Τα μήκη κύματος του φωτός που χρησιμοποιούνται για την κτηνιατρική θεραπεία με λέιζερ δεν είναι μεταλλαξιογόνα. Οι μελέτες *in vitro* έχουν δείξει αυξημένη κινητικότητα στο ανθρώπινο σπέρμα μετά από ακτινοβολία με φως λέιζερ 830 και 905nm (Firestone et al., 2012, Salman et al., 2014). Σε μια *in vivo* μελέτη που χρησιμοποιεί ένα ζωικό μοντέλο, μια σωρευτική δόση περίπου 28J / cm<sup>2</sup> φως λέιζερ 830nm σε διάστημα 15 ημερών είχε ως αποτέλεσμα αυξημένη σπερματογένεση, ενώ μια σωρευτική δόση περίπου 47J / cm<sup>2</sup> στον ίδιο χρόνο είχε καταστρεπτική επίδραση στα σπερματοζώαρια (Taha and Valojerdi, 2004). Αυτές οι μελέτες υποδεικνύουν ότι οι κανονικά συνιστώμενες δόσεις φωτοθεραπείας με λέιζερ που εφαρμόζονται στο δέρμα του όσχεου ή στους ιστούς γύρω από τους όρχεις, θα προκαλέσουν, στη χειρότερη περίπτωση, αύξηση της σπερματογένεσης και της κινητικότητας του σπέρματος. Επίσης, προτείνουν ότι υπερβολικά υψηλές δόσεις δεν πρέπει να εφαρμόζονται απευθείας στον όρχι.

#### 4.8.4. Θυρεοειδής αδέννας

Οι πρώτες μελέτες σε ζώα σχετικά με την επίδραση της ακτινοβολίας λέιζερ του θυρεοειδούς αδέννα κατέδειξαν αυξημένη μιτωτική δραστηριότητα των θυλακικών κυττάρων και αλλαγές στο παρέγχυμα του θυρεοειδούς (Parrado et al., 1990, 1999). Χρησιμοποιώντας το φως λέιζερ 904nm, αυτές οι μελέτες απέδωσαν αθροιστικές δόσεις μέχρι 140J / cm<sup>2</sup> σε 10 συνεδρίες. Αναφορές όπως αυτές υποδηλώνουν ότι η εφαρμογή με λέιζερ θεραπεία στον θυρεοειδή αδέννα θα πρέπει να αντενδείκνυται. Οι μεταγενέστερες μελέτες έδειξαν ότι οι χαμηλότερες συνολικές δόσεις, που παρέχονται με λιγότερες εφαρμογές, δεν έχουν ως αποτέλεσμα ιστολογικές αλλαγές στο παρέγχυμα του θυρεοειδούς. Τρεις καθημερινές εφαρμογές φωτός λέιζερ 780nm στα 4J / cm<sup>2</sup> δεν προκάλεσαν μορφολογική αλλοίωση στους θυρεοειδείς αδένες των ποντικών (Azevedo

et al., 2005). Αυτή η μελέτη έδειξε επίσης ότι η ακτινοβολία του θυρεοειδούς έχει διεγερτική δράση στα επίπεδα της θυρεοειδικής ορμόνης. Ακόμα πιο πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν ότι η θεραπεία με λέιζερ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χρόνια αυτοάνοση θυρεοειδίτιδα στους ανθρώπους, μειώνοντας την εξάρτηση από τη φαρμακευτική αγωγή (Höfling et al., 2010, 2013) .

## 4.9. Ψευδείς αντενδείξεις

Συνθήκες που θεωρήθηκαν κάποτε αντενδείξεις για θεραπεία με λέιζερ που έχουν σαφώς διαψευσθεί είναι ψευδείς αντενδείξεις.

### 4.9.1. Υπερπηκτικότητα και τατουάζ

Η αυξημένη παρουσία χρωστικών ουσιών με τη μορφή μελανίνης ή χρωστικής τατουάζ δεν αποτελεί αντένδειξη για τη θεραπεία με λέιζερ. Οι αυξανόμενες χρωστικές θα οδηγήσουν σε μεγαλύτερη απορρόφηση φωτονίων, επομένως όταν αυξηθούν οι χρωστικές ουσίες, οι παράμετροι θεραπείας πρέπει να προσαρμοστούν αναλόγως. Οι ασθενείς με σκουρόχρωμα δέρματα και τρίχες πρέπει να αντιμετωπίζονται με μεγαλύτερο μήκος κύματος στο θεραπευτικό φάσμα όταν είναι δυνατόν , και οι συνθήκες συνολικής δόσης θα πρέπει να αυξηθούν για να διασφαλιστεί η σωστή δοσολογία των εν τω βάθει ιστών.

### 4.9.2. Εμφυτεύματα

Τα μήκη κύματος λέιζερ θεραπείας δεν έχουν επιβλαβή επίδραση σε μεταλλικά ή συνθετικά εμφυτεύματα. Η χαμηλού επιπέδου θεραπεία με laser έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την υγεία του μαλακού ιστού γύρω από τα εμφυτεύματα. Δεδομένου ότι η επιτυχία των εμφυτευμάτων εξαρτάται από την υγεία του περιβάλλοντος μαλακού ιστού, η θεραπεία με λέιζερ μπορεί να βελτιώσει τις πιθανότητες επιτυχίας της εμφύτευσης. Η παρουσία ενός ανακλαστικού μεταλλικού εμφυτεύματος αλλάζει τις συνιστώμενες παραμέτρους θεραπείας όταν το εμφύτευμα καλύπτεται μόνο από ένα λεπτό στρώμα ιστού. Δεδομένου ότι το εμφύτευμα θα αντικατοπτρίζει

τα φωτόνια πίσω στον επικαλυπτόμενο ιστό, θα πρέπει να μειωθεί οποιαδήποτε δόση που χορηγείται στον επικαλυπτόμενο ιστό (Aoki et al., 2015, Tang and Arany, 2013).

#### 4.9.3.Μικροβιακή λοίμωξη

In vitro, μερικά μήκη κύματος φωτός έχουν αποδειχθεί ότι διεγείρουν την ανάπτυξη καλλιεργειών ορισμένων βακτηριακών ειδών και ότι αναστέλλουν άλλους (Nussbaum et al., 2003). Το γεγονός αυτό αποτελεί αντένδειξη για τη θεραπεία με λέιζερ. Αντιθέτως, άλλες μελέτες υποδεικνύουν ότι η θεραπεία με λέιζερ, όταν εφαρμόζεται in vivo, έχει ποικιλία ανοσο-διεγερτικών αποκρίσεων που βοηθούν στην υπερνίκηση μικροβιακής λοίμωξης. Μια μελέτη σε ανθρώπους, έδειξε τα θετικά μυκητοκτόνα αποτελέσματα του φωτός λέιζερ 830nm στη στοματίτιδα (Maver-Biscanin et al., 2004).

#### 4.9.4.Φωτοευαισθητοποιά φάρμακα

Πολύαριθμα φάρμακα αναφέρονται ως φωτοευαισθητοποιά. Η φωτοευαισθησία εμφανίζεται όταν μια χημική ουσία σε ένα φάρμακο φωτοενεργοποιείται από το φως και εμφανίζεται μια δερματική εκδήλωση. Το 2014, διενεργήθηκε μια ανασκόπηση για τις ανεπιθύμητες ενέργειες από τη θεραπεία με λέιζερ σε ασθενείς που λάμβαναν αγωγή με φάρμακο φωτοευαισθητοποίησης. Μόνο τέσσερις δημοσιεύσεις συνέδεαν τον όρο αναζήτησης «θεραπεία με laser» με πολλαπλούς όρους για φωτοευαίσθητες αντιδράσεις. Δεν αναφέρθηκαν ανεπιθύμητες ενέργειες (Kerstein et al., 2014).



## 5. Παρουσίαση προβλήματος

Η χρήση των συσκευών Laser τα τελευταία έτη είναι ευρέως αποδεκτή για τη θεραπεία ποικίλων ιατρικών καταστάσεων που απαιτούν την επούλωση ιστών, την ανακούφιση από τον πόνο, τη μείωση της φλεγμονής, την πρόληψη καταστροφής των κυττάρων και της βλάβης των ιστών.

Η συστηματική χρήση των συσκευών laser από τους φυσικοθεραπευτές και τους βοηθούς τους, επιβάλλει τον καθορισμό οδηγιών προστασίας από τις αρνητικές επιπτώσεις της ακτινοβολίας στην υγεία. Η βασική ιδέα της παρούσας μελέτης είναι η σχέση των Φυσικοθεραπευτών και των βοηθών τους με την ασφαλή χρήση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και ειδικότερα με τις συσκευές laser.

Απόρροια τούτου είναι η πρόληψη, η οποία μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω της χρήσης προστατευτικών μέσων, είτε με τη συντήρηση και τη ορθολογική χρήση των συσκευών, προκειμένου να αποτραπεί κάποια βλάβη κατά τη λειτουργία τους, είτε με την κατάκτηση γνώσεων που αφορούν θέματα ακτινοπροστασίας.

Συγκεκριμένα ο σκοπός της παρούσας μελέτης γεννήθηκε μέσα από παρατηρήσεις με βασικό γνώμονα τη σημαντική εξέλιξη των συσκευών laser στη χώρα μας, τη συνεχώς αυξανόμενη εφαρμογή τους από πλήθος θεραπειών και την αυξανόμενη ανταπόκριση των πασχόντων προς τη μέθοδο αυτή αλλά και την αποτελεσματικότητά της. Επομένως σκοπός της έρευνας ήταν να διευκρινιστεί αν οι χρήστες των συσκευών laser, εφαρμόζουν τις ισχύουσες κατευθυντήριες οδηγίες, αν φροντίζουν για την εύρυθμη λειτουργία τους και αν ακολουθούν τα πρωτόκολλα ασφαλείας τους.

Τα ερευνητικά ερωτήματα για την παρούσα μελέτη ήταν τα εξής:

1. Υπάρχει επαρκής γνώση των φυσικοθεραπευτών στον τρόπο χρήσης των συσκευών laser;
2. Υπάρχει επαρκής γνώση των φυσικοθεραπευτών για θέματα τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης των συσκευών laser;
3. Υπάρχει επαρκής γνώση των φυσικοθεραπευτών για την ασφάλεια τους από τη χρήση των συσκευών laser;

Η ερευνητική υπόθεση της παρούσας μελέτης ήταν αν οι φυσικοθεραπευτές και οι βοηθοί τους που κάνουν συστηματική χρήση των συσκευών laser, υστερούν ως προς την τεχνογνωσία ελέγχου και συντήρησης της λειτουργίας των συσκευών.

