



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΛΑΜΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ
«ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ»
Master of Science in Advanced Physiotherapy

**«Η επίδραση της εφαρμογής παλμικού High Intensity Laser
Therapy (HILT) στην αιματική ροή των περιαρθρικών ιστών
του γόνατος»**

Διπλωματική/Ερευνητική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Γενικό Τμήμα Λαμίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση

Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Προηγμένη Φυσικοθεραπεία

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια: Καραγιάννη Γραμματική

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ Σπανός Σάββας

Λαμία, 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Επιστημών Υγείας
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ»

«Master of Science in Advanced Physiotherapy”
«Η επίδραση της εφαρμογής παλμικού High Intensity
Laser Therapy (HILT) στην αιματική ροή των
περιαρθρικών ιστών του γόνατος»

Διπλωματική Εργασία
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση
Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Προηγμένη Φυσικοθεραπεία
από την

Γραμματική Καραγιάννη του Μιλτιάδη

Δήλωση Αυθεντικότητας, ζητήματα Copyright

«Η μεταπτυχιακή φοιτήτρια που εκπόνησε την παρούσα διπλωματική εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κ.λπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή την γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

Φεβρουάριος 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου στον καθηγητή και εισηγητή μου κο. Σάββα Σπανό για την πολύτιμη βοήθειά του. Το ενδιαφέρον που επέδειξε, ο χρόνος που διέθεσε για τη διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, οι γνώσεις και η εμπειρία του σε συνδυασμό με την επιστημονική του κατάρτιση, τη στοχευμένη παρατήρηση και την ενδεδειγμένη επεξήγηση για την επίτευξη της πληρέστερης εικόνας του ζητούμενου, αποτέλεσαν για μένα κίνητρο τόσο επιστημονικής όσο και κλινικής εξέλιξης. Ο ενθουσιασμός του και η επιμονή στο στόχο είναι στοιχεία που αποτέλεσαν για μένα πηγή έμπνευσης για τη γενικότερη μετέπειτα ζωή μου.

Επίσης, οφείλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στο προσωπικό (επιστημονικό προσωπικό, διδάσκοντες, γραμματεία) του τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την παρουσία τους και τη διάθεση τους για μεταλαμπάδευση της επιστημονικής γνώσης, με απώτερο σκοπό την επιστημονική κατάρτιση μου και την αμοιβαία συνεργασία.

Δε θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω τους συνοδοιπόρους μου σε αυτό το ταξίδι, τους συμφοιτητές μου. Ήταν εξαιρετική ευκαιρία και χαρά για μένα να γνωρίσω και να βρίσκομαι ανάμεσα σε εξαιρετικούς επιστήμονες, αλλά πρωτίστως ανθρώπους. Ιδιαίτερη αναφορά θα ήθελα να κάνω στον Αλέξανδρο Φανό Ζιώγα, με τον οποίο μας δένει μια οικογενειακή φιλία και αποτέλεσε ο ένας για τον άλλον κίνητρο για αυτό το ταξίδι στη γνώση, καθώς και στο Σωτήρη Λέκκα, ο οποίος είναι πλέον και κλινικός συνεργάτης μου.

Κλείνοντας, ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στην οικογένειά μου για την αγάπη, τη στήριξή τους, τη συμπαράστασή τους και την αμέριστη κατανόησή τους. Η μητέρα μου Χριστίνα, ο πατέρας μου Μιλτιάδης και ο πατριός μου Γεράσιμος έχουν υπάρξει όλα αυτά τα χρόνια στηλοβάτες και ένθερμοι υποστηρικτές των ονείρων μου, που μόνο με τη βοήθειά τους μπόρεσαν να γίνουν στόχοι και να πραγματοποιηθούν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΣΚΟΠΟΣ: Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσει την επίδραση της εφαρμογής της παλμικής ακτινοβολίας Laser High Intensity Laser Therapy (HILT) στην ταχύτητα της αιματικής ροής και της αρτηριακής πίεσης των περιαρθρικών ιστών του γόνατος.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Είκοσι οκτώ συνολικά άτομα, υγιείς ενήλικες, 16 άνδρες με μέση ηλικία $45,88 \pm 9,7$ έτη και 12 γυναίκες με μέση ηλικία $39,08 \pm 7,55$ έτη, συμμετείχαν στη μελέτη, τα οποία ταξινομήθηκαν τυχαία σε δύο (2) ομάδες. Η 1^η ομάδα (n=14) ακολούθησε θεραπευτική παρέμβαση με HILT, ενώ στη 2^η ομάδα (14 άτομα) εφαρμόστηκε εικονική θεραπεία Laser. Στην ομάδα παρέμβασης (1^η ομάδα – HILT) εφαρμόστηκε το πρωτόκολλο βιοδιέγερσης της συσκευής: 20Hz συχνότητα, 1170J/cm² πυκνότητα ενέργειας και συνολική προσδιδόμενη ενέργεια στους ιστούς 1160Hz, αποδιδόμενη από εκπομπό χειρός διαμέτρου 5mm με μέγεθος spot 0,2cm² μέσω χειροκίνητης σάρωσης στη συνολική επιφάνεια του τετρακεφάλου.

Οι μετρήσεις της ταχύτητας της αιματικής ροής, πριν και μετά την παρέμβαση πραγματοποιήθηκαν με υπερηχογράφο Doppler, ο οποίος κατέγραφε παράλληλα και την αρτηριακή πίεση στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά η ταχύτητα της αιματικής ροής ($p<0,01$) και η αρτηριακή πίεση ($p<0,01$) στην ομάδα παρέμβασης, ενώ δε συνέβη το ίδιο στην ομάδα ελέγχου τόσο για την ταχύτητα της αιματικής ροής ($p=0,257$), όσο και για την αρτηριακή πίεση της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας ($p=0,749$) (placebo HILT).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Η HILT φαίνεται να αυξάνει την ταχύτητα της αιματικής ροής στην περιοχή του γόνατος και προτείνεται ως οικονομικά αποδοτική, μη επεμβατική και ανώδυνη στην εφαρμογή θεραπεία.

Λέξεις – κλειδιά: High Intensity Laser Therapy, HILT, Doppler Ultrasound, Knee Disorders, LLLT, Physiotherapy

ABSTRACT

AIM: The purpose of this study was to investigate the effect of the application due to the pulsed radiation of High Intensity Laser Therapy (HILT) application on the speed of the blood flow and blood (arterial) pressure of the periarticular tissues of the knee.

METHODS: A total of 28 healthy adult individuals, 16 men with a mean age of 45.88 ± 9.7 years old and 12 women with a mean age of 39.08 ± 7.55 years old, participated in the study, who were randomly divided into two (2) groups. The first group (n=14) received treatment with HILT, while the second group (14 people) underwent placebo Laser application. In the first (HILT) group, the biostimulation protocol of the device was applied: Frequency 20Hz, Energy density $1170\text{J}/\text{cm}^2$ and a total energy of 1160Hz in the tissues, via a probe with a 5mm probe, and a spot of $0,2\text{cm}^2$ through manual scanning on the quadriceps surface.

Blood flow measurements before and after the operation were performed with a Doppler ultrasound, which also recorded the values of the blood pressure in the deep femoral artery.

RESULTS: The data analysis showed that the speed of the blood flow revealed statistically significant increase in the intervention group ($p < 0,01$). The same happened also to the blood pressure in the intervention group ($p < 0,01$). The results didn't show statistically significant increase in the control group (placebo HILT) neither for the speed of blood flow ($p = 0,257$) nor for the blood pressure ($p = 0,749$) in the deep femoral artery.

CONCLUSIONS: In conclusion, HILT seems to increase the speed of the blood flow in the periarticular tissues of the knee, and is recommended as a cost-effective, non-invasive and painless treatment.

Key Words: High Intensity Laser Therapy, HILT, Doppler Ultrasound, Knee Disorders, LLLT, Physiotherapy

3.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	47
3.5.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	48
3.6 ΤΟΠΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	50
3.7 ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ	50
3.8 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	50
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	52
4.1 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	52
4.2 ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	54
4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	57
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	71
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες Laser και ασφάλεια σύμφωνα με τον FDA	11
Πίνακας 2.2: Θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ LLLT και HILT	35
Πίνακας 4.1: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες του φύλου των συμμετεχόντων	51
Πίνακας 4.2: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες του φύλου των συμμετεχόντων ανά ομάδα (πειραματική HILT/ομάδα ελέγχου placebo)	52
Πίνακας 4.3: Έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των δημογραφικών χαρακτηριστικών του δείγματος για κάθε μια από τις 2 ομάδες	54
Πίνακας 4.4: Σύγκριση δημογραφικών και σωματομετρικών χαρακτηριστικών του συνόλου του δείγματος	54
Πίνακας 4.5: Σύγκριση σωματομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των 2 ομάδων	55
Πίνακας 4.6: Σύγκριση μέσων τιμών σωματομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των 2 ομάδων	55
Πίνακας 4.7: Έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των τιμών για κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή	56
Πίνακας 4.8: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής και αρτηριακής πίεσης (πριν/μετά την παρέμβαση) μεταξύ των δύο ομάδων	57
Πίνακας 4.9: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής αίματος πριν και μετά την παρέμβαση και στις δύο ομάδες	62
Πίνακας 4.10: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης πριν και μετά την παρέμβαση και στις δύο ομάδες	63
Πίνακας 4.11: Συνοπτική σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής αίματος και αρτηριακής	

πίεσης πριν και μετά την παρέμβαση ανά ομάδα (HILT/placebo)	63
Πίνακας 4.12: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής του αίματος πριν την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων	64
Πίνακας 4.13: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής του αίματος μετά την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων	65
Πίνακας 4.14: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης πριν την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων	66
Πίνακας 4.15: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης μετά την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 4.1: Κατανομή του συνολικού δείγματος σύμφωνα με το φύλο	51
Διάγραμμα 4.2: Κατανομή των συμμετεχόντων ανά ομάδα (πειραματική HILT/ομάδα ελέγχου placebo)	52
Διάγραμμα 4.3: Σύγκριση μέσω τιμών ταχύτητας αιματικής ροής στην ομάδα παρέμβασης	58
Διάγραμμα 4.4: Σύγκριση μέσω τιμών ταχύτητας αιματικής ροής στην ομάδα ελέγχου	59
Διάγραμμα 4.5: Σύγκριση μέσω τιμών αρτηριακής πίεσης στην ομάδα παρέμβασης ..	60
Διάγραμμα 4.6: Σύγκριση μέσω τιμών αρτηριακής πίεσης στην ομάδα ελέγχου	61
Διάγραμμα 4.7: Σύγκριση μέσω τιμών ταχύτητας και αρτηριακής πίεσης πριν την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων	68
Διάγραμμα 4.8: Σύγκριση μέσω τιμών ταχύτητας και αρτηριακής πίεσης μετά την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Άρθρωση του γόνατος (οπίσθια πλευρά)	4
Εικόνα 2.2: Άρθρωση του γόνατος (έσω πλευρά)	5
Εικόνα 2.3: Αιμάτωση κάτω άκρου (δεξιά)	6
Εικόνα 2.4: Εξαναγκασμένη Εκπομπή Φωτός Laser	7
Εικόνα 2.5: Συνεχής και παλμική εκπομπή Laser	10
Εικόνα 2.6: Θεραπευτικές παράμετροι από την WALT για τενοντοπάθεια ώμου	15
Εικόνα 3.1: Συσκευή HILT HIRO 3.0	45
Εικόνα 3.2: Συσκευή Υπερηχογράφου Doppler CX50	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΟΑΓ = Οστεοαρθρίτιδα Γόνατος