Προκειμένου να προβούμε στην αξιολόγηση των λειτουργικών επιπέδων των συσκευών laser, χρησιμοποιήσαμε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο παραχωρήθηκε από το Εργαστήριο Φυσικής και Υπολογιστικής Νοημοσύνης του ΑΕΙ Δυτικής Ελλάδας και αφορά στον ποιοτικό έλεγχο των συσκευών laser.

Το ερωτηματολόγιο απαρτίζεται από ερωτήσεις κλειστού τύπου, οι οποίες αφορούν τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι φυσικοθεραπευτές και οι βοηθοί τους κατά τη χρήση του εξοπλισμού των συσκευών laser, τη συντήρησή και την απόκτηση γνώσης σχετικά με τα τεχνικά πρότυπα του εξοπλισμού. Επιπρόσθετα, το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε κλιμακωτές ερωτήσεις με μια μόνο απόκριση από μια σειρά πολλαπλών επιλογών, που σχετίζονταν με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στη μελέτη όπως η ηλικία, το φύλο, τα έτη επαγγελματικής εμπειρίας, τις συσκευές laser και τις παρεχόμενες υπηρεσίες στους πελάτες.

Η έρευνα διεξήχθη σε φυσικοθεραπευτήρια και κέντρα αποκατάστασης στην περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, τα οποία διέθεταν συσκευές laser. Προηγήθηκε ενημέρωση των φυσικοθεραπευτών και των βοηθών τους για το σκοπό της επίσκεψής μου στα φυσικοθεραπευτήρια και κέντρα αποκατάστασης τους και στη συνέχεια διαμοιράστηκαν 200 ερωτηματολόγια, τα οποία συμφώνησαν να συμπληρώσουν. Επίσης, έγινε διαβεβαίωση της τήρησης της ανωνυμίας και του απορρήτου.

Από τα 200 ερωτηματολόγια απαντήθηκαν τα 151. Τα υπόλοιπα 49 δεν συμπληρώθηκαν λόγω του ότι οι ερωτηθέντες δεν επιθυμούσαν να συμμετάσχουν στην έρευνα. Από τα 151 ερωτηματολόγια που συλλέχθηκαν, τα 10 συμπληρώθηκαν τηλεφωνικώς κατόπιν συνεννοήσεως, αφού οι συμμετέχοντες λόγω αυξημένου φόρτου εργασίας δεν μπορούσαν να συμπληρώσουν κατά την ώρα της επίσκεψής μου στο φυσικοθεραπευτήριο τους.

Η αξιολόγηση διήρκεσε περίπου 5-10 λεπτά, εκτός των περιπτώσεων που υπήρξε κάποια απορία πάνω στις ερωτήσεις, όπου στην περίπτωση αυτή η αξιολόγηση διήρκεσε λίγα λεπτά παραπάνω.

## ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## Εισαγωγή

Η φυσικοθεραπεία έχει ως στόχο την ανακούφιση από τον πόνο, την αντιμετώπιση της δυσμορφίας, την αύξηση του εύρους κίνησης, την μυϊκή αντοχή, την αποκατάσταση τραυματισμών, την βελτίωση της φυσικής κατάστασης και της υγείας. Η χρήση του laser ως φυσικό μέσο αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι της φυσικοθεραπείας. Το laser είναι η συσκευή μέσω της οποίας ενισχύεται ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα έτσι ώστε να παράγεται μια λεπτή δέσμη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με χαρακτηριστικές ιδιότητες. Η ακτινοβολία συνεπώς δεν έχει μόνο κυματική φύση αλλά ταυτόχρονα συμπεριφέρεται σαν ρεύμα σωματιδίων. Οι δυο βασικές χρήσεις του laser είναι για την επούλωση των ιστών και τον έλεγχο του πόνου όπως είναι οι μυϊκές ρήξεις, τα αιματώματα και οι τενοντοπάθειες. Η επούλωση των ιστών είναι ή σημαντικότερη επίδραση του laser αφού υπάρχουν συστηματικές ανασκοπήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα του, αντιμετωπίζει επίσης αρθρικές καταστάσεις, μυοσκελετικές διαταραχές καθώς και την εξομάλυνση άλγους. Η παρέμβαση αυτή είναι νέα και εξίσου αποτελεσματική μέθοδος στον τομέα της υγείας. Οι μελέτες σε ανθρώπους έχουν επικεντρώσει κυρίως σε φυσιολογικές και υποαλγητικές επιδράσεις στην ακτινοβολία με laser τόσο σε ελεγχόμενες όσο και σε ολοκληρωμένες μελέτες, σε επούλωση πληγών σε αρθρικές καταστάσεις, μυοσκελετικές διαταραχές, και γενικά σε νευροπαθητικό - νευρογενή όσο σε αρθρογενή πόνο και αρθρίτιδες. Η απορρόφηση λαμβάνει χώρα όταν ένα φωτόνιο αλληλεπιδρά με ένα άτομο ή μόριο που η διαφορά της ενέργειας των ζωνών ισούται ακριβώς με την ενέργεια που μεταφέρεται από το φωτόνιο, όπου η απορρόφηση εξαρτάται από το μήκος κύματος και για να παραχθεί αυτή η εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας βασισμένη σε 3 απαραίτητα στοιχεία: το μέσο, την κοιλότητα αντήχησης και την πηγή ισχύος. Η ακτινοβολία που παράγεται από τις συσκευές του laser διαφέρει σε 3 σημεία από άλλες παρόμοιες πηγές :

- i. μονοχρωματικότητα, δηλαδή η εκπεμπόμενη ακτινοβολία από τη συσκευή είναι περίξ ενός συγκεκριμένου μήκους με στενό εύρος ζώνης.
- ii. κατευθυντικότητα, οι ακτίνες από την συσκευή είναι στην πράξη παράλληλες χωρίς να υπάρχει σχεδόν καθόλου απόκλιση της ακτινοβολίας με την απόσταση.

iii. συνοχή με τις 2 παραπάνω ιδιότητες οι κορυφές και τα βάθη των εκπεμπόμενων φωτεινών κυμάτων συμβαδίζουν απόλυτα στον χρόνο και τον χώρο, έχουν δηλαδή χρονική και χωρική συνοχή. Σύμφωνα με ένα διεθνώς συμφωνημένο σύστημα κατάταξης (θεωρήθηκε το 2002) οι συσκευές laser κατατάσσονται σε μία κλίμακα από 1-4 σύμφωνα με τους συνοδούς κινδύνους για το απροστάτευτο δέρμα και τους οφθαλμούς. Η πλειονότητα των συστημάτων που χρησιμοποιούνται στη φυσικοθεραπεία (3R ή 3B) αν και μπορεί να θεωρηθεί ακίνδυνη όταν κατευθύνεται σε απροστάτευτο δέρμα, αποτελεί κίνδυνο για τον οφθαλμό αν έχει άμεση επαφή. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται αποκλειστικά στον ανάλογα διαμορφωμένο για τον σκοπό αυτό χώρο. Εκτός από την άμεση εφαρμογή στον οφθαλμό αντενδείκνυται σε αρκετές περιπτώσεις όπως σε ασθενείς με ενεργό ή πιθανό καρκίνωμα σε έγκυο, σε γεννητικά όργανα, σε αιμορραγικές περιοχές λόγω πιθανότητας αγγειοδιαστολής σε μολυσμένο ιστό, σε ασθενείς με καρδιοπάθειες, σε φωτοευαίσθητες περιοχές, σε επιληψίες, σε μεταβολή αισθητικότητας στο δέρμα.

## Σκοπός έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει:

- Την γνώση των επαγγελματιών υγείας όσον αφορά την χρήση του laser
- Την άποψη τους όσο αφορά τα θέματα σε επίπεδο ασφαλούς χρήσης των συσκευών.
- Γραπτά πρωτόκολλα στο χώρο της υγείας που αφορούν την ασφάλειά τους .
- Η γνώση περί των κινδύνων από τη χρήση του laser

Πιο συγκεκριμένα θα διαπιστωθεί αν υπάρχει ενημέρωση σχετικά με την ύπαρξη σχετικών πρωτοκόλλων εργασίας και την προστασία από την ακτινοβολία, αν διαθέτουν γραπτά πρωτόκολλα για την χρήση του laser και αν τηρούν ημερολόγια βλαβών ελέγχου του laser.

## Μεθοδολογία έρευνας

### Υλικό

Περιλαμβάνει φυσικοθεραπευτήρια και κέντρα αποκατάστασης στην περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, με διεξαγωγή από τον Απρίλιο 2019 έως Σεπτέμβριο 2019. Δείγμα συμμετεχόντων επίσκεψη και επικοινωνία σε φυσικοθεραπευτήρια που διαθέτουν συσκευές μη ιονίζουσας ακτινοβολίας laser όπου θα συμμετέχουν στην έρευνα. Το δείγμα αυτό θα χρησιμοποιήσει με σκοπό την αναγνώριση της πραγματικότητας και την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων όσον αφορά την αξιολόγηση της λειτουργικότητας των συσκευών laser.

### Εργαλεία

Θα χρησιμοποιηθεί σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο που θα παρέχεται από το εργαστήριο Υγιοφυσικής και Υπολογιστικής Νοσημοσύνης με στόχο την καταγραφή και την συλλογή των απαντήσεων σε θέματα χρήσης και λειτουργίας από συσκευές laser. Σε φυσικοθεραπευτήρια και νοσοκομεία θα δοθούν τα ερωτηματολόγια της έρευνας. Με ενημερωτικά φυλλάδια συναίνεσης για τον σκοπό της έρευνας προς τους φυσικοθεραπευτές για την κατανόηση τους με την κατάθεση πρωτόκολλου με έγκριση από την επιτροπή βιοηθικής.

### Ηθικά θέματα

Για την καλύτερη διεξαγωγή της έρευνας αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο και θα τηρηθεί η χρήση του απορρήτου, σε οποιαδήποτε επικοινωνία μας.

### Στατιστική ανάλυση

Το υλικό από την έρευνα που θα διεξαχθεί θα γίνει γνωστό μέσω των προγραμμάτων στατιστικής ανάλυσης Microsoft Excel και SPSS.

Αφού συγκεντρώθηκαν τα ερωτηματολόγια με τις απαντήσεις του δείγματος, τα δεδομένα τους καταχωρήθηκαν σε βάση του στατιστικού λογισμικού SPSS 18.

Κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου αποτελεί μια **μεταβλητή κατηγορική** (π.χ. φύλο) ή **διατακτική** (π.χ. αριθμός ασθενών που θεραπεύονται με laser). Και για τα δύο είδη μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν παρόμοιες στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης:

- **Περιγραφική στατιστική ανάλυση:** Πίνακες συχνοτήτων-ποσοστών, ραβδογράμματα, γραφήματα πίτας.
- **Επαγωγική στατιστική ανάλυση:** Το Chi-Square test ή εναλλακτικά το τεστ Linear-by-linear Association (σε περίπτωση που οι προϋποθέσεις του  $\chi^2$  τεστ δεν ικανοποιούνται), για να διαπιστωθούν πιθανές επιρροές των δημογραφικών χαρακτηριστικών στις υπό μελέτη μεταβλητές.

Το επίπεδο σημαντικότητας για όλα τα στατιστικά τεστ είναι  $\alpha=5\%$ .

## Αποτελέσματα

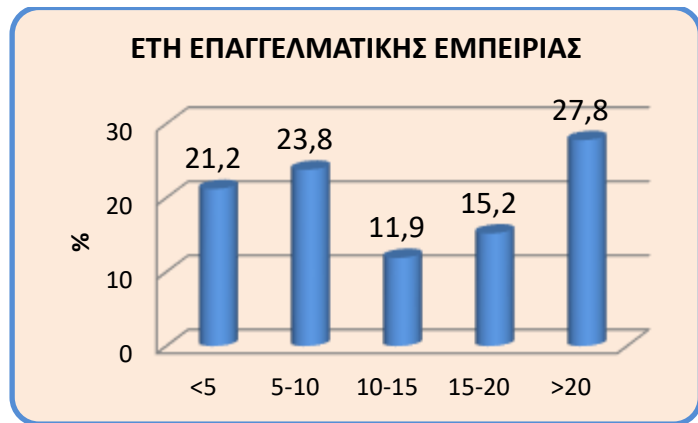
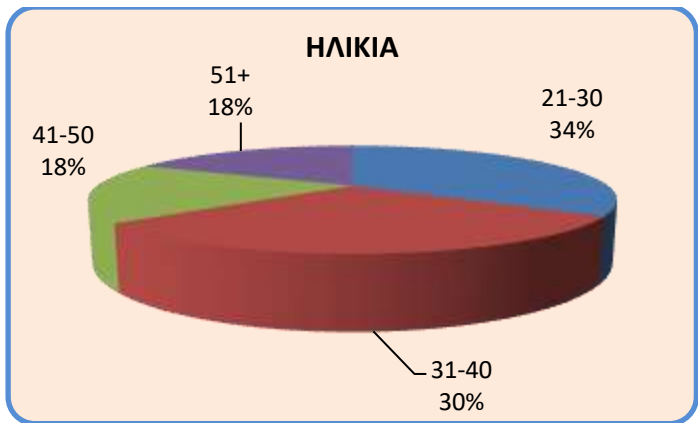
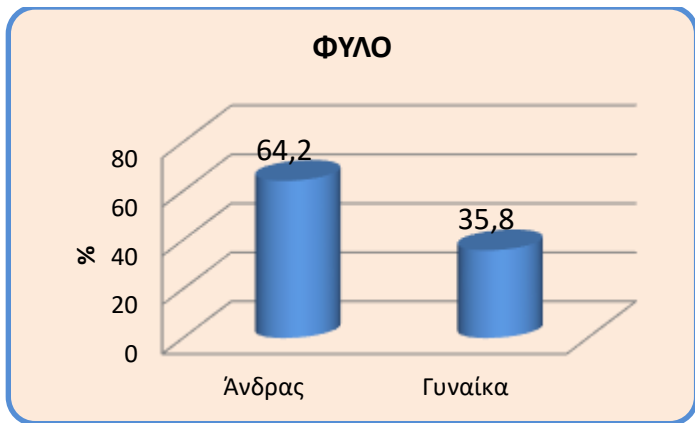
### 1. Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Πίνακας 1. Δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος (N=151)

		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (N)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
ΦΥΛΟ	<i>Άνδρας</i>	97	64,2
	<i>Γυναίκα</i>	54	35,8
ΗΛΙΚΙΑ	<i>21-30</i>	51	33,8
	<i>31-40</i>	46	30,5
	<i>41-50</i>	27	17,9
	<i>51+</i>	27	17,9
ΕΤΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ	<i>&lt;5</i>	32	21,2
	<i>5-10</i>	36	23,8
	<i>10-15</i>	18	11,9
	<i>15-20</i>	23	15,2
	<i>&gt;20</i>	42	27,8

Η πλειονότητα των ερωτωμένων είναι άνδρες (64,2%), αλλά υπάρχει και πολύ σημαντική συμμετοχή γυναικών (35,8%). Οι περισσότεροι συμμετέχοντες (64,3%) είναι 21-40 ετών και τα έτη επαγγελματικής εμπειρίας ποικίλουν.





**Διάγραμμα 1. Δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος (N=151)**

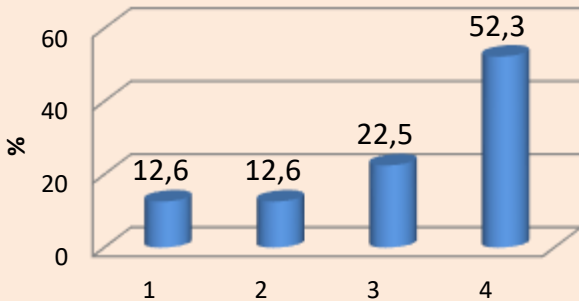
## 1. ΕΚΤΑΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ LASER

Πίνακας 2. Στοιχεία για την έκταση της χρήσης συσκευών Laser (N=151)

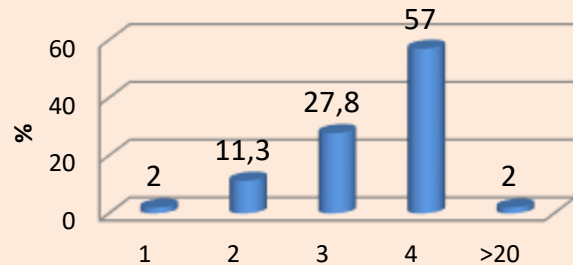
		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (N)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
	<b>1</b>	19	12,6
Πόσες συσκευές Laser περιλαμβάνει ο χώρος που χρησιμοποιείτε για τους ασθενείς σας;	<b>2</b>	19	12,6
	<b>3</b>	34	22,5
	<b>4</b>	79	52,3
Πόσοι επαγγελματίες υγείας / χρήστες συσκευών Laser απασχολούνται στο χώρο του φυσιοθεραπευτηρίου, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού σας;	<b>1</b>	3	2,0
	<b>2</b>	17	11,3
	<b>3</b>	42	27,8
	<b>4</b>	86	57,0
	<i>Παραπάνω από 20</i>	3	2,0
Πόσους ασθενείς θεραπεύετε (με χρήση συσκευών Laser) ημερησίως;	<b>0-5</b>	4	2,6
	<b>6-10</b>	17	11,3
	<b>11-15</b>	62	41,1
	<i>Παραπάνω από 20</i>	68	45,0
Πόσους ασθενείς θεραπεύετε (με χρήση Laser) μηνιαίως;	<b>0-10</b>	3	2,0
	<b>11-20</b>	12	7,9
	<b>21-30</b>	41	27,2
	<i>Παραπάνω από 30</i>	95	62,9

Από όλες τις σχετικές ερωτήσεις, προκύπτει ότι οι συμμετέχοντες στο δείγμα κάνουν μεγάλη χρήση συσκευών laser στο φυσικοθεραπευτήριό τους. Η πλειονότητά τους διαθέτει 4 συσκευές laser, ενώ 1 ή 2 συσκευές διαθέτει μόνο το 25,2%. Τα περισσότερα φυσικοθεραπευτήρια του δείγματος (57,0%) απασχολούν 4 χρήστες των εν λόγω συσκευών, ενώ πολλοί ασθενείς που προσέρχονται ημερησίως ή μηνιαίως λαμβάνουν θεραπεία με χρήση laser.

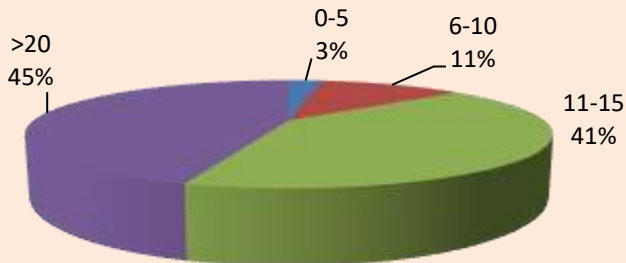
Πόσες συσκευές Laser περιλαμβάνει ο χώρος που χρησιμοποιείτε για τους ασθενείς σας;



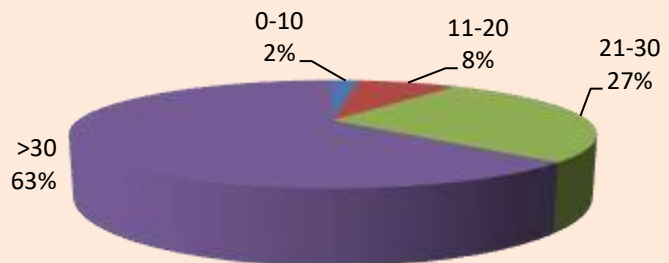
Πόσοι επαγγελματίες υγείας / χρήστες συσκευών Laser απασχολούνται στο χώρο του φυσιοθεραπευτηρίου, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού σας;



Πόσους ασθενείς θεραπεύετε (με χρήση συσκευών Laser) ημερησίως;



Πόσους ασθενείς θεραπεύετε (με χρήση Laser) μηνιαίως;



Διάγραμμα 2. Στοιχεία για την έκταση της χρήσης συσκευών Laser (N=151)

Προκειμένου να εντοπίσουμε πιθανές επιρροές των δημογραφικών χαρακτηριστικών στην έκταση της χρήσης συσκευών laser, εκτελέσαμε το Chi-Square test ή εναλλακτικά το τεστ Linear-by-linear Association (σε περίπτωση που οι προϋποθέσεις του  $\chi^2$  τεστ δεν ικανοποιούνται). Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται μόνο οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις.