BFR = Blood Flow Restriction

ΠΧΣ = Πρόσθιος Χιαστός Σύνδεσμος

LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

LLLT = Low Level Laser Therapy

HILT = High Intensity Laser Therapy

ROM = Range of Motion

LED = Light Emitting Diode

MASER = Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation

FDA = Food and Drug Administration

Nd:YAG = Neodymium - Yttrium Aluminum Garnet

PBM = Photobiomodulation

ROS = Reactive Oxygen Species

RNS = Reactive Nitrogen Species

WALT = World Association for Laser Therapy

ΣΣ = Σπονδυλική Στήλη

ΤΕΒ = Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη

ΑΕΕ = Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

ΚΝΜ = Κακώσεις Νωτιαίου Μυελού

ΚΝΣ = Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

NSS = Neurological Severity Score

FALS = Familial Amyotrophic Lateral Sclerosis

PD = Parkinson's Disease

ROM = Range of Motion

ΑΜΣΣ = Αυχενική Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης

VAS = Visual Analogue Scale

NDI = Neck Disability Index

SAIS = Subacromial Impingement Syndrome

ΟΜΣΣ = Οσφυϊκή Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης

TENS = Transcutaneous electrical nerve stimulation

ODI = Oswestry Disability Index

SDS = Spiral Decompression System

ΚΑ = Κάτω Άκρα

ΑΑ = Άνω Άκρα

LE = Lateral Epicondylitis

ΔΜΣ = Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI)

LQIP = Laitinen Questionnaire Indicators of Pain

RMDQ = Roland–Morris Disability Questionnaire

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Έγκριση Μελέτης 85

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Έντυπο Συναίνεσης και Εμπιστευτικότητας 86

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ζωή στον εικοστό πρώτο αιώνα φαίνεται να κινείται με πολύ γρήγορους ρυθμούς και οι απαιτήσεις της καθημερινότητας πολλές φορές να ξεπερνούν τα ενεργειακά αποθέματα του ανθρώπινου σώματος, μιας και οι σκελετικές δυσμορφίες, η υπέρχρηση, ή ακόμα και οι συνεχόμενοι μικροτραυματισμοί οδηγούν σε διαταραχή της ομαλότητας στην κινητική αλυσίδα κυρίως του κάτω άκρου, που οδηγεί σε κακώσεις ή σε χρόνια εκφυλιστικά σύνδρομα κυρίως στην άρθρωση του γόνατος (Πουλμέντης, 2007).

Η άρθρωση του γόνατος είναι μια περιοχή που έχει ερευνηθεί πολύ στη διάρκεια των χρόνων, τόσο για τα σύνδρομά της, όσο και για τους τραυματισμούς της. Μια απλή αναζήτηση σε μια πλατφόρμα επιστημονικών άρθρων, όπως είναι το «<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>» και μόνο όσον αφορά τις μελέτες (τυχαιοποιημένες μελέτες, συστηματικές ανασκοπήσεις και μεταanalύσεις) σχετικά με την επιστήμη της φυσικοθεραπείας στην άρθρωση του γόνατος και τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τον 21^ο αιώνα, θα μας εμφανίσει πάνω από δύο χιλιάδες (2.000) αποτελέσματα, κάτι το οποίο καθιστά σαφές την ποικιλία των κακώσεων και των συνδρόμων, καθώς και τους διαφορετικούς τρόπους προσέγγισης και έρευνας για την επίλυσή τους ή τη δημιουργία πρωτοκόλλων για την αποφυγή τους.

Σημαντικό κομμάτι των ερευνών στη βιβλιογραφία ασχολείται με την οστεοαρθρίτιδα γόνατος (ΟΑΓ). Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν οι παράγοντες κινδύνου της ΟΑΓ σε μια προσπάθεια να καθοριστεί με ακρίβεια ποιοι είναι αυτοί μέσα από μια συστηματική ανασκόπηση και μετανάλυση (Blagojevic et al., 2010). Έπειτα, μελετήθηκε η συσχέτιση μεταξύ ιστορικού κακώσεων και εμφάνισης ΟΑΓ (Muthuri et al., 2011). Αργότερα, ερευνήθηκαν εκ νέου και συγκεντρώθηκαν σε μια ακόμη συστηματική ανασκόπηση οι παράγοντες κινδύνου δημιουργίας ΟΑΓ (Silverwood et al., 2015). Αντίστοιχα, μελετήθηκε η συσχέτιση μεταξύ της αθλητικής δραστηριότητας και πιο συγκεκριμένα η συμμετοχή σε συγκεκριμένα αθλήματα που εμπεριέχουν στροφές, αναπηδήσεις, προσγειώσεις και μεγάλα εμβιομηχανικά φορτία και της δημιουργίας ΟΑΓ (Driban et al., 2017). Παράλληλα με τις παραπάνω έρευνες που αφορούν κυρίως την πρόληψη, έχουν πραγματοποιηθεί και έρευνες που ασχολούνται με την αποκατάσταση, είτε προεγχειρητικά, είτε μετεγχειρητικά, δια ζώσης, ακόμα και με τη μέθοδο της τηλεαποκατάστασης (Azma et al., 2018). Μελετήθηκε επίσης και ο ηλεκτροβελονισμός

ως συμπληρωματική μέθοδος αποκατάστασης σε ασθενείς με ΟΑΓ (Dunning et al., 2018). Την ίδια χρονιά (Kaya et al., 2018) και λίγο αργότερα, (Yang et al., 2019), δημοσιεύθηκαν έρευνες που αναφέρουν τα φυσικά μέσα είτε ως υποβοήθηση, είτε ως μέσο σύγκρισης με άλλες μεθόδους αποκατάστασης σε ό,τι αφορά την ΟΑΓ.

Σημαντικό κομμάτι των ερευνών, όμως, λαμβάνουν και οι τραυματικές καταστάσεις της άρθρωσης του γόνατος, καθώς και ο τρόπος να βρεθούν οι παράγοντες κινδύνου, ώστε να μειωθούν τα τραυματικά περιστατικά. Φαίνεται να έχουν μελετηθεί κάποια αθλήματα επανειλημμένα, που φέρεται να καταπονούν ιδιαίτερα την άρθρωση του γόνατος, κυρίως λόγω της τεχνικής τους και της επαναληψιμότητας των κινήσεων, καθώς και της εκρηκτικότητας ορισμένων από αυτά. Κάποια από αυτά είναι το judo (Pococco et al., 2013), το ποδόσφαιρο (Hägglund & Waldén, 2016; McCall et al., 2015), η άρση βαρών (weight lifting και power lifting) (Aasa et al., 2017), το βόλεϋ (Kilic et al., 2017), ακόμα και το cross-fit ως μέσο προπόνησης (Rodríguez et al., 2021). Βεβαίως δε λείπουν οι έρευνες που περιλαμβάνουν φυσικά μέσα, όπως το blood flow restriction (BFR) στην αποκατάσταση του γόνατος μετά από χειρουργική επέμβαση στον Πρόσθιο Χιαστό Σύνδεσμο (ΠΧΣ) (Erickson et al., 2019).

Γενικότερα, η χρήση των φυσικών μέσων στα πλαίσια της υλοποίησης ενός προγράμματος φυσικοθεραπευτικής αποκατάστασης είναι ευρεία μιας και η τεχνολογική εξέλιξη έχει βοηθήσει σημαντικά στο σχεδιασμό συσκευών, των οποίων οι βιολογικές επιδράσεις στους ιστούς είναι ευεργετικές ως προς την ποιότητα ή την ταχύτητα της αποκατάστασης των ασθενών. Ένα τέτοιο φυσικό μέσο είναι η ακτινοβολία Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Είναι ένα μη επεμβατικό μέσο, ανώδυνο στην εφαρμογή του, το οποίο συστήνεται ως μέρος θεραπείας πολλαπλών κλινικών καταστάσεων, τραυματικών ή χρόνιων συνδρόμων.

Οξείες τραυματικές καταστάσεις όπως διαστρέμματα, μετεγχειρητικός πόνος, κρίσεις οσφυαλγίας, τενοντίτιδες, καθώς και χρόνια σύνδρομα όπως οστεοαρθρίτιδα, τενοντοπάθειες, σύνδρομο καρπιαίου σωλήνα, ινομυαλγία, πελματιαία απονευρωσίτιδα, φαίνονται να ανταποκρίνονται καλά στη θεραπεία με Laser και πιο συγκεκριμένα με Low Level Laser Therapy (LLLT) (Ordahan et al., 2018). Λόγω του ευρέος φάσματος δράσης των Laser, θα υπέθετε κανείς ότι πολλαπλοί μηχανισμοί μπορούν να λειτουργήσουν για να επιτύχουν ανακούφιση από τον πόνο (Hamblin & Huang, 2019). Υπάρχουν αρκετές

μελέτες που αποδεικνύουν ότι οι συνολικές επιδράσεις της θεραπείας με Laser είχαν καλύτερα αποτελέσματα από τη χορήγηση αντιφλεγμονωδών φαρμάκων με ταυτόχρονη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση.

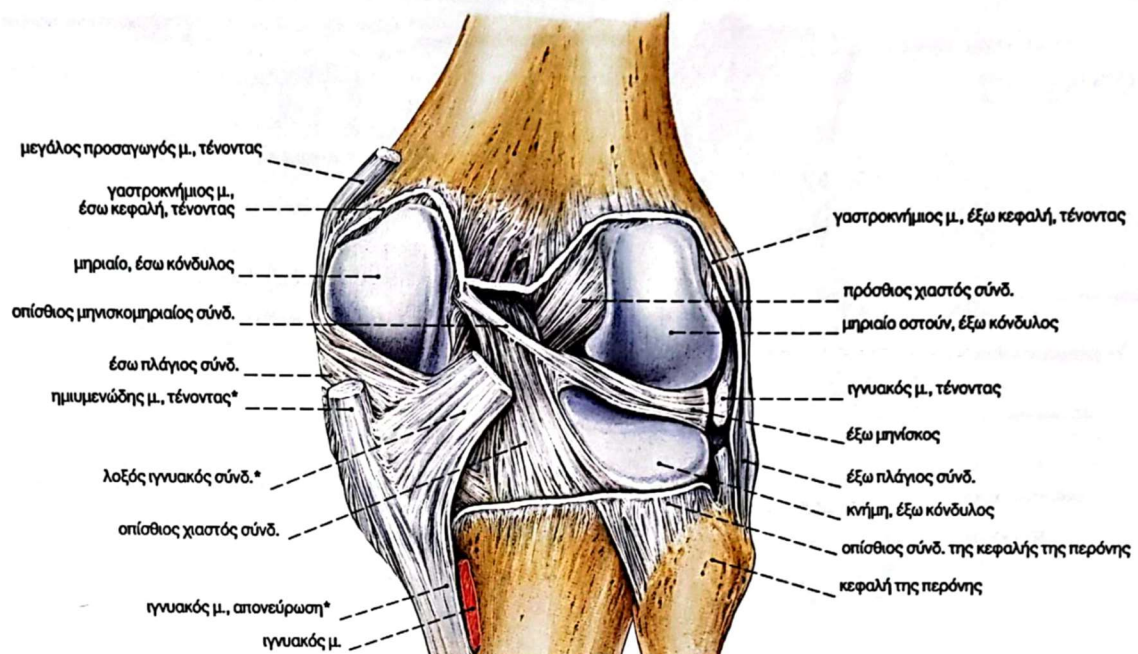
Σε μια πρόσφατη ανασκόπηση, ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θεραπεία με LLLT είναι μια νέα οικονομικά αποδοτική θεραπεία για τον μυοσκελετικό πόνο, η οποία βελτιώνει την ποιότητα ζωής, μειώνοντας ταυτόχρονα την οικονομική επιβάρυνση του πάσχοντος (Cotler et al., 2015).

Η πιο τεχνολογικά εξελιγμένη μορφή του φωτός Laser είναι τα λεγόμενα Power Laser ή High Intensity Laser Therapy (HILT) (Alayat et al., 2016). Μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση (Song et al., 2018) έδειξε ότι η εφαρμογή HILT είναι αποτελεσματική ως προς τη μείωση της αίσθησης του μυοσκελετικού πόνου. Λόγω του γεγονότος ότι η εφαρμογή των Power Laser στη φυσικοθεραπεία είναι σχετικά καινούρια, υπάρχει ελλιπής πληροφόρηση σχετικά με τις φωτοβιολογικές τους επιδράσεις. Ορισμένοι ερευνητές άρχισαν να χρησιμοποιούν τον όρο HILT, αναφερόμενοι στα laser με μήκος κύματος 1064nm. (Akaltun et al., 2021; Alayat et al., 2016; Alayat et al., 2018; Venosa et al., 2019).

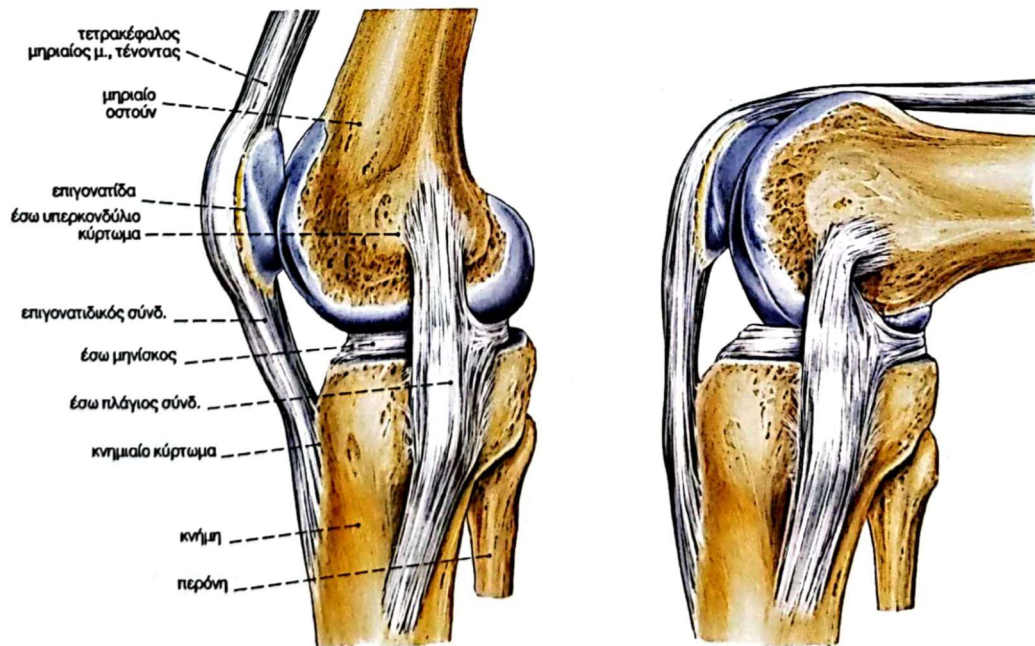
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η διάρθρωση του γόνατος αποτελείται από τρία (3) οστά: το μηριαίο, την κνήμη και την επιγονατίδα (Ζεέρης, 2004). Η άρθρωση του γόνατος αποτελείται από δύο (2) διαρθρώσεις: την επιγονατιδομηριαία και την κνημομηριαία. Μεταξύ των κονδύλων του μηριαίου οστού και των κονδύλων της κνήμης υπάρχουν οι μηνίσκοι (έσω και έξω), οι οποίοι είναι διάρθριοι χόνδροι. Η ενίσχυση του γόνατος γίνεται μέσω συνδέσμων: στην πρόσθια επιφάνεια βρίσκονται ο επιγονατιδικός (ο οποίος αποτελεί προέκταση του τένοντα του τετρακεφάλου), καθώς και οι καθεκτικοί (ορθός, οριζόντιος και τοξοειδής). Στην πλάγια επιφάνεια βρίσκονται οι πλάγιοι (έσω και έξω), στην οπίθια βρίσκονται οι χιαστοί (πρόσθιος και οπίσθιος, οι οποίοι βρίσκονται μέσα στην άρθρωση και εκτείνονται χιαζόμενοι) και ο λοξός γνυακός (ο οποίος είναι η προέκταση του τένοντα του ημιμυενώδη) (Εικόνα 2.1, Εικόνα 2.2) (Sobotta, 1998; Πισίδης, 1992). Οι κινήσεις της άρθρωσης του γόνατος είναι οι ακόλουθες: κάμψη, έκταση, καθώς και μικρή στροφή όταν το γόνατο βρίσκεται σε κάμψη (Πισίδης, 1992).

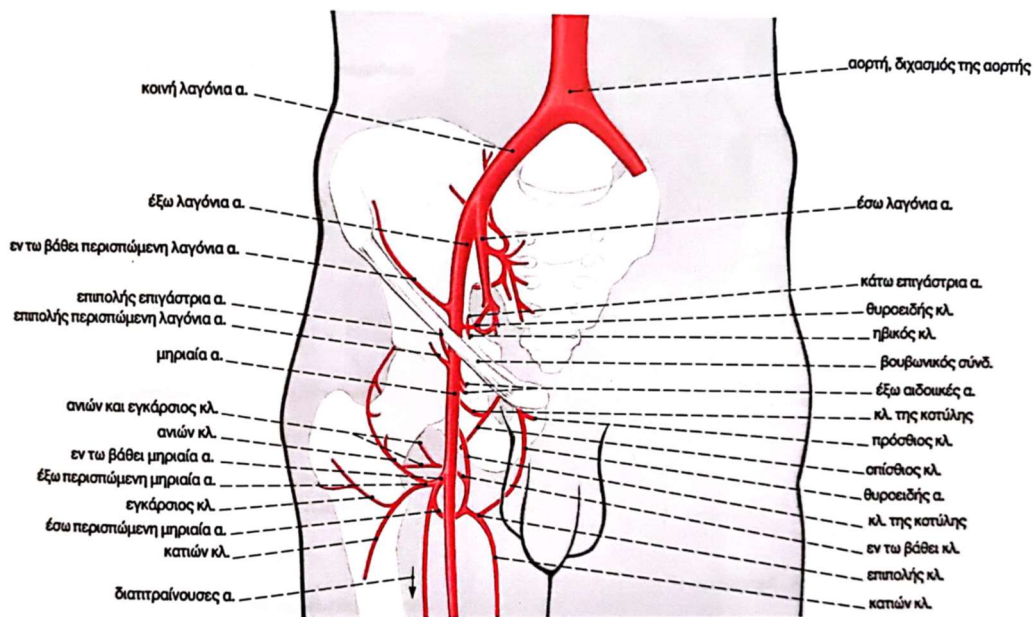


Εικόνα 2.1: Άρθρωση του γόνατος (οπίσθια πλευρά)



Εικόνα 2.2: Άρθρωση του γόνατος (έσω πλευρά)

Οι μύες που προστατεύουν και κινούν την άρθρωση του γόνατος είναι πολλοί, όπως ο δικέφαλος μηριαίος, ο ιγνυακός, ο τείνων την πλατεία περιτονία, ο ημιϋμενώδης, ο ημιτενοντώδης και ο γαστροκνήμιος. Ο σημαντικότερος από τους μύες της άρθρωσης του γόνατος, καθώς και όλου του σώματος είναι ο τετρακέφαλος (Sobotta, 1998). Η αιμάτωση της άρθρωσης του γόνατος γίνεται από την κοιλιακή αορτή, η οποία στο ύψος του τέταρτου οσφυϊκού σπονδύλου διχάζεται σε αριστερή και δεξιά κοινή λαγόνιο. Η κάθε μία από αυτές χωρίζεται κάτω από το βουβωνικό σύνδεσμο στην έξω και την έσω λαγόνιο. Οι έξω λαγόνιες αρτηρίες εξέρχονται από την πύελο στο μηρό, όπου ονομάζονται μηριαίες αρτηρίες (δεξιά και αριστερή αντίστοιχα). Η μηριαία αρτηρία δίνει ένα μεγάλο κλάδο, την εν τω βάθει μηριαία αρτηρία, η οποία αιματώνει τον τετρακέφαλο, καθώς και άλλους μικρότερους κλάδους. Στην ιγνυακή χώρα συνεχίζει ως ιγνυακή αρτηρία προς την κνήμη και τον άκρο πόδα (Εικόνα 2.3) (Sobotta, 1998; Πισίδης, 1992).



Εικόνα 2.3: Αιμάτωση κάτω άκρου (δεξιά)

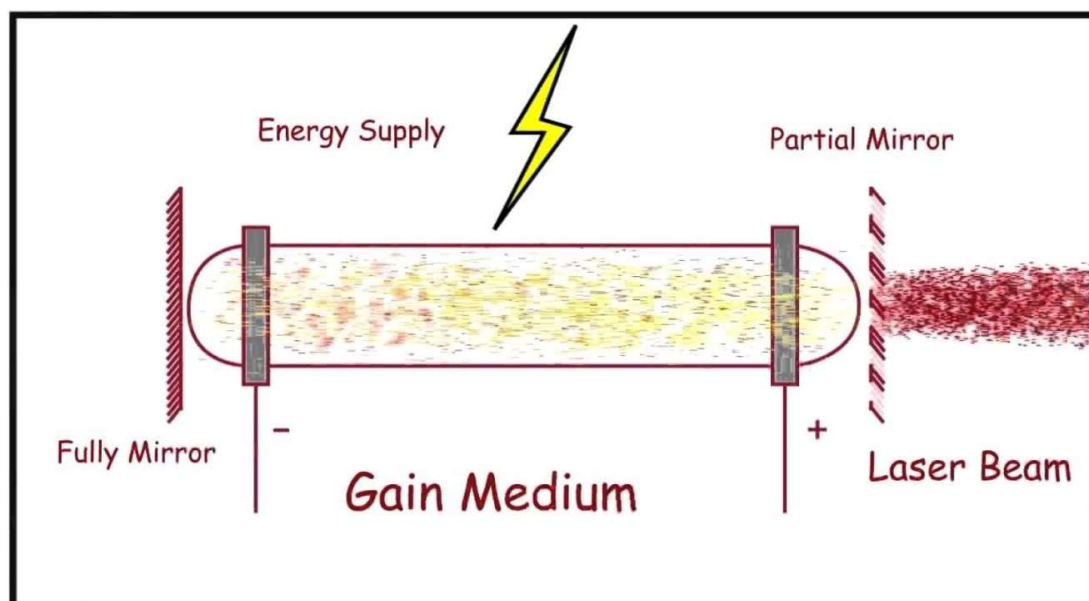
2.2 LASER

Τα τελευταία χρόνια η χρήση της ακτινοβολίας Laser στην αποκατάσταση είναι ευρέως διαδεδομένη και συνεχώς εξελισσόμενη ως προς την ποικιλία, τον τρόπο εκπομπής και το μέσο παραγωγής του φωτός Laser. Ο όρος Laser προήλθε ως συντομογραφία του Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, δηλαδή ενίσχυση του φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας, φαινόμενο στο οποίο βασίζεται η λειτουργία των συσκευών αυτών (Γιόκαρης, 2007). Στη σύγχρονη φυσικοθεραπεία, η θεραπεία με συσκευές Laser είναι μια μη επεμβατική και ανώδυνη μέθοδος παρέμβασης, η οποία παρέχει διάφορες βιολογικές επιδράσεις στους προς θεραπεία ιστούς και στην κλινική εικόνα των ασθενών (Alayat et al., 2014; Kim et al., 2016; Tabatabai et al., 2016).