Πίνακας 3 . Στοιχεία για την έκταση της χρήσης συσκευών Laser ανά φύλο

		ΦΥΛΟ		
		Άνδρας (N=97)	Γυναίκα (N=54)	Σημαντικότητα Διαφοράς <sup>1</sup>
	<b>1</b>	12,4	13,0	
Πόσες συσκευές Laser περιλαμβάνει ο χώρος που χρησιμοποιείτε για τους ασθενείς σας;	<b>2</b>	10,3	16,7	0,026*
	<b>3</b>	16,5	33,3	
	<b>4</b>	60,8	37,0	
		100,0	100,0	
Πόσοι επαγγελματίες υγείας / χρήστες συσκευών Laser απασχολούνται στο χώρο του φυσιοθεραπευτηρίου, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού σας;	<b>1</b>	2,1	1,9	0,039*
	<b>2</b>	6,2	20,4	
	<b>3</b>	27,8	27,8	
	<b>4</b>	61,9	48,1	
	<b>&gt;20</b>	2,1	1,9	
		100,0	100,0	
Πόσους ασθενείς θεραπεύετε (με χρήση συσκευών Laser) ημερησίως;	<b>0-5</b>	2,1	3,7	0,022*
	<b>6-10</b>	8,2	16,7	
	<b>11-15</b>	38,1	46,3	
	<b>Παραπάνω από 20</b>	51,5	33,3	
		100,0	100,0	

<sup>1</sup> Pearson Chi-Square Test ή Linear-by-Linear Association

Παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των ανδρών ερωτώμενων χρησιμοποιούν στο φυσιοθεραπευτήριό τους 4 μηχανήματα, ενώ οι γυναίκες χρησιμοποιούν λιγότερα (p=0.026).

Παρομοίως, το 64% των ανδρών που συμμετείχαν στην έρευνα (έναντι 50% των γυναικών) απασχολούν περισσότερους από τέσσερις επαγγελματίες υγείας / χρήστες συσκευών Laser ( $p=0.039$ ), ενώ οι άνδρες θεραπεύουν και περισσότερους ασθενείς με τη χρήση αυτών των συσκευών, από ότι οι γυναίκες ( $p=0.022$ ). Συνεπώς, φαίνεται ότι οι άνδρες ερωτώμενοι χρησιμοποιούν με μεγαλύτερη ένταση τις συσκευές laser.

**Πίνακας 4. Στοιχεία για την έκταση της χρήσης συσκευών Laser ανά ηλικία**

			ΗΛΙΚΙΑ				
			21-30	31-40	41-50	51+	Σημαντικότητα
			(N=51)	(N=46)	(N=27)	(N=27)	Διαφοράς <sup>1</sup>
Πόσοι επαγγελματίες υγείας / χρήστες συσκευών Laser απασχολούνται στο χώρο του	1		0,0	0,0	3,7	7,4	
	2		3,9	13,0	29,6	3,7	
	3		27,5	30,4	14,8	37,0	0,026*
φυσιοθεραπευτηρίου, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού σας;	4		66,7	54,3	48,1	51,9	
	>20		2,0	2,2	3,7	0,0	
			100,0	100,0	100,0	100,0	

<sup>1</sup> Pearson Chi-Square Test

Επίσης, η ηλικία των ερωτώμενων σχετίζεται με τον αριθμό των επαγγελματιών υγείας / χρηστών συσκευών Laser που απασχολούνται στο χώρο του Φυσιοθεραπευτηρίου. Όσο μικρότεροι, ηλικιακά, οι ερωτώμενοι τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των χρηστών συσκευών laser ( $p=0.026$ ).

**Πίνακας 5 . Στοιχεία για την έκταση της χρήσης συσκευών Laser ανά έτη επαγγελματικής εμπειρίας**

		ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ					
		<5	5-10	10-15	15-20	>20	Σημαντικότητα
		(N=32)	(N=36)	(N=18)	(N=23)	(N=42)	Διαφοράς <sup>1</sup>
Πόσες συσκευές Laser περιλαμβάνει ο χώρος που χρησιμοποιείτε για τους ασθενείς σας;	<b>1</b>	21,9	13,9	5,6	8,7	9,5	0,037*
	<b>2</b>	12,5	13,9	16,7	17,4	7,1	
	<b>3</b>	18,8	30,6	27,8	17,4	19,0	
	<b>4</b>	46,9	41,7	50,0	56,5	64,3	
		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

<sup>1</sup> Linear-by-Linear Association

Τέλος, φαίνεται ότι τα περισσότερα χρόνια επαγγελματικής εμπειρίας συμβαδίζουν και με περισσότερες συσκευές laser στο χώρο του φυσιοθεραπευτηρίου (p=0.037).

## 2. ΤΗΡΗΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ ΟΡΘΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ LASER

Πίνακας 6. Στοιχεία για την ορθή χρήση των συσκευών Laser (N=151)

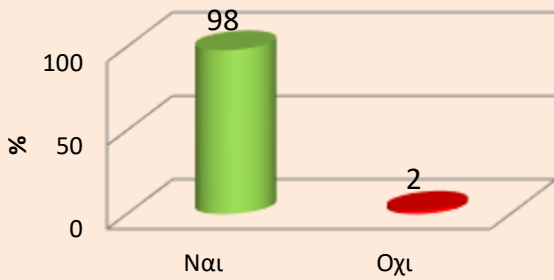
		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (N)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
Υπάρχουν διαθέσιμα γραπτά πρωτόκολλα για τυποποιημένες θεραπευτικές επεμβάσεις για κάθε μηχάνημα Laser;	<i>Ναι</i>	148	98,0
	<i>Όχι</i>	3	2,0
Υπάρχει ειδική προστασία (π.χ. προστατευτικές καλύπτρες, γυαλιά, κλπ) για το προσωπικό και τους ασθενείς κατά την εγκυμοσύνη και γαλουχία;	<i>Ναι</i>	147	97,4
	<i>Όχι</i>	4	2,6
Υπάρχει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο σας σε θέματα ακτινοπροστασίας;	<i>Ναι</i>	70	46,4
	<i>Όχι</i>	81	53,6
Είσαστε ενήμερος/η αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές Laser;	<i>Ναι</i>	84	55,6
	<i>Όχι</i>	67	44,4
Ο θεραπευτικός χώρος σας διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών Laser (π.χ. βλάβη στο ειδικό θωρακισμένο καλώδιο, παρατήρηση για λειτουργική συμπεριφορά του μηχανήματος);	<i>Ναι</i>	73	48,3
	<i>Όχι</i>	78	51,7

Η συντριπτική πλειονότητα των ερωτώμενων ανέφερε την ύπαρξη γραπτών πρωτοκόλλων για τυποποιημένες θεραπευτικές επεμβάσεις για κάθε μηχάνημα Laser και την ύπαρξη ειδικής προστασίας για το προσωπικό και τους ασθενείς κατά την εγκυμοσύνη και γαλουχία. Πάραυτα, υπήρξε ένα ποσοστό της τάξης του 2% που δήλωσε την έλλειψη πρωτοκόλλων και ειδικής προστασίας.

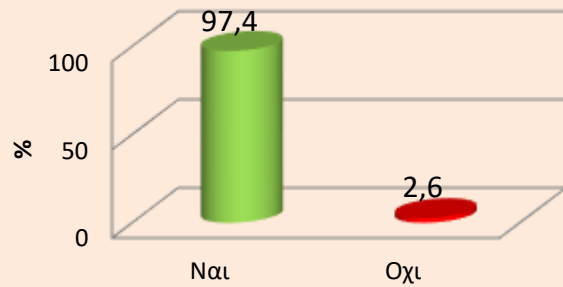


Επίσης, το 53,6% του δείγματος δεν διαθέτει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και **καταρτίσεων** των εργαζομένων που απασχολούνται στο φυσικοθεραπευτήριο σε θέματα ακτινοπροστασίας, το 44,4% δεν είναι ενήμεροι αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές Laser και το 51,7% δεν διαθέτει **γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών Laser** στο θεραπευτικό χώρο.

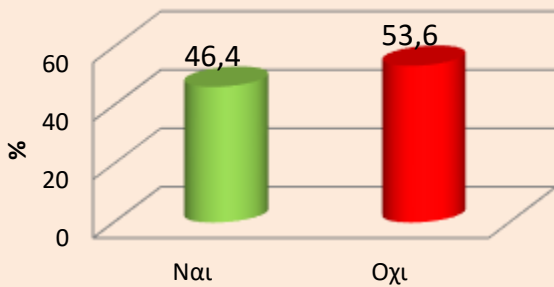
Υπάρχουν διαθέσιμα γραπτά πρωτόκολλα για τυποποιημένες θεραπευτικές επεμβάσεις για κάθε μηχάνημα Laser;



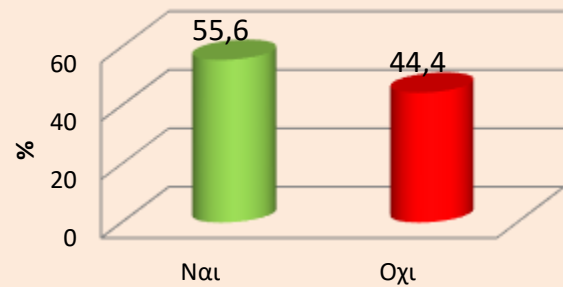
Υπάρχει ειδική προστασία (π.χ. προστατευτικές καλύπτρες, γυαλιά, κλπ) για το προσωπικό και τους ασθενείς κατά την εγκυμοσύνη και γαλουχία;



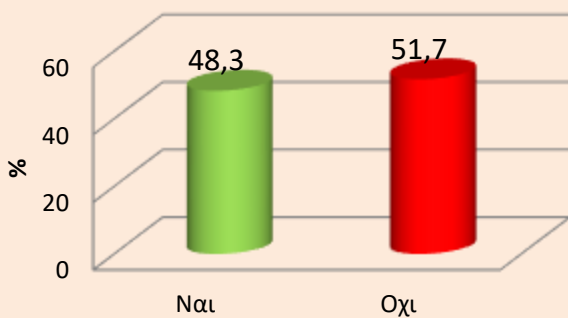
Υπάρχει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο σας σε θέματα ακτινοπροστασίας;



Είσατε ενήμερος/η αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές Laser;



Ο θεραπευτικός χώρος σας διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών Laser;



Διάγραμμα 3. Στοιχεία για την ορθή χρήση συσκευών Laser (N=151)

Προκειμένου να εντοπίσουμε πιθανές επιρροές των δημογραφικών χαρακτηριστικών στην ορθή χρήση των συσκευών laser, εκτελέσαμε το Chi-Square test. Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται μόνο οι στατιστικά σημαντικές σχέσεις.

**Πίνακας 7. Στοιχεία για την ορθή χρήση των συσκευών Laser ανά ηλικία**

		ΗΛΙΚΙΑ				Σημαντικότητα Διαφοράς <sup>1</sup>
		21-30 (N=51)	31-40 (N=46)	41-50 (N=27)	51+ (N=27)	
Υπάρχει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και κατάρτισεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο σας σε θέματα ακτινοπροστασίας;	<i>Ναι</i>	35,3	50,0	74,1	33,3	0,005*
	<i>Όχι</i>	64,7	50,0	25,9	66,87	
		100,0	100,0	100,0	100,0	
Είσαστε ενήμερος/η αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές Laser;	<i>Ναι</i>	45,1	60,9	77,8	44,4	0,023*
	<i>Όχι</i>	54,9	39,1	22,2	55,6	
		100,0	100,0	100,0	100,0	
Ο θεραπευτικός χώρος σας διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών Laser;	<i>Ναι</i>	37,3	50,0	77,8	37,0	0,004*
	<i>Όχι</i>	62,7	50,0	22,2	63,0	
		100,0	100,0	100,0	100,0	

<sup>1</sup> Pearson Chi-Square Test

Πρωτίστως η ηλικιακή κατηγορία **41-50 ετών** και δευτερευόντως η **31-40 ετών** απάντησαν σε **αρκετά μεγαλύτερο ποσοστό** από τις υπόλοιπες ότι διαθέτουν πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο τους σε θέματα ακτινοπροστασίας, ότι είναι ενήμεροι αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές Laser και ότι ο θεραπευτικός χώρος τους διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών Laser.

**Πίνακας 8. Στοιχεία για την ορθή χρήση των συσκευών Laser ανά έτη επαγγελματικής εμπειρίας**

		ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ					
		<5	5-10	10-15	15-20	>20	Σημαντικότητα
		(N=32)	(N=36)	(N=18)	(N=23)	(N=42)	Διαφοράς <sup>1</sup>
Υπάρχει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο σας σε θέματα ακτινοπροστασίας;	<i>Ναι</i>	37,5	36,1	44,4	73,9	47,6	0,048*
	<i>Όχι</i>	62,5	63,9	55,6	26,1	52,4	
		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

<sup>1</sup> Pearson Chi-Square Test

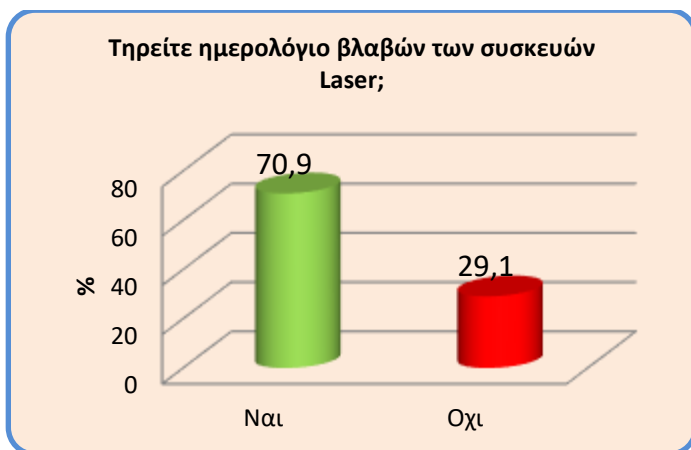
Παρομοίως, οι ερωτώμενοι με 15-20 έτη επαγγελματικής εμπειρίας είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό θετικών απαντήσεων (73,9%) στο ερώτημα για την ύπαρξη πιστοποιητικού επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στο φυσιοθεραπευτήριο σε θέματα ακτινοπροστασίας.

### 3. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ LASER

Πίνακας 9. Στοιχεία για την συντήρηση των συσκευών Laser (N=151)

		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (N)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
Τηρείτε ημερολόγιο βλαβών των συσκευών Laser (αναγραφή βλαβών, μετατροπών, επιδιορθώσεων και του προσωπικού που τις διαπίστωσε και αυτούς που διόρθωσαν την βλάβη);	Ναι	107	70,9
	Όχι	44	29,1
Τηρείτε Ημερολόγιο για κάθε συσκευή Laser (αρχείο ελέγχων ποιότητας, έλεγχοι αποδοχής/εγκατάστασης , περιοδικοί τεχνικοί έλεγχοι, έλεγχοι μετά από κάθε θεραπευτική συνεδρία, κλπ);	Ναι	117	77,5
	Όχι	34	22,5

Στην πλειονότητά τους, οι συμμετέχοντες στην έρευνα, δήλωσαν ότι τηρούν ημερολόγιο βλαβών των συσκευών Laser (70,9%) και τηρούν ημερολόγιο για κάθε συσκευή Laser (77,5%). Όμως, ένα υπολογίσιμο ποσοστό 23%-29% δεν διαθέτει τέτοιου είδους ημερολόγια.



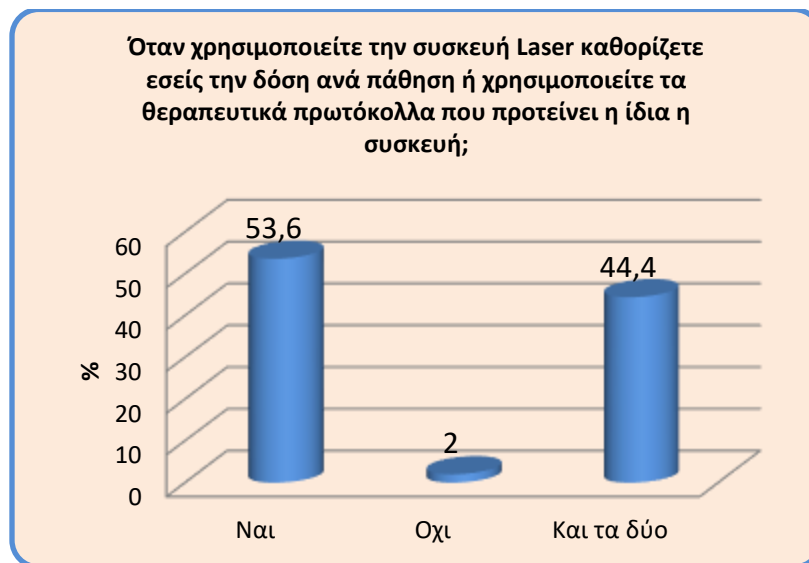
Διάγραμμα 4. Στοιχεία για την συντήρηση των συσκευών Laser (N=151)

#### 4. ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΩΝ LASER

Πίνακας 10. Τρόπος χρήσης των συσκευών Laser (N=151)

		ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (N)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
Όταν χρησιμοποιείτε την συσκευή Laser καθορίζετε εσείς την δόση ανά πάθηση ή χρησιμοποιείτε τα θεραπευτικά πρωτόκολλα που προτείνει η ίδια η συσκευή (εργοστασιακά);	<i>Ναι</i>	81	53,6
	<i>Όχι</i>	3	2,0
	<i>Και τα δύο</i>	67	44,4

Τέλος, το 53,6% των ερωτώμενων καθορίζει μόνο του τη δόση ανά πάθηση όταν χρησιμοποιεί τη συσκευή laser, ενώ το 44,4% χρησιμοποιεί ταυτόχρονα και τα θεραπευτικά πρωτόκολλα που προτείνει η ίδια η συσκευή.



Διάγραμμα 5. Τρόπος χρήσης των συσκευών Laser (N=151)

## Συζήτηση

Η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου, έχει γίνει σταδιακά πιο δημοφιλής στη διαχείριση μιας ευρείας ποικιλίας ιατρικών καταστάσεων, όπως τραυματισμοί μαλακών ιστών, αρθρίτιδες και τα τραύματα. Σε αντίθεση με τα λέιζερ υψηλής ισχύος που χρησιμοποιούνται στην ιατρική, αυτά τα λέιζερ χαμηλού επιπέδου δεν παράγουν αρκετή ισχύ για να βλάψουν τον ιστό αλλά παράγουν αρκετή ενέργεια για να διεγείρουν τους ιστούς του σώματος και να προάγουν την θεραπεία τους. Η ακτινοβολία λέιζερ έχει μια εξαρτώμενη από το μήκος κύματος ικανότητα να μεταβάλλει την κυτταρική συμπεριφορά σε περιπτώσεις που εμφανίζεται απουσία θερμότητας. Η φωτεινή ακτινοβολία πρέπει να απορροφάται για να παρέχει μια βιολογική απάντηση. Τα ορατά κόκκινα και υπέρυθρα τμήματα του φάσματος έχει αποδειχθεί ότι έχουν ιδιαίτερα απορροφητικές και μοναδικές θεραπευτικές επιδράσεις σε ζωντανούς ιστούς.

Όπως φαίνεται από το μεγαλύτερο ποσοστό του δυναμικού των ερωτηθέντων η πλειονότητα ήταν άνδρες (64,2%), αλλά υπάρχει και πολύ σημαντική συμμετοχή γυναικών (35,8%). Το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων στην έρευνα κυμαινόταν μεταξύ 21-40 ετών και τα έτη επαγγελματικής εμπειρίας τους ποικίλουν.