2.2.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ LASER

Το Laser αποτελεί μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, η οποία έχει συχνότητα και μήκος κύματος μέσα στο υπέρυθρο αλλά και στο ορατό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η ηλεκτρομαγνητική φωτεινή αυτή ενέργεια μεταφέρεται στο χώρο μέσω των φωτονίων (περιέχουν συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας ανάλογα το μήκος κύματος)

(Prentice, 2020). Το Laser αποτελείται από ένα ενεργό υλικό, το οποίο μπορεί να είναι υγρό, αέριο ή στερεό και έχει συγκεκριμένες οπτικές ιδιότητες, μέσα σε έναν οπτικό θάλαμο (Cotler et al., 2015). Όταν σε αυτό το υλικό εφαρμόζεται μια εξωτερική πηγή ισχύος, τότε απελευθερώνονται φωτόνια συγκεκριμένης φάσης, κατεύθυνσης και συχνότητας. Στα δύο άκρα του οπτικού θαλάμου, μέσα στον οποίον βρίσκεται το ενεργό υλικό, υπάρχουν κάτοπτρα (καθρέφτες) τόσο για την ανάσχεση όσο και την ενίσχυση και παραγωγή περισσότερων φωτονίων. Το ένα κάτοπτρο είναι πλήρως ανακλαστικό, ώστε πέφτοντας πάνω του τα φωτόνια να επιστρέφουν πίσω στο θάλαμο και να ξαναπερνούν από το ενεργό υλικό, προκαλώντας έτσι την εκπομπή περισσότερων φωτονίων. Όταν διεγερθούν αρκετά φωτόνια, ώστε να μην μπορούν να συγκρατηθούν μέσα στον οπτικό θάλαμο, έχει επιτευχθεί ένα επίπεδο ενέργειας, κατά το οποίο τα φωτόνια περνούν από το δεύτερο κάτοπτρο, που είναι ημιδιαπερατό, με τη μορφή μιας δέσμης φωτός (Εικόνα 2.4). Αυτή η δέσμη φωτός που παράγεται από εξαναγκασμένη εκπομπή ονομάζεται φως Laser (Prentice, 2020).



Εικόνα 2.4: Εξαναγκασμένη Εκπομπή Φωτός Laser

Μιας και όπως προαναφέρθηκε το φως Laser έχει συγκεκριμένο τρόπο παραγωγής, υπάρχουν τρία (3) χαρακτηριστικά που το καθορίζουν. Αυτά είναι: α) η συνοχή, μιας και παράγονται εξαναγκασμένα μέσα τον ίδιο θάλαμο από το ίδιο ενεργό υλικό έχοντας το ίδιο μήκος κύματος, β) η μονοχρωματικότητα, μιας και έχουν ένα μεμονωμένο και συγκεκριμένο μήκος κύματος, το οποίο καθορίζεται από το είδος του ενεργού υλικού και

γ) η κατευθυντικότητα, διότι έχοντας ελάχιστες αποκλίσεις, τα φωτόνια κινούνται παράλληλα δημιουργώντας μια δέσμη φωτός Laser (Kheshie et al., 2014; (Korkmaz et al., 2022; Prentice, 2020; Γιόκαρης, 2007).

2.2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η φωτοθεραπεία, δηλαδή η θεραπεία μέσω φωτός, είναι ένα είδος θεραπείας που δεν έχει οριστεί η ακριβής χρονική της έναρξη, μιας και υπάρχουν αναφορές για θεραπεία δερματικών παθήσεων στο ηλιακό φως μετά από χρήση θεραπευτικών φυτών στην Ινδία περίπου το 1400π.Χ., η οποία τότε αναφέρεται ως «φωτοϊατρική». Το 18^ο αιώνα αρχίζουν να εμφανίζονται οι πρώτες αναφορές στην ιατρική βιβλιογραφία, οι οποίες αναφέρουν ότι το φως του ήλιου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ώστε να θεραπεύσει μεγάλη ποικιλία παθήσεων. Περί τα τέλη του 18^{ου} αιώνα υπάρχουν και αναφορές σχετικά με τις θεραπευτικές ιδιότητες του ηλιακού φωτός σε έλκη και πληγές. Στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα η «ηλιοθεραπεία» ήταν ευρέως διαδεδομένη. Δημιουργήθηκε ακόμα και κλινική για παροχή θεραπείας μέσω του ηλιακού φωτός στη Σλοβενία από τον Ελβετό Rikli (Hamblin, 2017). Το 1903, απονεμήθηκε βραβείο Νόμπελ (φυσιολογία της Ιατρικής) στον Δρ. Nils Finsen για τη συμβολή του στη θεραπεία ασθενών με «συμπυκνωμένη ακτινοβολία φωτός», και ειδικά ασθενών με lupus vulgaris (Alayat et al., 2014; Kim et al., 2016; Tabatabai et al., 2016).

Το τέλος του 19^{ου} αιώνα θεωρήθηκε η εποχή των «ακτίνων» και των «κυμάτων», ειδικά μετά την ανακάλυψη του ράδιου και των ακτίνων X, μιας και αποκαλύφθηκε ένα ευρύτατο φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ορατής και μη. Ο Αϊνστάιν αναλογιζόμενος και τις επιπτώσεις της καινούριας ανακάλυψης που άκουγε στο όνομα κβαντική φυσική έκανε μια υπόθεση που αποτέλεσε βάση για τη δημιουργία του φωτός Laser. Η υπόθεση ήταν ότι θα μπορούσε να καταστεί δυνατή η εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών ακτίνων, οι οποίες θα διεγείρανε άτομα έτσι ώστε να προκληθεί περαιτέρω διέγερση ηλεκτρομαγνητικών ακτίνων του ίδιου μήκους κύματος. Η υπόθεση αυτή παρέμεινε για πολλές δεκαετίες σε θεωρητικό επίπεδο μιας και με τα τότε μέσα ήταν αδύνατο να δοκιμαστεί κάτι τέτοιο πρακτικά (Hamblin, 2017).

Μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου, χρηματοδοτήθηκε σημαντικά η έρευνα σε διάφορα πεδία (επιστημονικό, βιομηχανικό). Τα μικρού μήκους κύματος ραδιοκύματα, γνωστά ως μικροκύματα χρησιμοποιούνταν για να διεγείρουν τα μόρια μέσω δονήσεων που αποκάλυπταν σημαντικές δομικές πληροφορίες. Ο Charles Hard Townes το 1954 δημιούργησε τον πρώτο θάλαμο εξαναγκασμένης εκπομπής μικροκυμάτων (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation = MASER) (Hamblin, 2017). Η έρευνα επεκτάθηκε και στην οπτική περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπου το «microwave» έγινε «light», κι έτσι αναπτύχθηκαν τα πρώτα Laser. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται από το 1965 (Prentice, 2020).

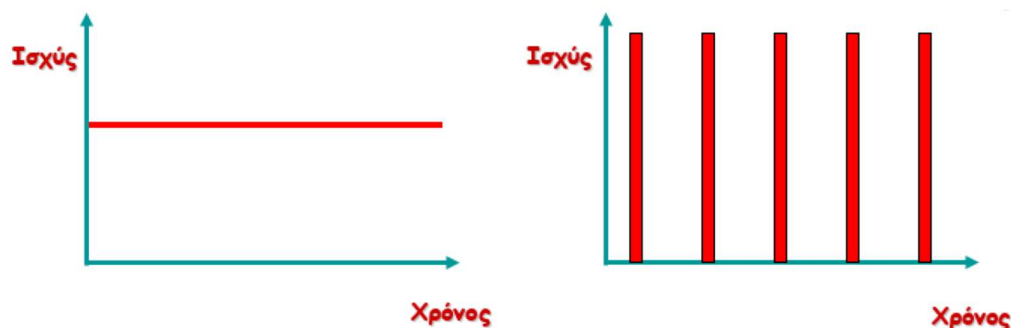
Οι πρώτες εργαστηριακές αλλά και κλινικές έρευνες ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1960 χρησιμοποιώντας ως μήκος κύματος (λ) τα 694nm (LLLT) από κρύσταλλο ρουβιδίου (Rb), βάσει της υπόθεσης του Αϊνστάιν το 1916 για την παραγωγή πηγής Laser, από τον Theodore Mainman (Chow, 2011; Prentice, 2020). Μία από τις σημαντικότερες μελέτες της δεκαετίας του 1960 ήταν αυτή του Endre Mester, που εφάρμοσε Laser σε μη επουλωμένα χρόνια έλκη και ανοιχτές πληγές και βρήκε ένα αξιοσημείωτο ποσοστό επούλωσης, ειδικά στα φλεβικά. Η μελέτη αυτή αποτέλεσε το εφαλτήριο για τη συνέχιση της χρήσης Laser για επούλωση τραυμάτων καθώς και το σημείο έναρξης διεξαγωγής ερευνών ως προς τους μηχανισμούς δράσης του. Το 1967, ήταν σε θέση να επιδείξει το φαινόμενο της λεγόμενης «βιοδιέγερσης Laser» μέσω της έρευνάς του (Mester, Mester, & Mester, 1985). Σε αυτή τη δεκαετία επίσης κατασκευάστηκαν και οι πρώτες συσκευές Laser με ενεργό υλικό μείγμα Ηλίου Νέου (He, Ne). Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 κατασκευάστηκαν Laser με ενεργό υλικό το μείγμα Γαλλίου, Αλουμινίου, Αρσενικού (Ga, Al, As) (Chow, 2011). Από τότε έχουν δημοσιευθεί πάνω από 400 τυχαιοποιημένες, διπλά τυφλές, ελεγχόμενες με εικονικό φάρμακο (placebo) δοκιμές, με περισσότερες από 4000 εργαστηριακές μελέτες θεραπείας με Laser (Chung et al., 2012). Παρόλα αυτά και μέχρι σήμερα κυρίως λόγω της ανομοιογένειας και του μικρού αριθμού δείγματος των υπαρχόντων μελετών, καθώς και της διαφορετικής παραμετροποίησης των συσκευών Laser, δεν υπάρχει ισχυρή τεκμηρίωση ως προς τον ακριβή μηχανισμό δράσης στους ιστούς (Chow, 2011; Chung et al., 2012).

2.2.3 ΤΥΠΟΙ LASER

Οι συσκευές Laser διαχωρίζονται με βάση το είδος του ενεργού υλικού μέσα στον οπτικό θάλαμο. Μπορεί να είναι στερεάς κατάστασης (π.χ. Νεοδυμίου Nd:YAG), υγρά (π.χ. τα laser των χρωστικών), αέρια (π.χ. Ηλίου, Νέου He, Ne) και ημιαγωγών ή διοδικά (π.χ. Γαλλίου, Αλουμινίου, Αρσενικού Ga, Al, As, ή Διοξειδίου του Άνθρακα CO₂) (Cotler et al., 2015; (Alayat et al., 2019; Prentice, 2020; Γιόκαρης, 2007).

Ανάλογα με τη μέγιστη ισχύ και τη μέση εκπεμπόμενη ισχύ εξόδου τα laser διαχωρίζονται σε soft, mid και power. Τα soft laser έχουν μέγιστη ισχύ μικρότερη των 50mW, τα mid laser μεταξύ 50mW και 1000mW και τα power laser πάνω από 1000mW, επονομαζόμενα και ως «θερμά Laser», λόγω των θερμικών αντιδράσεων που προκαλούν (Alayat et al., 2019; Prentice, 2020).

Οι συσκευές Laser εκπέμπουν με δύο τρόπους: α) συνεχώς και β) παλμικά. Στις συσκευές συνεχούς εκπομπής η ακτινοβολία εξέρχεται της πηγής συνεχόμενα, ενώ στα παλμικά κατά ώσεις (Εικόνα 2.5) (Γιόκαρης, 2007).



Εικόνα 2.5: Συνεχής και παλμική εκπομπή Laser

Τα Laser υψηλής ισχύος χρησιμοποιούνται σε διάφορες ιατρικές εφαρμογές, όπως οι χειρουργικές τομές, η αιμόσταση, η οφθαλμολογία, η ογκολογία, η αγγειοχειρουργική. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ευρέως και στη Φυσικοθεραπεία και κυρίως τα στερεά Laser με ενεργό μέσο το Nd:YAG (Neodymium - Yttrium Aluminum Garnet) και μήκος κύματος 1064nm (Alayat et al., 2019; Prentice, 2020; Γιόκαρης, 2007).

Τα Laser χαμηλής ισχύος (soft και mid) είναι ευρέως διαδεδομένα στη Φυσικοθεραπεία. Επίσης έχουν εφαρμογή και σε άλλες επιστήμες όπως είναι η δερματολογία και η οδοντιατρική (Alayat et al., 2019; Prentice, 2020).

2.2.4 LASER ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Με την εξέλιξη και την ευρεία εφαρμογή των συσκευών Laser, οι Ηνωμένες Πολιτείες και ιδίως ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration = FDA) μέσω του Κέντρου Συσκευών και Ακτινολογικής Υγείας (Center for Devices and Radiological Health) κατέστησαν αναγκαία την ανάπτυξη εθνικών κατευθυντήριων οδηγιών, τόσο για την ασφάλεια όσο και για την αποτελεσματικότητα της θεραπείας μέσω του φωτός Laser (Prentice, 2020). Έτσι, οι συσκευές Laser κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τους πιθανούς κινδύνους της έκθεσης του δέρματος και των οφθαλμών σε αυτές, χωρίς κατάλληλη προστασία της όρασης, σε τέσσερις (4) μεγάλες κατηγορίες, οι οποίες προσδιορίζονται από το μήκος κύματος και την εκπεμπόμενη ισχύ. Στον παρακάτω πίνακα διαφαίνεται η κατηγοριοποίηση των Laser σύμφωνα με τον FDA (Hamblin, 2017; Prentice, 2020).

Πίνακας 2.1: Κατηγορίες Laser και Ασφάλεια σύμφωνα με τον FDA

ΕΚΠΙΟΜΠΗ LASER ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ	
Κλάση I	$P^* < 1\text{mW}$ Θεωρούνται αβλαβή για το σώμα (εκτυπωτές laser, CD players, DVD players)
Κλάση II Κλάση IIa	$P < 1\text{mW}$ Συνίσταται η αποφυγή άμεσης επαφής με την πηγή για πολλή ώρα (Κλάση IIa → barcode scanners)
Κλάση IIIa	$P < 5\text{mW}$ Ανήκει στο φάσμα του ορατού φωτός και μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο μάτι όταν κοιτάζει δέσμες συγκεκριμένης ισχύος (Laser He-Ne, Laser pointer)
Κλάση IIIb	$5\text{mW} < P < 500\text{mW}$ (στο ορατό φως) Περιλαμβάνει Laser υπεριώδους, ορατού και υπέρυθρου φωτός Υψηλότερο επίπεδο κινδύνου σε άμεση θέαση σε δέρμα και οφθαλμούς Συνίσταται ισχυρά η χρήση ειδικών γυαλιών κατά την εφαρμογή (Laser GaAlAs, Laser GaAs)

Κλάση IV	<p>P > 500mW</p> <p>Ονομάζονται αλλιώς υψηλής ισχύος</p> <p>Υψηλός κίνδυνος βλάβης και ανάφλεξης υλικών, πιθανότητα δερματικών κακώσεων και οφθαλμικών βλαβών</p> <p>(χειρουργικά Laser, Laser projectors)</p>
----------	---

*P = ισχύς

Η βιβλιογραφία έχει να μας υποδείξει αρκετές πειραματικές μελέτες με την εφαρμογή Laser σε διαφορετικές μυοσκελετικές δυσλειτουργίες. Παράλληλα όμως, έχει εφαρμοστεί και για την μελέτη υγιούς πληθυσμού. Πιο συγκεκριμένα, οι Toma et al. (2016), χρησιμοποίησαν το Laser σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης, ώστε να μελετήσουν αν υπάρχει επίδραση στη μυϊκή δύναμη σε 38 υγιείς γυναίκες από 60 έως 70 ετών. Επίσης οι Higashi et al. (2013), μελέτησαν την επίδραση της εφαρμογής Laser στο μυϊκό κάματο του δικεφάλου βραχιονίου σε 20 υγιείς νεαρές γυναίκες. Τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι η χρήση του Laser είναι ασφαλής και χωρίς παρενέργειες στον υγιή πληθυσμό, ανεξαρτήτου ηλικίας

2.2.5 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ LASER ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

Η επίδραση του φωτός Laser στους ιστούς εξαρτάται από παράγοντες όπως το μήκος κύματος, ο τρόπος εκπομπής (συνεχής ή παλμικός), το μέγεθος του σημείου δέσμης, η διάρκεια παλμού και το εύρος παλμού, η παύση μεταξύ παλμών, η ενεργειακή ροή, η συνολική αποδιδόμενη ενέργεια, ο χρόνος ακτινοβολίας, η συχνότητα των θεραπειών καθώς και η μέγιστη ισχύς εκπομπής αλλά και η μέση ισχύς εξόδου (Kim et al., 2016; Song et al., 2018; (Choi et al., 2017). Η φωτοβιορρύθμιση μέσω του φωτός Laser (Laser Photobiomodulation = PBM) διεγείρει τα κύτταρα, συμπεριλαμβανομένων των υποδοχέων πόνου στους περιφερικούς ιστούς και μπορεί να προκαλέσει αγγειοδιαστολή με αναλγητικά αποτελέσματα. Γι' αυτό το λόγο έχει ευρεία χρήση στην αποκατάσταση με σκοπό τη μείωση του πόνου των ασθενών (Alayat et al., 2019; Conforti & Fachinetti, 2013; Ezzati et al., 2020).

Συχνά, στις εφαρμογές Laser συναντούμε τον όρο «θεραπευτικό παράθυρο» ή «οπτικό παράθυρο». Ως «οπτικό παράθυρο» καλείται μια σειρά από μήκη κύματος όπου η

διείσδυση του φωτός Laser (από αυτά τα μήκη κύματος) μεγιστοποιείται στον ιστό, αν χρησιμοποιηθεί είτε ερυθρό φως, είτε φως κοντά στην υπέρυθη ακτινοβολία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το βέλτιστο μήκος κύματος έχει εκτιμηθεί ότι είναι περίπου 810nm (Hamblin & Demidova, 2006; Sundararajan, 2015).

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η θεραπεία με Laser μπορεί να διεγείρει την αποκατάσταση σε κατεστραμμένους ιστούς, τραύματα και περιφερικά νεύρα που οδηγούν σε νευρική αναγέννηση (Alayat et al., 2019; Ordahan, Karahan, & Kaydok, 2018; Pekyavas & Baltacı, 2016); Song et al., 2018). Πιστεύεται ότι αυτό συμβαίνει με την επαγωγή της τοπικής απελευθέρωσης κυτοκινών, χημειοκινών, και άλλων βιολογικών τροποποιητών που μειώνουν το χρόνο που απαιτείται για την επούλωση (Chow et al., 2021; Higashi et al., 2013; Ordahan et al., 2018). Εικάζεται ότι αυτό το αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την αύξηση της παραγωγής και της δραστηριότητας των ινοβλαστών και των μακροφάγων, τη βελτίωση της κινητικότητας των λευκοκυττάρων καθώς και με την ενεργοποίηση του σχηματισμού κολλαγόνου (Chung et al., 2012).

Πιο συγκεκριμένα, τα Laser χαμηλής ισχύος (LLLT) φαίνεται να προκαλούν περισσότερο φωτοχημική παρά φωτοθερμική επίδραση στους ιστούς κατά την εκπομπή τους. Φαίνεται πως οι φωτοχημικές επιδράσεις που προκαλεί στα κύτταρα το φως Laser μπορούν να συγκριθούν με τις επιδράσεις που έχει στα φυτά η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, καθώς τα φωτόνια απορροφώνται από τους κυτταρικούς φωτοϋποδοχείς και προκαλούν χημικές αλλαγές στο κύτταρο (Toma et al., 2016; (Higashi et al., 2013).

Για να έχει επίδραση το ορατό ή σχεδόν υπέρυθρο φως των LLLT σε ένα βιολογικό σύστημα, το φωτόνιο που εκπέμπεται θα πρέπει να απορροφάται από κάποιον «δέκτη» φωτονίων ή κάποιο χρωμοφόρο (πρώτος νόμος φωτοβιολογίας) (Bjordal, 2016; Hamblin, 2017; Hamblin & Avcı, 2015). Χρωμοφόρο καλείται ένα μόριο (ή τμήμα αυτού) που μεταδίδει ένα χρώμα σε μια ένωση (π.χ. χλωροφύλλη, αιμοσφαιρίνη, μυοσφαιρίνη, κ.ά. (Lane N, 2006). Τα μιτοχόνδρια αποτελούν τους «κυτταρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας» στα κύτταρά μας και ως εκ τούτου μετατρέπουν τα μόρια τροφής και το οξυγόνο σε ενέργεια (ATP) μέσω της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης (Cotler et al., 2015; (Whelan et al., 2001). Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) που παράγεται στα μιτοχόνδρια μπορεί να αναστέλλει την αναπνοή και να μετατοπίζει το οξυγόνο ειδικά σε τραυματισμένα ή υποξικά κύτταρα συνδεδεμένο με την κυτταροχρωμική οξειδάση

(COX), που αποτελεί τον κύριο φωτοδέκτη στα κύτταρα των θηλαστικών (Brown, 1995; Hamblin & Demidova, 2006). Φαίνεται ότι η εφαρμογή LLLT μπορεί να διαχωρίσει το NO από την COX και να αντιστρέψει τη μιτοχονδριακή αναστολή της αναπνοής λόγω υπερβολικής δέσμωσης NO (Lane, 2006). Επίσης η εφαρμογή LLLT φαίνεται να είναι σε θέση να παράξει μια μετατόπιση του συνολικού οξειδωτικού δυναμικού των κυττάρων προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης οξείδωσης αυξάνοντας τα αντιδραστικά είδη οξυγόνου (Reactive Oxygen Species = ROS) και μειώνοντας τα αντιδραστικά είδη αζώτου (Reactive Nitrogen Species = RNS) (Ammendolia et al., 2021; Hamblin & Demidova, 2006); Song et al., 2018).

Για τους ανωτέρω λόγους, και κυρίως λόγω της υπερίσχυσης της φωτοχημικής επίδρασης στους ιστούς έναντι στη φωτοθερμική, η θεραπεία με LLLT συνήθως χρησιμοποιείται για μείωση της αίσθησης του πόνου, την αποκατάσταση νευρικού ιστού, την ενίσχυση της περιφερικής κυκλοφορίας, καθώς και τη μείωση της φλεγμονής στους ιστούς (Toma et al., 2016).

Παρ' όλα αυτά, δεν είναι απολύτως διακριτά τα όρια μεταξύ Laser χαμηλής ισχύος και Laser υψηλής ισχύος, έχοντας ως κύριο χαρακτηριστικό διαχωρισμού τους τη φωτοθερμική επίδραση που υπάρχει στους ιστούς. Θεωρείται πως αν ένα Laser δεν παράξει ικανή φωτοθερμική επίδραση στους ιστούς μπορεί να καλείται Laser χαμηλής ισχύος (Hamblin, 2017; Prentice, 2020).

Η βιβλιογραφία αναφέρει συχνά τη σημασία της ποσότητας της ενέργειας που πρέπει να δοθεί στον προς θεραπεία ιστό στον κατάλληλο χρόνο, ώστε αφενός να μην είναι ανεπαρκής ή ανύπαρκτη η βιολογική επίδραση στους ιστούς, και αφετέρου να μην έχει αναχαιτιστικές ή καταστροφικές συνέπειες για τον ιστό η υπερβολική έκθεσή του στο φως Laser. Ως παράμετροι, λοιπόν, θεωρούνται εξίσου σημαντικοί τόσο η πυκνότητα της ενέργειας που εκπέμπεται από την πηγή Laser, όσο και ο χρόνος έκθεσης του ιστού στην εκπεμπόμενη ενέργεια για την επίτευξη του βέλτιστου θεραπευτικού αποτελέσματος. Για το λόγο αυτό, η Παγκόσμια Ένωση Θεραπείας Laser (World Association for Laser Therapy = WALT) έχει δημοσιεύσει θεραπευτικές προτάσεις εφαρμογών Laser ως υποβοήθηση στους φυσικοθεραπευτές για τον καθορισμό διαφορετικών παραμέτρων ανάλογα με την παθολογία (Εικόνα 2.6) (Prentice, 2020; Γιόκαρης, 2007).