Σχετικά με τον αριθμό των συσκευών laser που χρησιμοποιούνται στα φυσικοθεραπευτήρια, διαπιστώσαμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των φυσικοθεραπευτών διαθέτουν έως τέσσερις συσκευές laser χαμηλής ισχύος, ενώ ένα μικρό ποσοστό αναφέρει πως διαθέτει 1 έως 2 συσκευές laser. Από τα αποτελέσματα επίσης διαφαίνεται πως ένα μεγάλο ποσοστό επαγγελματιών υγείας απασχολούν 4 χρήστες των εν λόγω συσκευών, συμπεριλαμβανομένων και των ιδίων στο χώρο του φυσικοθεραπευτηρίου. Η χρήση των συσκευών laser από πολλούς χρήστες μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός πως οι ιδιοκτήτες μπορεί να επιτρέπουν την χρήση τους σε όλο το δυναμικό της επιχείρησής τους.

Η αντιμετώπιση διάφορων παθήσεων με τη χρήση θεραπευτικού laser, αποτελεί μια ακίνδυνη και χωρίς πόνο θεραπευτική μέθοδο. Στο ερώτημα που αφορούσε τον αριθμό των ασθενών που αποδέχονται τη θεραπεία με laser σε καθημερινή και μηνιαία βάση, τα ποσοστά φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αφού πάνω από είκοσι άτομα κάνουν χρήση των θεραπευτικών ιδιοτήτων του laser χαμηλής ισχύος. Συντριπτικό είναι το ποσοστό των ασθενών που οι θεραπευτές κάνουν χρήση του laser σε μηνιαία βάση. Το γεγονός αυτό παρέχει



σημαντικές και πολύ χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την αποδοχή και τη χρήση του laser στις διάφορες παθήσεις.

Παρατηρούμε ότι η πλειονότητα των ανδρών ερωτώμενων χρησιμοποιούν στο φυσικοθεραπευτήριό τους 4 μηχανήματα, ενώ οι γυναίκες χρησιμοποιούν λιγότερα. Παρομοίως, το 64% των ανδρών που συμμετείχαν στην έρευνα (έναντι 50% των γυναικών) απασχολούν περισσότερους από τέσσερις επαγγελματίες υγείας / χρήστες συσκευών Laser, ενώ οι άνδρες θεραπεύουν και περισσότερους ασθενείς με τη χρήση αυτών των συσκευών, από ότι οι γυναίκες. Συνεπώς, φαίνεται ότι οι άνδρες ερωτώμενοι χρησιμοποιούν με μεγαλύτερη ένταση τις συσκευές laser. Επίσης, η ηλικία των ερωτώμενων σχετίζεται με τον αριθμό των επαγγελματιών υγείας / χρηστών συσκευών Laser που απασχολούνται στο χώρο του Φυσικοθεραπευτηρίου. Όσο μικρότεροι, ηλικιακά, οι ερωτώμενοι τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των χρηστών συσκευών laser. Τέλος, φαίνεται ότι τα περισσότερα χρόνια επαγγελματικής εμπειρίας συμβαδίζουν και με περισσότερες συσκευές laser στο χώρο του φυσικοθεραπευτηρίου.

Η συντριπτική πλειονότητα των ερωτώμενων ανέφερε την ύπαρξη γραπτών πρωτοκόλλων για τυποποιημένες θεραπευτικές συνεδρίες για κάθε μηχανήμα Laser, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως του 2% αναφέρει πως δεν υπάρχουν διαθέσιμα γραπτά πρωτόκολλα. Πιθανά η μη χρήση πρωτοκόλλων από τους θεραπευτές να έγκειται στο γεγονός ότι ακολουθούν δική τους θεραπευτική προσέγγιση.

Από τις σημαντικότερες ερωτήσεις που κλήθηκαν οι συμμετέχοντες να απαντήσουν, ήταν εκείνη που αφορούσε τα προστατευτικά μέσα που χρησιμοποιούνται από τους θεραπευτές κατά τη διάρκεια των θεραπευτικών συνεδριών. Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, καθώς το 97,4% των συμμετεχόντων απάντησε πως λαμβάνει τα απαραίτητα μέσα έναντι ενός μικρού ποσοστού 2,6% που απάντησε πως δεν κάνει χρήση προστατευτικών μέσων κατά τη διάρκεια των συνεδριών. Επίσης, οι συμμετέχοντες γνωρίζουν τις αντενδείξεις χρήσεως του laser σε ιδιαίτερες περιπτώσεις όπως η εγκυμοσύνη και η γαλουχία.

Μια πτυχή της παρούσας ερευνητικής εργασίας, που δεν έχει ιδιαίτερα θετικό χαρακτήρα, ήταν το μέρος που αφορά την πιστοποιημένη επάρκεια γνώσεων και καταρτίσεων καθώς το 53,6% του δείγματος δεν διαθέτει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στο φυσικοθεραπευτήριο σε θέματα ακτινοπροστασίας, γεγονός που μπορεί να επιφέρει λάθη τα οποία θα συνεπάγονται επιβλαβή αποτελέσματα. Επιπρόσθετα, αυξημένο είναι το ποσοστό των θεραπευτών, 44,4% οι οποίοι δεν είναι ενήμεροι

αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές Laser και το 51,7% δεν διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών Laser στο θεραπευτικό χώρο. Επίσης, όσον αφορά την ηλικιακή κατηγορία των θεραπειών που δεν διαθέτουν πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στο χώρο τους σε θέματα ακτινοπροστασίας, το μεγαλύτερο ποσοστό αφορούσε τις ηλικίες των 51 ετών και ακολουθούσε η ηλικιακή κατηγορία των 21-30 ετών. Επιπρόσθετα, οι ηλικιακές αυτές κατηγορίες δεν ήταν ενήμερες σε μεγάλο ποσοστό για την ύπαρξη γραπτών πρωτοκόλλων εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές laser, καθώς και την ύπαρξη γραπτών πρωτοκόλλων ελέγχων των συσκευών laser.

Όσον αφορούσε τα έτη επαγγελματικής εμπειρίας σε συνάρτηση με την ύπαρξη πιστοποιητικού επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων σε θέματα ακτινοπροστασίας, οι θεραπευτές με 15-20 έτη επαγγελματικής εμπειρία είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό θετικών απαντήσεων (73,9%).

Στην πλειονότητά τους, οι συμμετέχοντες στην έρευνα, δήλωσαν ότι τηρούν ημερολόγιο βλαβών των συσκευών Laser (70,9%) και τηρούν ημερολόγιο για κάθε συσκευή Laser (77,5%). Όμως, ένα υπολογίσιμο ποσοστό 23%-29% δεν διαθέτει τέτοιου είδους ημερολόγια. Ιδιαίτερα ενθαρρυντικό ήταν το εύρημα αυτό καθώς διαγράφεται μια τάση συστηματικού ελέγχου και συντήρησης των συσκευών.

Το 53,6% των ερωτώμενων βρέθηκε να καθορίζει μόνο του τη δόση ανά πάθηση όταν χρησιμοποιεί τη συσκευή laser, γεγονός που καταδεικνύει ότι δεν ακολουθούνε τυφλά τα αναγραφόμενα πρωτόκολλα θεραπείας στις διάφορες παθήσεις και ότι είναι υπεύθυνοι στο πως και πότε θα γίνει χρήση της συσκευής, εν αντιθέσει με το 44,4% που χρησιμοποιεί ταυτόχρονα και τα θεραπευτικά πρωτόκολλα που προτείνει η ίδια η συσκευή.

## Συμπεράσματα

Η κατανόηση των βασικών στοιχείων του φωτός λέιζερ, των οπτικών ιδιοτήτων του βιολογικού ιστού και της αλληλεπίδρασης φωτός-ιστού, είναι απαραίτητη για όλους τους επαγγελματίες του τομέα υγείας που επιθυμούν να εργαστούν με λέιζερ. Η πολυπλοκότητα των οπτικών ιδιοτήτων του φωτός και του βιολογικού ιστού και η διαδραστική συμπεριφορά τους καθιστά την βιοφωτονική μια πρόκληση για την επιστήμη. Ωστόσο, απαιτείται ελάχιστη κατανόηση κατά τη χρήση αυτής της βιοτεχνολογίας. Οι ειδικές οπτικές ιδιότητες του ιστού που θα λαμβάνουν το συγκεκριμένο φως θα υπαγορεύσουν ποιες παραμέτρους λέιζερ και πρωτόκολλα θεραπείας είναι καλύτερα στην αλληλεπίδραση για να επιφέρουν την καλύτερη έκβαση και με τον ασφαλέστερο τρόπο.

Οι πρόσφατα επιταχυνόμενες νέες ανακαλύψεις στον τομέα των λέιζερ, έχουν διεγείρει το αυξανόμενο ενδιαφέρον που παρατηρείται στην επιστήμη της βιοφωτονίας. Οι κινητήριες δυνάμεις για την εξερεύνηση αυτής της βιοτεχνολογίας επιτρέπουν συνεχώς τη διερεύνηση νέων εφαρμογών και την παροχή νέων προσδοκιών για μελλοντικές δυνατότητες που δεν είχαν προηγουμένως αντιμετωπιστεί.

## Βιβλιογραφία

- Adley WR., (1988). Physiological signalling across cell membranes and cooperative influences of extremely low frequency electromagnetic fields. In Frohlich H, editor: *Biological coherence and response to external stimuli*, Heidelberg, Springer-Verlag.
- Alves AN, Fernandes KP, Deana AM, et al., (2014). Effects of low-level laser therapy on skeletal muscle repair: a systematic review. *Am J Phys Med Rehabil* 93:1073–1085.
- Anders JJ, Geuna S, Rochkind S., (2004). Phototherapy promotes regeneration and functional recovery of injured peripheral nerve. *Neurol Res* 26:234–240.
- Aoki, A. et al. (2015) Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol* 2000. 68(1):217–269.
- Azevedo, L. H. et al. (2005) Evaluation of low intensity laser effects on the thyroid gland of male mice. *Photomed Laser Surg.*23(6):567–570.
- Batista, J.D. et al (2015) Low-level laser therapy on bone repair: is there any effect outside the irradiated field? *Lasers Med Sci.*30(5):1569–1574.
- Belletti S, Uggeri J, Mergoni G, et al., (2015). Effects of 915 nm gaAs diode laser on mitochondria of human dermal fibroblasts: analysis with confocal microscopy. *Lasers Med Sci* 30:375–381.
- Benedicenti S, Pepe IM, Angiero F, et al., (2008). Intracellular ATP level increases in lymphocytes irradiated with infrared laser light of wavelength 904 nm. *Photomed Laser Surg* 26:451–453.
- Bhatta AK, Huang X, Keyal U, et al., (2014). Laser treatment for onychomycosis: a review. *Mycoses* 57:734–740.
- Bjordal JM, Couppé C, Chow RT, et al., (2003). A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders. *Aust J Physiother* 49:107–116.

- Bjordal JM, Lopes-Martins RA, Iversen VV., (2006). A randomised, placebo controlled trial of low level laser therapy for activated Achilles tendinitis with microdialysis measurement of peritendinous prostaglandin E2 concentrations. *Br J Sports Med* 40:76–80, discussion 76–80.
- Bordin-Aykroyd S., Dias RB., Lynch E., (2019). Laser-Tissue Interaction. *EC Dental Science* 18.9:2303-2308.
- Bristow IR., (2014). The effectiveness of lasers in the treatment of onychomycosis: a systematic review. *J Foot Ankle Res* 7:34.
- Brodin, H. (2008). [Per Henrik Ling and his impact on gymnastics]. *Sven Med Tidskr*, 12, 61–8.
- Brosseau L, Welch V, Wells G, et al (2004). Low level laser therapy (classes I, II and III) for treating osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* (3):CD002046.
- Brosseau L, Welch V, Wells G, et al., (2005). Low level laser therapy (classes I, II and III) in the treatment of rheumatoid arthritis. *Cochrane Database Syst Rev* (2):CD002049.
- Carati CJ, Anderson SN, Gannon BJ, et al., (2003). Treatment of post-mastectomy lymphedema with low-level laser therapy: a double blind, placebo controlled trial. *Cancer* 98:1114–1122.
- Cauvin, J. F. (1815). *Des Bienfaits de l'Insolation*.
- Chaves ME, Araújo AR, Piancastelli AC, et al., (2014). Effects of low-power light therapy on wound healing: LASER x LED. *An Bras Dermatol* 89:616–623.
- Chen MH, Huang YC, Sun JS, et al., (2015). Second messengers mediating the proliferation and collagen synthesis of tenocytes induced by low-level laser irradiation. *Lasers Med Sci* 30:263–272.
- Chesney, R. W. (2012). Theobald palm and his remarkable observation: How the sunshine vitamin came to be recognized. *Nutrients*, 4, 42–51.
- Chung, H. et al. (2012) The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.*40(2):516–533.

- Cialdai, F. et al. (2015). In vitro study on the safety of near infrared laser therapy in its potential application as postmastectomy lymphedema treatment. *J Photochem Photobiol B*.151:285–296.
- Cotler HB, Chow RT, Hamblin MR, Carroll J. (2015). The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MOJ Orthop Rheumatol*;2(5): 00068).
- Dastanpour, S. et al. (2015). The effect of low-level laser therapy on human leukemic cells. *J Lasers Med Sci*.6(2):74–79.
- De Jesus JF, Spadacci-Morena DD, Rabelo ND, et al., (2014). Low-level laser therapy on tissue repair of partially injured Achilles tendon in rats. *Photomed Laser Surg* 32:345–350.
- de Oliveira RF, De Andrade Salgado DM, Trevelin LT, et al., (2015). Benefits of laser phototherapy on nerve repair. *Lasers Med Sci* 30:1395–1406..
- Doupe, J., Barnes, R. & Kerr, A. (1943). Studies in denervation: h.-the effect of electrical stimulation on the circulation and recovery of denervated muscle. *J Neurol Psychiatry*, 6, 136–140.
- E Lima MT, E Lima JG, de Andrade MF, et al., (2014).Low-level laser therapy in secondary lymphedema after breast cancer: systematic review. *Lasers Med Sci* 29:1289–1295.
- Eells JT, Henry MM, Summerfelt MTT, et al., (2003). Therapeutic photobiomodulation for methanol-induced retinal toxicity. *Proc Natl Acad Sci USA* 100:3439–3444.
- Eells JT, Wong-Riley MT, VerHoeve J, et al., (2004). Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. *Mitochondrion* 4:559–567.
- Enwemeka CS, Parker JC, Dowdy DS, et al., (2004). The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. *Photomed Laser Surg* 22:323–329.
- Firestone, R. et al. (2012) The effects of low-level laser light exposure on sperm motion characteristics and DNA damage. *J Androl*.33(3):469–473.

- Fitzpatrick, T. B. & Pathak, M. A. (1959). Historical aspects of methoxsalen and other furocoumarins. *J Invest Dermatol*, 32, 229–231.
- Flemming K, Cullum N., (2000). Laser therapy for venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev* (2):CD001182.
- Frigo L, Fávero GM, Lima HJ, Maria DA, Bjordal JM, et al., (2010). Low-level laser irradiation (InGaAlP-660 nm) increases fibroblast cell proliferation and reduces cell death in a dose-dependent manner. *Photomed Laser Surg* ;28 Suppl 1: S151-S156.
- Fulop AM, Dhimmer S, Deluca JR, et al., (2009). A meta-analysis of the efficacy of phototherapy in tissue repair. *Photomed Laser Surg* 27:695–702.
- Fulop AM, Dhimmer S, Deluca JR, et al., (2010). A meta-analysis of the efficacy of laser phototherapy on pain relief. *Clin J Pain* 26:729–736.
- Gomes, H. et al. (2014). Low-level laser therapy promotes proliferation and invasion of oral squamous cell carcinoma cells. *Lasers Med Sci*.29(4):1385–1395.
- Greco M, Vacca R, Moro L, et al., (2001). Helium-neon laser irradiation of hepatocytes can trigger increase of the mitochondrial membrane potential and can stimulate c-fos expression in a Ca<sup>2+</sup>-dependent manner. *Lasers Surg Med* 29:433–441.
- Grossman N, Schneid N, Reuveni H, et al., (2001). 780 nm low power diode laser irradiation stimulates proliferation of keratinocyte cultures: involvement of reactive oxygen species. *Lasers Surg Med* 29:105–106.
- Grzybowski, A. & Pietrzak, K. (2012). From patient to discoverer--Niels Ryberg Finsen (1860–1904) --the founder of phototherapy in dermatology. *Clin Dermatol*, 30, 451–455.
- Guffey JS, Wilborn J., (2006). In vitro bactericidal effects of 405 nm and 470 nm blue light. *Photomed Laser Surg* 24:684–688.
- Gupta A, Keshri GK, Yadav A, et al., (2015). Superpulsed (ga-as, 904 nm) low-level laser therapy (LLLT) attenuates inflammatory response and enhances healing of burn wounds. *J Biophotonics* 8:489–501.

- Hamblin, M. R. & Huang, Y. -Y. (2014). *Handbook of Photomedicine*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hawkins D, Houreld N, Abrahamse H., (2005). Low level laser therapy (LLLT) as an effective therapeutic modality for delayed wound healing. *Ann N Y Acad Sci* 1056:486–493.
- Hitchcock RT, Patterson RM., (1995). *Radio-frequency and ELF electromagnetic energies: a handbook for health professionals*, New York, Van Nostrand Reinhold.
- Höfling, D.B. et al. (2013) Low-level laser in the treatment of patients with hypothyroidism induced by chronic autoimmune thyroiditis: a randomized, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*.28(3):743–753.
- Hwang MH, Shin JH, Kim KS, et al., (2015). Low level light therapy modulates inflammatory mediators secreted by human annulus fibrosus cells during intervertebral disc degeneration in vitro. *Photochem Photobiol* 91:403–410.
- Ivanchenko LP, Kozdoba AS, Moskvina SV., (2009). *Laser therapy in urology*. Moscow–Tver: Triada.
- Jang H, Lee H., (2012). Meta-analysis of pain relief effects by laser irradiation on joint areas. *Photomed Laser Surg* 30:405–417.
- Jawad, M.M. et al. (2013). Effect of 940nm low-level laser therapy on osteogenesis in vitro. *J Biomed Opt*.18(12):12800.
- Karlsson, E. B. (2000). *The Nobel Prize in Physics 1901–2000*.
- Kerstein, R.L. et al., (2014). Laser therapy and photosensitive medication: a review of the evidence. *Lasers Med Sci*.29(4):1449–1452.
- Kochetkov AV, Moskvina SV, Karneev AN., (2012). *Laser therapy in neurology*. Moscow–Tver: Triada.
- Larkin, K. et al. (2012) Limb blood flow after class 4 laser therapy. *J Athl Train*.47(2):178–183.



- Lee SY, Seong IW, Kim JS, et al., (2011). Enhancement of cutaneous immune response to bacterial infection after low-level light therapy with 1072 nm infrared light: a preliminary study. *J Photochem Photobiol B* 105:175–182.
- Leonard DR, Farooqi MH, Myers S (2004). Restoration of sensation, reduced pain, and improved balance in subjects with diabetic peripheral neuropathy: a double-blind, randomized, placebo-controlled study with monochromatic near-infrared treatment. *Diabetes Care* 27:168–172.
- Liang, W.Z. et al. (2015) Selective cytotoxic effects of low-power laser irradiation on human oral cancer cells. *Lasers Surg Med.*47(9):756–764.
- Lingard A, Hulten LM, Svensson L, et al., (2007). Irradiation at 634 nm releases nitric oxide from human monocytes. *Laser Med Sci* 22:30–36.
- Lucas C, Criens-Poublon LJ, Cockrell CT, et al., (2002). Wound healing in cell studies and animal model experiments by low level laser therapy: were clinical studies justified? A systematic review. *Lasers Med Sci* 17:110–134.
- Macdonald, A. J. (1993). A brief review of the history of electrotherapy and its union with acupuncture. *Acupunct Med*, 11, 66–75.
- Maegawa, Y. et al. (2000). Effects of near-infrared low-level laser irradiation on microcirculation. *Lasers Surg Med.*27(5):427–437.
- Maiman, T. (1960). Optical and microwave-optical experiments in ruby. *Phys Rev A*, 4,564.
- Mantineo M, Pinheiro JP, Morgado AM., (2014). Low-level laser therapy on skeletal muscle inflammation: evaluation of irradiation parameters. *J Biomed Opt* 19:98002.
- Matic M, Lazetic B, Poljacki C, et al., (2003). Low level laser irradiation and its effect on repair processes in the skin. *Med Pregl* 56:137–141.
- Matic, M. *et al.* (2003). Low level laser irradiation and its effect on repair processes in the skin. *Med. Pregl.* **56**: 137–141.