Dosage	Point Size (cm ²)	Minimum Location (J/point)	Minimum Total (J)
904-nm GaAs laser, > 5 mW mean output, 30 to 600 seconds irradiation time			
Supraspinatus	2 to 3	2	4
Infraspinatus	2 to 3	2	4
Biceps brachii	2 to 3		2
780- to 860-nm GaAlAs laser, 5 to 500 mW mean output, 20 to 300 seconds irradiation time			
Supraspinatus	2 to 3	4	8
Infraspinatus	2 to 3	4	8
Biceps brachii	1 to 2		6

WALT = World Association for Laser Therapy; GaAs = gallium arsenide; GaAlAs = gallium aluminum arsenide
Created using data from WALT World Association for Laser Therapy. Dosage recommendations. WALT <http://waltza.co.za/documentation-links/recommendations/dosage-recommendations>. Published April 2010.

Εικόνα 2.6: Θεραπευτικές παράμετροι από την WALT για τενοντοπάθεια ώμου

Λόγω της πολυπλοκότητας της φύσης της πηγής, της ποικιλίας των ενεργών μέσων του φωτός Laser, καθώς και της πολυπαραγοντικότητας όσον αφορά την αποτελεσματικότητα ως προς τη θεραπευτική προσέγγιση, είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί η ακριβής βιολογική επίδραση στους ιστούς, αλλά και το ακριβές βάθος διείσδυσης ως γενικός κανόνας που θα διέπει το σύνολο των συσκευών Laser. Ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας είναι το ίδιο το σώμα το οποίο δέχεται το φως Laser, μιας και το βάθος διείσδυσης της ακτίνας καθώς και η απορρόφηση εξαρτώνται επίσης και στοιχεία του ίδιου του ιστού, όπως είναι η περιεκτικότητα σε νερό και λίπος. Λαμβάνοντας επίσης υπόψη ότι οι βιολογικές επιδράσεις προκύπτουν από την απορρόφηση της ενέργειας που παρέχεται στους ιστούς και όχι από το σύνολο της εκπεμπόμενης ενέργειας, μιας και ένα μέρος της ανακλάται και διαθλάται, τότε θα κατανοήσουμε ότι όση περισσότερη ενέργεια απορροφάται από τους επιπολής ιστούς, τόσο λιγότερη διατίθεται για τους εν τω βάθει και παρακείμενους ιστούς (Prentice, 2020).

Η σύγχρονη βιβλιογραφία αναφέρει ως τυπικά μήκη κύματος στη θεραπεία Laser ένα εύρος από 600 έως 1064nm. Ποια μόρια θα απορροφήσουν το φως Laser εξαρτάται από το μήκος κύματος της φωτεινής πηγής. Στους επιπολής ιστούς εφαρμόζονται μικρότερα μήκη κύματος ενώ στους εν τω βάθει μεγαλύτερα. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι σε μήκη

700–770nm δεν εμφανίζεται ιδιαίτερη φωτοχημική επίδραση στους ιστούς (Alayat et al., 2019; Prentice, 2020).

2.2.6 LOW LEVEL LASER THERAPY (LLLT)

Η θεραπεία με LLLT είναι η εφαρμογή φωτός Laser με σύνηθες εύρος ισχύος από χαμηλού επιπέδου λέιζερ (Low Level Laser Therapy – LLLT) είναι η εφαρμογή φωτός, 10mW έως 500mW. Συνήθως χρησιμοποιούνται πηγές με μήκος κύματος 660nm - 905nm, που ανήκουν στην ερυθρή και υπέρυθη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αυτό συμβαίνει διότι έχει παρατηρηθεί ότι οι ανωτέρω παράμετροι διαθέτουν τη δυνατότητα διείσδυσης υποδόρια στους μαλακούς ιστούς (Hamblin & Huang, 2019). Επίσης, κλινικές δοκιμασίες έδειξαν ότι έχουν ικανοποιητική επίδραση στη μείωση του πόνου και της φλεγμονής, καθώς και στην επούλωση τραυμάτων μέσω της αναγέννησης των ιστών (Bjordal, 2016). Όπως προαναφέρθηκε, η πυκνότητα ισχύος (ένταση) μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα και καλό είναι οι φυσικοθεραπευτές να συμβουλευονται τις θεραπευτικές προτάσεις εφαρμογών της WALT.

2.2.6.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ LLLT

Όπως, έχει επανειλημμένως αναφερθεί ανωτέρω, το Laser χρησιμοποιείται για τρεις κύριους σκοπούς: α) για την επιτάχυνση της επούλωσης τραυμάτων, β) την αποκατάσταση των κατεστραμμένων ιστών, για γ) τη μείωση της φλεγμονής και του οιδήματος λόγω τραυματισμών ή χρόνιων παθήσεων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και ως αναλγητικό μέσω, όπως επίσης υπάρχουν αναφορές παρέμβασης με Laser ακόμα και σε νευρολογικές παθήσεις. Οι παρεμβάσεις αυτές εμφανίζονται σε ένα ευρύ φάσμα κλινικών εφαρμογών, που κυμαίνονται από την οδοντιατρική, τη δερματολογία, τη ρευματολογία και τη φυσικοθεραπεία (Hamblin & Huang, 2019).

Η χρήση Laser για την επούλωση τραυμάτων ήταν από τις πρώτες που πραγματοποιήθηκε από τον Mester και τους συνεργάτες του το 1985. Χρησιμοποιήθηκε Laser πηγής HeNe για τη θεραπεία δερματικού έλκους (Higashi et al., 2013; Ordahan et al., 2018). Πιστεύεται ότι η θεραπεία με Laser είναι δυνατό να επηρεάσει και τις τρεις (3)

φάσεις επούλωσης του τραύματος: α) τη φλεγμονώδη φάση, στην οποία τα ανοσοποιητικά κύτταρα μεταναστεύουν στο τραύμα, β) την πολλαπλασιαστική φάση, η οποία οδηγεί στην αυξανόμενη παραγωγή των ινοβλαστών και των μακροφάγων και γ) τη φάση αναγέννησης, στην οποία η εναπόθεση κολλαγόνου επεμβαίνει στο σημείο του τραύματος, αναδομώντας την εξωκυτταρική περιοχή (Chung et al., 2012).

Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη πειστικών κλινικών μελετών που είτε αποδεικνύουν είτε διαψεύδουν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής Laser στην επούλωση τραυμάτων. Τα αποτελέσματα που είναι επί του παρόντος διαθέσιμα είναι αντικρουόμενα και δεν οδηγούν σε σαφή συμπεράσματα. Για παράδειγμα, οι Abergel et al. (Chung et al., 2012) διαπίστωσαν ότι το Laser HeNe με $\lambda=632,8\text{nm}$ δεν είχε καμία επίδραση στον κυτταρικό πολλαπλασιασμό των ινοβλαστών, ενώ το Laser GaAs με $\lambda=904\text{nm}$, μείωσε πραγματικά τον πολλαπλασιασμό των ινοβλαστών. Αντίθετα, άλλες μελέτες σημείωσαν αύξηση του πολλαπλασιασμού των ανθρώπινων ινοβλαστών που εκτέθηκαν σε Laser GaAs με $\lambda=904\text{nm}$, όπως επίσης και των ινοβλαστών των αρουραίων που εκτέθηκαν σε φως Laser GaAs με $\lambda=670\text{nm}$, καθώς επίσης ινοβλαστών και τραυμάτων που εκτέθηκαν σε φως Laser δίοδου (670, 692, 780 και 786nm) (Hamblin, 2017). Άλλες in vivo μελέτες τόσο σε ζωικά όσο και σε ανθρώπινα μοντέλα παρουσιάζουν παρόμοιες αποκλίσεις. Το 1998, μια μελέτη των Kana et al., οι οποίοι υποστήριζαν ότι η θεραπεία των ανοικτών τραυμάτων σε αρουραίους με Laser HeNe και Ar είχε ως αποτέλεσμα την ταχύτερη επούλωση του τραύματος (Hamblin & Huang, 2019). Επίσης, οι Bisht et al., διαπίστωσαν το 1999 παρόμοια αύξηση στην επούλωση του ιστού, καθώς και του κολλαγόνου σε αρουραίους εφαρμόζοντας την ίδια θεραπεία με τους Kana et al. (Detaboada et al., 2006). Ωστόσο, υπάρχουν και μελέτες που απέτυχαν να παρατηρήσουν ευεργετικές επιδράσεις μετά από παρέμβαση με Laser σε συγκρίσιμο μοντέλο αρουραίων (Sundararajan, 2015). Σε κλινικές μελέτες, οι Schindl et al. (2000) αναφέρουν ότι η εφαρμογή ενός Laser HeNe ήταν ευεργετική στην επιτάχυνση της επούλωσης τραυμάτων σε 3 ασθενείς, ενώ οι Lundeborg et al. (1991) δε βρήκαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ασθενών με έλκος στα κάτω άκρα που έλαβαν θεραπεία με Laser HeNe και εκείνων που έλαβαν εικονικό φάρμακο (placebo) (Chung et al., 2012).

Τα αντικρουόμενα αυτά αποτελέσματα φαίνεται να υπάρχουν λόγω της έλλειψης καλά σχεδιασμένων κλινικών δοκιμών, οπότε καθιστάται δύσκολη η αξιολόγηση της

επίδρασης της θεραπείας με Laser στην επούλωση τραυμάτων. Η εξαγωγή συμπερασμάτων περιπλέκεται περαιτέρω από τη δυσκολία σύγκρισης των μελετών μεταξύ τους, λόγω του μεγάλου αριθμού παραγόντων που εμπλέκονται. Εκτός από τις πολλαπλές παραμέτρους της νοσηρότητας και συννοσηρότητας, πρέπει επίσης να συνυπολογιστούν και οι διαφορετικές παράμετροι στην εφαρμογή Laser, όπως είναι το μήκος κύματος, το ενεργό μέσο, η ισχύς και η ένταση του φωτός Laser, ο χρόνος έκθεσης στο φως Laser, η αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Επίσης πρέπει να συνυπολογιστούν και άλλοι παράγοντες, όπως η θέση και η φύση του τραύματος, καθώς και η φυσιολογική κατάσταση του ασθενούς. Για παράδειγμα, η μειωμένη επούλωση τραυμάτων είναι μία από τις σημαντικότερες και συχνότερες χρόνιες επιπλοκές λόγω διαβήτη (Chung et al., 2012), και πιστεύεται ότι προκύπτει από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης παραγωγής κολλαγόνου και της μειωμένης λειτουργικότητας των ινοβλαστών, των λευκοκυττάρων και των ενδοθηλιακών κυττάρων (Hamblin, 2017). Έτσι, προκειμένου να ληφθεί μια πειστική ετυμηγορία σχετικά με την επίδραση της εφαρμογής Laser στην επούλωση τραυμάτων, θα χρειαστούν αρκετά μεγάλα, τυχαιοποιημένα, ελεγχόμενα με εικονικό φάρμακο (placebo) και διπλά τυφλές πειραματικές μελέτες που συγκρίνουν τις επιδράσεις του Laser σε τραύματα, οι οποίες θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν παρόμοιες ως προς την ομοιογένεια του δείγματος και των παρεμβατικών παραμέτρων. Επίσης, θα ήταν πολύ χρήσιμη μια ακριβέστερη κατανόηση των κυτταρικών και βιοχημικών μηχανισμών της εφαρμογής του φωτός Laser για την αξιολόγηση αυτών των μελετών, καθώς θα μας επέτρεπε να προσδιορίσουμε ακριβώς ποια κριτήρια θα χρησιμοποιούσαμε για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης.