- Maver-Biscanin, M. et al. (2004) Fungicidal effect of diode laser irradiation in patients with denture stomatitis. *Lasers Surg Med*.35(4):259–262.
- Melzack, R. & Wall, P. D. (1965). Pain mechanisms: A new theory. *Science*, 150, 971–979.
- Mester, E., Ludany, G., Selyei, M. & Szende, B. (1968). *The Stimulating Effect of Low Power Laser Rays on Biological Systems*. Budapest: Medical University.
- Mester, E., Mester, A. F. & Mester, A. (1985). The biomedical effects of laser application. *Lasers Surg Med*, 5, 31–39.
- Mester, E., Spiry, T., Szende, B. & Tota, J. G. (1971). Effect of laser rays on wound healing. *Am J Surg*, 122, 532–535.
- Moseley AL, Carati CJ, Piller NB., (2007). A systematic review of common conservative therapies for arm lymphoedema secondary to breast cancer treatment. *Ann Oncol* 18:639–646.
- Moskvin SV, Amirkhanyan AN., (2011). Methods of combined and associated laser therapy in dentistry. Moscow-Tver: Triada.
- Naeser MA, (2006). Photobiomodulation of pain in carpal tunnel syndrome: review of seven laser therapy studies. *Photomed Laser Surg* 24:101–110.
- Nicholls, D. A. & Cheek, J. (2006). Physiotherapy and the shadow of prostitution: The Society of Trained Masseuses and the massage scandals of 1894. *Soc Sci Med*, 62, 2336–2348.
- Nussbaum, E.L. et al. (2003) Effects of low-level laser therapy (LLLT) of 810nm upon in vitro growth of bacteria: relevance of irradiance and radiant exposure. *J Clin Laser Med Surg*.21(5):283–290.
- Omar MT, Shaheen AA, Zafar H., (2012). A systematic review of the effect of low-level laser therapy in the management of breast cancer-related lymphedema. *Support Care Cancer* 20:2977–2984.
- Palm, T. A. (1890). The geographical distribution and etiology of rickets. *The Practitioner*, 45, 270.

- Parrado, C. et al. (1990) Quantitative study of the morphological changes in the thyroid gland following IR laser radiation. *Lasers Med Sci*.5(1):77–80.
- Parrado, C. et al. (1999) A quantitative investigation of microvascular changes in the thyroid gland after infrared (IR) laser radiation. *Histol Histopathol*.14(4):1067–1071.
- Pereira AN, Eduardo Cde P, Matson E, et al., (2002). Effect of low-power laser irradiation on cell growth and procollagen synthesis of cultured fibroblasts. *Lasers Surg Med* 31:263–267.
- Pereira MC, de Pinho CB, Medrado AR, et al., (2010). Influence of 670 nm low-level laser therapy on mast cells and vascular response of cutaneous injuries. *J Photochem Photobiol B* 98:188–192.
- Pessoa, E.S *et al.* (2004). A histologic assessment of the influence of low intensity laser therapy on wound healing in steroid treated animals. *Photomed. Laser Surg*. **22**: 199– 204.
- Rochkind S., (2009).Phototherapy in peripheral nerve regeneration: from basic science to clinical study. *Neurosurg Focus* 26:E8.
- Rollier, A. & Rosselet, A. (1923). *Heliotherapy*. London: H. Frowde; Hodder & Stoughton.
- Rowe V, Hemmings S, Barton C, et al., (2012). Conservative management of midportion Achilles tendinopathy: a mixed methods study, integrating systematic review and clinical reasoning. *Sports Med* 42:941–967.
- Salman, Y.R. et al. (2014) Effect of 830-nm diode laser irradiation on human sperm motility. *Lasers Med Sci*.29(1):97–104.
- Schindl A, Merwald H, Schindl L, et al., (2003). Direct stimulatory effect of low-intensity 670 nm laser irradiation on human endothelial cell proliferation. *Br J Dermatol* 148:334–336.
- Sears FW, Zemansky MW, Young HD., (1987). *College physics*, Reading, MA, Addison-Wesley.
- Selcon, H. (2001). The first century of mechanical electrotherapy. *Physiotherapy*, 87, 208–209.

- Shamir MH, Rochkind S, Sandbank J, et al., (2001). Double-blind randomized study evaluating regeneration of the rat transected sciatic nerve after suturing and postoperative low-power laser treatment. *J Reconstr Microsurg* 17:133–137.
- Silva DC, Plapler H, Costa MM, et al., (2013). Low level laser therapy (AlGaInP) applied at 5j/cm<sup>2</sup> reduces the proliferation of *Staphylococcus aureus* MRSA in infected wounds and intact skin of rats. *An Bras Dermatol* 88:50–55.
- Silveira PC, Streck EL, Pinho RA., (2006). Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in wound healing by low-level laser therapy. *J Photochem Photobiol* 86:279–282.
- Son, J. et al. (2012). Bone healing effects of diode laser (808nm) on a rat tibial fracture model. *InVivo*.26(4):703–709.
- Taha, M.F. and Valojerdi, M.R. (2004) Quantitative and qualitative changes of the seminiferous epithelium induced by Ga. Al. As. (830nm) laser radiation. *Lasers Surg Med.* 34(4):352–359.
- Tang, E. and Arany, P. (2013) Photobiomodulation and implants: implications for dentistry. *J Periodontal Implant Sci.*43(6):262–268.
- Thomas CL., (1993). *Taber's cyclopedic medical dictionary*, Philadelphia, FA Davis.
- Tiktinsky, R., Chen, L. & Narayan, P. (2010). Electrotherapy: Yesterday, today and tomorrow. *Haemophilia*, 16 Suppl 5, 126–131.
- Tsong TY., (1989). Deciphering the language of cells. *TIBS* 14:89–92.
- Tuner, J. and Hode, L. (2010). Contraindications. In: *The New Laser Therapy Handbook*, pp. 473–481. Prima Books, Coeymans Hollow, NY.
- Vinck EM, Cagnie BJ, Cornelissen MJ, et al., (2003). Increased fibroblast proliferation induced by light emitting diode and low power laser irradiation. *Laser Med Sci* 18:95–99.
- Winterle JS, Einarsdottir O., (2006). Photoreactions of cytochrome C oxidase. *J Photochem Photobiol* 82:711–719.

- Wolfson, H. (1931). Studies on effect of physical therapeutic procedures on function and structure: Effect on blood flow in a normal limb. *J Am Medl Assoc*, 96, 2019–2021.
- Woodruff LD, Bounkeo JM, Brannon WM, et al., (2004). The efficacy of laser therapy in wound repair: a meta-analysis of the literature. *Photomed Laser Surg* 22:241–247.
- Yuji, Y. & Kunihiro Y., ( 2001). Cutaneous wound healing: an update. *J. Dermatol.* **28**:521–534.
- Zinman LH, Ngo M, Ng ET, et al., (2004). Low-intensity laser therapy for painful symptom diabetic sensorimotor polyneuropathy: a controlled trial. *Diabetes Care* 27:921–924.



### Ποιοτικός έλεγχος συσκευών Laser

#### Ερωτηματολόγιο για φυσιοθεραπευτές και βοηθούς

**I. Φύλο:**

Άνδρας  Γυναίκα

**II. Ηλικία:**

21-25  26-30  31-35  36-40   
41-45  46-50  51-55  56-60   
61-65

**III. Έτη επαγγελματικής εμπειρίας:**

<5  5-10  10-15  15-20  >20

**1. Πόσες συσκευές Laser περιλαμβάνει ο χώρος που χρησιμοποιείτε για τους ασθενείς σας:**

1  2  3  4

**2. Πόσοι επαγγελματίες υγείας/χρήστες συσκευών Laser απασχολούνται στο χώρο του φυσιοθεραπευτηρίου, συμπεριλαμβανομένου και του εαυτού σας;**

1  2  3  4  Παραπάνω από 20

**3. Πόσους ασθενείς θεραπεύετε (με χρήση συσκευών Laser) ημερησίως;**

0-5  6-10  11-15  Παραπάνω από 20

**4. Πόσους ασθενείς θεραπεύετε (με χρήση Laser) μηνιαίως;**

0-10  11-20  21-30  Παραπάνω από 30

**5. Υπάρχουν διαθέσιμα γραπτά πρωτόκολλα για τυποποιημένες θεραπευτικές επεμβάσεις για κάθε μηχάνημα Laser;**

Ναι  Όχι



6. Υπάρχει ειδική προστασία (π.χ. προστατευτικές καλύπτρες, γυαλιά, κλπ) για το προσωπικό και τους ασθενείς κατά την εγκυμοσύνη και γαλουχία;

Ναι  Όχι

7. Υπάρχει πιστοποιητικό επάρκειας γνώσεων και καταρτίσεων των εργαζομένων που απασχολούνται στον χώρο σας σε θέματα ακτινοπροστασίας;

Ναι  Όχι

8. Είσατε ενήμερος/η αν υπάρχουν γραπτά πρωτόκολλα εργασίας για την προστασία από την ακτινοβολία από τις συσκευές *Laser*;

Ναι  Όχι

9. Ο θεραπευτικός χώρος σας διαθέτει γραπτά πρωτόκολλα ελέγχων των συσκευών *Laser* (π.χ. βλάβη στο ειδικό θωρακισμένο καλώδιο, παρατήρηση για λειτουργική συμπεριφορά του μηχανήματος);

Ναι  Όχι

10. Τηρείτε ημερολόγιο βλαβών των συσκευών *Laser* (αναγραφή βλαβών, μετατροπών, επιδιορθώσεων και του προσωπικού που τις διαπίστωσε και αυτούς που διόρθωσαν την βλάβη);

Ναι  Όχι

11. Τηρείτε Ημερολόγιο για κάθε συσκευή *Laser* (αρχείο ελέγχων ποιότητας, έλεγχοι αποδοχής/εγκατάστασης, περιοδικοί τεχνικοί έλεγχοι, έλεγχοι μετά από κάθε θεραπευτική συνεδρία, κλπ);

Ναι  Όχι

12. Όταν χρησιμοποιείτε την συσκευή *Laser* καθορίζετε εσείς την δόση ανά πάθηση ή χρησιμοποιείτε τα θεραπευτικά πρωτόκολλα που προτείνει η ίδια η συσκευή (εργοστασιακά);

Ναι  Όχι  Και τα δύο