Από την ανασκόπηση μελετών, φαίνεται όμως να υπάρχουν πιο σταθερά στοιχεία που υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής φωτός Laser, κυρίως στη Φυσικοθεραπεία. Τέτοιες έρευνες αναφέρονται τόσο στη μείωση του πόνου, όσο και στη θεραπεία χρόνιων αρθρικών παθήσεων. Μια ανασκόπηση 16 τυχαιοποιημένων κλινικών δοκιμών, συμπεριλαμβανομένων συνολικά 820 ασθενών, διαπίστωσε ότι η εφαρμογή Laser μειώνει τον οξύ πόνο στην περιοχή του αυχένα αμέσως μετά τη θεραπεία – εφαρμογή Laser και έως και 22 εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας σε ασθενείς με χρόνια πόνο στην περιοχή του αυχένα (Cotler et al., 2015). Έχει, επίσης,

αποδειχθεί, ότι η εφαρμογή Laser ανακουφίζει τον πόνο που προέρχεται από υπερευαίσθησία του τραχήλου της μήτρας (Chung et al., 2012), ή από περιοδοντικό πόνο κατά τη διάρκεια ορθοδοντικής παρέμβασης (Alayat, Elsodany, & El Fiky, 2014; Gocevaska, Dimitrova, & Savevska, 2019). Μια μελέτη 88 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών έδειξε ότι η εφαρμογή Laser μπορεί να μειώσει σημαντικά τον πόνο και να βελτιώσει τη γενική κλινική εικόνα σε χρόνιες αρθρικές παθήσεις, όπως η οστεοαρθρίτιδα και οι χρόνιοι πόνοι στη σπονδυλική στήλη (ΣΣ) (Hamblin, 2017).

Η θεραπεία με φως Laser θεωρείται επίσης ως βιώσιμη παρέμβαση και σε πολύ σοβαρές νευρολογικές παθήσεις, όπως τραυματική εγκεφαλική βλάβη (TEB), αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ), κακώσεις του νωτιαίου μυελού (KNM), καθώς και εκφυλιστικές παθήσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) (Chung et al., 2012).

Μιας και η TEB προκαλεί σοβαρή ανησυχία για τη συνολική υγεία του πάσχοντος, η αναζήτηση καλύτερων θεραπειών τα τελευταία χρόνια κρίνεται απαραίτητη και στοιχειώδης. Η αναζήτηση αυτή, έχει αναγείρει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για πιο ριζοσπαστικές εναλλακτικές λύσεις σε σχέση με τις υπάρχουσες διαδικασίες, όπως η εφαρμογή Laser, που θεωρείται ότι είναι ευεργετική στη θεραπεία της TEB. Εκτός από τις επιδράσεις στην αύξηση της μιτοχονδριακής δραστηριότητας, η θεραπεία με Laser θα μπορούσε να ωφελήσει τους ασθενείς με TEB διεγείροντας την αγγειογένεση και αυξάνοντας τη νευρογένεση (Cotler et al., 2015; (Hamblin & Demidova, 2006; Lane, 2006). Πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε ποντίκια, έδειξαν ότι η εφαρμογή με φως Laser θα μπορούσε να μειώσει την περιοχή που έχει υποστεί βλάβη στον εγκέφαλο σε 3 ημέρες μετά τη θεραπεία (Sundararajan, 2015). Η θεραπεία Laser με $\lambda=665\text{nm}$ και $\lambda=810\text{ nm}$ θα μπορούσε να οδηγήσει σε στατιστικά σημαντική διαφορά στη βαθμολογία Neurological Severity Score (NSS) των ποντικών που είχαν τραυματιστεί από πτώση βάρους στο εκτεθειμένο κρανίο (Hamblin & Huang, 2019).

Παρατηρείται επίσης ότι οι εφαρμογές Laser στο κρανίο έχουν αξιοσημείωτη επίδραση σε ασθενείς με ΑΕΕ, με σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση της κλινικής τους κατάστασης 5 ημέρες μετά τη θεραπεία Laser, σε σύγκριση με τη συνήθη θεραπεία ($p < 0,05$) (Hamblin, 2017; Lampl et al., 2007). Αυτή η διαφορά διατηρήθηκε έως και 90 ημέρες μετά το ΑΕΕ, με το 70% των ασθενών που έλαβαν θεραπεία με Laser με επιτυχή έκβαση σε σύγκριση με το 51% των ασθενών της ομάδας ελέγχου. Η βελτίωση του λειτουργικού

αποτελέσματος λόγω της εφαρμογής διακρανιακής LLLT επιβεβαιώθηκε από μελέτες σε μοντέλα αρουραίων και κουνελιών (Cotler et al., 2015; (Hamblin & Avcı, 2015). Ωστόσο, εξακολουθεί να υπάρχει η πιθανότητα ότι η εφαρμογή LLLT έχει άλλες επιπτώσεις ειδικά για τον εγκέφαλο και όχι τις τυπικές φωτοχημικές επιδράσεις (Chung et al., 2012). Αρκετές ερευνητικές ομάδες έχουν προτείνει ότι οι βελτιώσεις στην κλινική εικόνα και τα αποτελέσματα των ασθενών οφείλονται στην προώθηση της νευρογένεσης (Hamblin, 2017). Αυτή η υπόθεση υποστηρίζεται από το γεγονός ότι τα οφέλη της εφαρμογής LLLT μετά από ΑΕΕ μπορεί να χρειαστούν 2-4 εβδομάδες για να εκδηλωθούν, χρόνος που αντανακλάται στον απαιτούμενο χρόνο για τη δημιουργία και τη συγκέντρωση νέων νευρώνων στο σημείο πλήξης του εγκεφάλου (Hamblin & Avcı, 2015). Ωστόσο, οι ακριβείς διαδικασίες στις οποίες βασίζονται οι επιδράσεις της θεραπείας με Laser σε έναν ασθενή με ΑΕΕ εξακολουθούν να μην είναι κατανοητές (Hamblin & Huang, 2019).

Η LLLT αποτελεί επίσης αποδεκτή μέθοδο θεραπείας εκφυλιστικών εγκεφαλικών διαταραχών όπως η Οικογενής Αμυοτροφική Πλευρική Σκλήρυνση (Familial Amyotrophic Lateral Sclerosis = FALS), η νόσος του Αλτσχάιμερ (Alzheimer), καθώς και η νόσος του Πάρκινσον (Parkinson's Disease = PD) (Hamblin & Avcı, 2015; Sundararajan, 2015). Αν και έχουν διεξαχθεί μόνο προκαταρκτικές μελέτες, υπάρχουν ενθαρρυντικές ενδείξεις που χρήζουν περαιτέρω έρευνας. Πειραματικές μελέτες έδειξαν ότι η εφαρμογή Laser θα μπορούσε να αναστρέψει την υποβάθμιση και εκφύλιση της μνήμης και να προκαλέσει βελτιωμένη γνωστική απόδοση σε μεσήλικα ποντίκια. Ωστόσο, και σε κλινικές μελέτες διαπιστώθηκε ότι η κινητική λειτουργία βελτιώθηκε σημαντικά σε ανθρώπους ασθενείς που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με φως Laser διαγνωσμένοι σε πρώιμο στάδιο της FALS (Hamblin & Huang, 2019).

Μια ακόμα χρήση των LLLT είναι η ενδοφλέβια ή ενδοαγγειακή εφαρμογή. Περιλαμβάνει τον *in vivo* φωτισμό του αίματος με την παροχή Laser 1 - 3mW σε διάφορα μήκη κύματος μέσω οπτικών ινών που εισάγεται σε αγγειακό κανάλι, συνήθως φλέβα στο αντιβράχιο, με την προϋπόθεση ότι οποιοδήποτε θεραπευτικό αποτέλεσμα θα διανεμηθεί μέσω του κυκλοφορικού συστήματος (Hamblin, 2017). Η σκοπιμότητα της ενδοαγγειακής εφαρμογής φωτός Laser για τη θεραπεία καρδιαγγειακών παθήσεων παρουσιάστηκε για πρώτη φορά στο American Heart Journal το 1982 (Chung et al.,

2012). Η τεχνική αναπτύχθηκε κυρίως στην Ασία (συμπεριλαμβανομένης της Ρωσίας) και δεν χρησιμοποιείται εκτενώς σε άλλα μέρη του κόσμου. Υποστηρίζεται ότι βελτιώνει τη ροή του αίματος, αλλά δεν έχει υποβληθεί σε τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες και υπόκειται σε σκεπτικισμό (Chung et al., 2012). Αν και προς το παρόν είναι αβέβαιο ποιοι είναι οι μηχανισμοί δράσης του ενδοαγγειακού Laser στην πραγματικότητα και γιατί διαφέρει από την παραδοσιακή θεραπεία με Laser, έχει υποτεθεί ότι επηρεάζει συγκεκριμένα συστατικά του αίματος. Τα λιπίδια του αίματος (λιποπρωτεΐνη, χοληστερόλη) υποστηρίζεται ότι «ομαλοποιούνται» (Hamblin & Avcı, 2015). Επίσης πιστεύεται ότι είναι μικρότερη η πιθανότητα σχηματισμού θρόμβου, και το ανοσοποιητικό σύστημα (μακροφάγα και λεμφοκύτταρα) είναι πιθανό να ενεργοποιηθεί (Hamblin & Huang, 2019).

Τα Laser χαμηλής ισχύος μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μέσω της εκπομπής τους σε μικρά εστιασμένα σημεία για την τόνωση των σημείων βελονισμού, ακολουθώντας τους ίδιους κανόνες επιλογής σημείων δράσης με αυτούς που διέπουν τον παραδοσιακό κινεζικό βελονισμό (Hamblin, 2017; Hamblin & Demidova, 2006). Ο βελονισμός μέσω του φωτός Laser μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεμονωμένα με ακτινοβολία, ή σε συνδυασμό με βελόνες κατά τη διάρκεια μιας θεραπείας. Η άμεση ακτινοβολία γίνεται πάνω από τένοντες, συνδέσμους κ.λπ.. Το σύστημα «Laserneedle» μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταυτόχρονη διέγερση πολλαπλών σημείων βελονισμού (Hamblin, 2017).

Ολοκληρώνοντας το ευρύ φάσμα εφαρμογών των LLLT, δε θα μπορούσε να παραλειφθεί μία από τις πιο εμπορικά επιτυχημένες εφαρμογές τους. Αυτή είναι η διέγερση της αναγέννησης των μαλλιών. Η φωτοβιορρυθμιστική (PBM) δραστηριότητα της εφαρμογής με Laser μπορεί να προκαλέσει περισσότερα θυλάκια τρίχας για να ενεργοποιηθεί η φάση της αναγέννησης. Τα νεοσχηματισμένα μαλλιά είναι παχύτερα και επίσης πιο χρωματισμένα. Πράγματι η εφαρμογή αυτή αποδείχθηκε μετά από έρευνα (Hamblin, 2017) ότι είχε δώσει μια στατιστικά σημαντική βελτίωση στην ανάπτυξη των μαλλιών σε μια τυχαιοποιημένη, διπλά τυφλή, πολυκεντρική μελέτη που έγινε σε 110 άνδρες με ανδρογενετική αλωπεκία και αυτό οδήγησε σε έγκριση λειτουργίας της μεθόδου (Chung et al., 2012).

2.2.7 HIGH INTENSITY LASER THERAPY (HILT)

Το HILT ανήκει στα υψηλής ισχύος Laser, τα οποία έχουν θερμικό αποτέλεσμα. Οι κυριότερες εφαρμογές των Laser υψηλής ισχύος εμφανίζονται κυρίως στην ιατρική επιστήμη και ιδιαίτερα στις χειρουργικές τομές, την οφθαλμολογία, τη δερματολογία, την αιμόσταση και την αγγειοχειρουργική (Prentice, 2020). Από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα παρατηρείται και η ευρεία χρήση του HILT ως μη επεμβατικό μέσο στην αποκατάσταση, με άμεσο τομέα ενδιαφέροντος την επιστήμη της Φυσικοθεραπείας.

Το μη επεμβατικό – φυσικοθεραπευτικό HILT παράγεται αποκλειστικά από μια παλμική πηγή Νεοδυμίου με ενεργό υλικό το YAG (είδος ερυθρού πολίτιμου λίθου – Yttrium Aluminum Garnet) (Nd: YAG), το οποίο έχει μέγιστη ισχύ πολύ υψηλή (1 ή 3kW) και μήκος κύματος 1064nm και θεωρείται ασφαλές και αποτελεσματικό ως μέσο θεραπείας. Το μήκος κύματος 1064nm λειτουργεί σε ένα θεραπευτικό παράθυρο που υποτίθεται ότι έχει φωτοθερμικές, φωτοχημικές και φωτομηχανικές επιδράσεις, καθώς δεν απορροφάται από επιφανειακούς ιστούς και ανήκει στην υπέρυθη ζώνη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (Kim et al., 2015; Yesil et al., 2019). Το HILT μπορεί να διεγείρει βαθύτερα σε σύγκριση με άλλους τύπους Laser (Dundar et al., 2015; Song et al., 2018). Λειτουργεί σε ένα θεραπευτικό επίπεδο, στο οποίο δεν υπάρχει απορρόφηση της προσδιδόμενης ενέργειας από τους επιπολής ιστούς, επομένως θεωρείται μια μέθοδος η οποία διεισδύει βαθύτερα (Gocevaska et al., 2019; Wyszynska & Bal-Bochenska, 2018). Η ιδιαιτερότητα του παλμικού HILT συνίσταται στα τεχνικά χαρακτηριστικά του που είναι η αμιγώς παλμική εκπομπή με πολύ υψηλή μέγιστη ισχύ στα 3W, πολύ μικρή διάρκεια παλμού στα 120 – 150μs, και χαμηλή συχνότητα που διαμορφώνεται από 10 έως 40Hz, υψηλά επίπεδα ροής της ενέργειας από 360 έως 1780J/cm και duty cycle 0,1%. Όλα αυτά γίνονται με έναν εκπομπό χειρός (probe) διαμέτρου 5mm με μέγεθος spot 0,2cm² (Dundar et al., 2015; Venosa et al., 2019). Αυτές οι πολύ σύντομης χρονικής διάρκειας ώσεις καταφέρνουν μια εν τω βάθει δράση στους ιστούς με ομογενή διανομή της φωτεινής ενέργειας, χωρίς αυτή να επιφέρει θερμικές βλάβες στους επιπολής ιστούς Έτσι, θεωρείται μια ανώδυνη και μη επεμβατική μέθοδος. (Pekeyavas & Baltaci, 2016).

2.2.7.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ HILT ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η εφαρμογή HILT ως φυσικοθεραπευτικό μέσο αναφέρεται στη βιβλιογραφία σε διάφορες παθήσεις, τραυματικές κακώσεις, ακόμα και χρόνια σύνδρομα. Σε μια από τις μελέτες (Haładaj, Pingot, & Topol, 2017) το αντικείμενο έρευνας ήταν η βελτίωση της ενεργητικής κίνησης και του εύρους τροχιάς (Range of Motion = ROM) ασθενών με εκφυλιστικές αλλοιώσεις στην περιοχή του αυχένα συγκρίνοντας την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία HILT ως μέθοδο παρέμβασης με την εφαρμογή της αυχενικής έλξης τύπου Saunders. Η μελέτη περιελάμβανε 174 ασθενείς (114 γυναίκες και 60 άνδρες) ηλικίας 24-67 ετών. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο τυχαίες ομάδες. Στην ομάδα 1 (88 άτομα) εφαρμόστηκε θεραπεία έλξης με τη συσκευή έλξης τύπου Saunders και στην ομάδα 2 (86 άτομα) εφαρμόστηκε HILT. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέτρηση του ROM της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (ΑΜΣΣ), η οπτική αναλογική κλίμακα πόνου VAS (Visual Analogue Scale = VAS) και το ερωτηματολόγιο δείκτη αναπηρίας του αυχένα (Neck Disability Index = NDI). Το πρόγραμμα θεραπείας της ομάδας 2 (HILT) πραγματοποιήθηκε με παλμική εκπομπή έχοντας συχνότητα 25Hz, $\lambda = 980\text{nm}$, ισχύ ακτινοβολίας $P = 600\text{mW}$, πυκνότητα ενέργειας 5 J/cm^2 όσον αφορά τη μείωση του πόνου. Για το κομμάτι της βιοδιέγερσης πραγματοποιήθηκε χειροκίνητη σάρωση, χρησιμοποιώντας ισχύ ακτινοβολίας 300mW και η εφαρμογή γινόταν παράλληλα με τις μυϊκές ίνες παρασπονδυλικά, από τον Α4 σπόνδυλο έως τον Θ4. Η μέση προσδιδόμενη πυκνότητα ενέργειας ήταν 50 J/cm^2 σε $\lambda = 980\text{nm}$ και η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 6,5 λεπτά, με συνολική παρεχόμενη ενέργεια 1250J. Οι παρεμβάσεις εφαρμόστηκαν συνολικά σε 10 συνεδρίες (1 ανά ημέρα, 5 φορές την εβδομάδα για 2 εβδομάδες) (Haładaj et al., 2017). Οι βαθμολογίες στις κλίμακες VAS και NDI ήταν παρόμοιες και στις δύο ομάδες. Και οι δύο θεραπείες κατέληξαν σε σημαντική βελτίωση. Επίσης οι μεταβολές μεταξύ των αποτελεσμάτων των επιμέρους μετρήσεων ήταν στατιστικά σημαντικές. Επιπλέον, και στις δύο ομάδες, με βάση τις πολλαπλές (post-hoc) δοκιμασίες, υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κάθε μέτρηση σε σχέση με τις άλλες. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν αμέσως μετά τη θεραπεία, δεν παρατηρήθηκαν πολύ ευδιάκριτες διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων των ασθενών κατά την αξιολόγηση των παραμέτρων κινητικότητας και εύρους κίνησης, αλλά υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους δείκτες VAS $p=0,013$ και NDI $p<0,001$. Επίσης,

έδειξαν ότι σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (12 εβδομάδες μετά το τέλος των παρεμβάσεων), η θεραπεία με τη μέθοδο Saunders μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με τη θεραπεία με τη μέθοδο HILT, όσον αφορά την ενεργητική κίνηση, το ROM και τον πόνο στην περιοχή του αυχένα.

Οι Alayat et al., (2016) ερεύνησαν την επίδραση που έχει η θεραπεία με Laser υψηλής ισχύος HILT σε ασθενείς με χρόνια πόνο στον αυχένα, στο ROM, τον πόνο και τη λειτουργική δραστηριότητα. Στη μελέτη συμμετείχαν 60 άρρενες ασθενείς με μέση ηλικία 35,47 (4,18) έτη. Οι ασθενείς τοποθετήθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες και στην ομάδα παρέμβασης υποβλήθηκαν σε ένα πρόγραμμα παρέμβασης που περιελάμβανε HILT και επιπλέον φυσικοθεραπευτικές ασκήσεις, ενώ στην ομάδα ελέγχου εφαρμόστηκε εικονικό (placebo) Laser και φυσικοθεραπευτικές ασκήσεις. Το αντικείμενο μελέτης ήταν το ROM της ΑΜΣΣ, το επίπεδο πόνου σύμφωνα με την κλίμακα VAS και η λειτουργική δραστηριότητα σύμφωνα με το δείκτη NDI Alayat et al., (2016). Οι ασθενείς που έλαβαν παλμικό Laser Nd:YAG υποβλήθηκαν στην ακόλουθη διαδικασία τρεις φορές την εβδομάδα για τέσσερις εβδομάδες. Ο εφαρμογέας (probe) του Laser εφαρμόστηκε κάθετα στα προκαθορισμένα σημεία ενεργοποίησης σε τέσσερις φάσεις. Για κάθε σημείο, στην πρώτη, δεύτερη, τρίτη και τέταρτη φάση, οι ασθενείς έλαβαν πυκνότητα ενέργειας 510, 610, 710 και 810mJ/cm² σε χρόνο 7, 7, 6 και 6 δευτερολέπτων (s) μέσω στατικής εφαρμογής, με συνολική προσδιδόμενη ενέργεια ανά σημείο 10, 12.5, 12.5 και 15J, αντίστοιχα. Παρότι και οι δύο (2) ομάδες παρουσίασαν βελτίωση στην κινητικότητα της περιοχής του αυχένα με σημαντική μείωση της βαθμολογίας VAS μετά τη θεραπεία σε σύγκριση με τις τιμές αναφοράς, οι επιδράσεις στην ομάδα που έλαβε θεραπεία HILT σε συνδυασμό με φυσικοθεραπεία ήταν πιο σημαντικές σε σύγκριση με την ομάδα της απλής φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης (Alayat et al., 2016).

Αρκετές συστηματικές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις έχουν δείξει ότι η άσκηση, η κινητοποίηση των αρθρώσεων και η θεραπεία με Laser είναι αποτελεσματικές στη μείωση του πόνου και στη βελτίωση της λειτουργικότητας σε ασθενείς με σύνδρομο υπακρωμιακής προστριβής (Subacromial impingement syndrome SAIS). Οι Santamato et al. (2009), μελέτησαν 70 ασθενείς (42 γυναίκες και 28 άνδρες) που έπασχαν από χρόνια πόνο SAIS (σε επίπεδο I ή II, 45 δεξιοί ώμοι και 25 αριστεροί ώμοι), με μέση

ηλικία = 54,1 έτη, τυπική απόκλιση 9.0, εύρος 35 – 69 έτη. Ο μέσος χρόνος από την έναρξη του πόνου ήταν 8,4 μήνες και τυπική απόκλιση 9,8. Οι συμμετέχοντες ταξινομήθηκαν τυχαία σε 2 ομάδες: μια ομάδα 35 συμμετεχόντων έλαβε HILT (20 γυναίκες και 15 άνδρες), και μια ομάδα 35 συμμετεχόντων έλαβε τη συνήθη θεραπεία (22 γυναίκες και 13 άνδρες). Κανείς από τους συμμετέχοντες δεν ανέφερε λήψη αναλγητικού ή αντιφλεγμονωδών φαρμάκων κατά τη διάρκεια της μελέτης (Santamato et al., 2009). Το πρωτόκολλο περιελάμβανε την εφαρμογή 2 διαφορετικών μορφών φυσικοθεραπείας για συνολικά 10 συνεδρίες θεραπείας σε μια περίοδο 2 συνεχόμενων εβδομάδων (5 ημέρες την εβδομάδα). Ένας φυσικοθεραπευτής με 6 χρόνια εμπειρίας εφάρμοζε HILT, και ένας φυσικοθεραπευτής με 7 χρόνια εμπειρίας παρείχε συμβατική θεραπεία. Η παρέμβαση HILT αποτελούνταν από μέγιστη ισχύ (1 kW), μήκος κύματος 1.064 nm, μέγιστη ενέργεια για μία μόνο ώση 150mJ, μέση εκπεμπόμενη ισχύ 6W, πυκνότητα ενέργειας 760mJ/cm² και ενεργό χρόνο εκπομπής μικρότερο από 150ms. Οι συμμετέχοντες που έλαβαν HILT έδειξαν μεγαλύτερη μείωση του πόνου και μεγαλύτερη βελτίωση στην αρτηριακή ροή, τη λειτουργικότητα και τη μυϊκή δύναμη του προσβεβλημένου ώμου από τους συμμετέχοντες που έλαβαν τυπική θεραπεία. Η HILT είχε αναλγητικό αποτέλεσμα στις νευρικές απολήξεις και δεν υπήρχαν ενδείξεις υποτροπής της φλεγμονής.

Οι Kim et al. (2015) εφάρμοσαν HILT σε 33 ασθενείς με σύνδρομο παγωμένου ώμου (Frozen Shoulder), οι οποίοι συγκρίθηκαν με άλλους 33 ασθενείς που ακολούθησαν συνήθη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση, πάσχοντας επίσης από το ίδιο σύνδρομο. Η παρέμβαση εφαρμόστηκε τρεις (3) φορές την εβδομάδα για διάρκεια τριών (3) εβδομάδων. Για όλους τους ασθενείς, η οπτική αναλογική κλίμακα (VAS) για τον πόνο, το VAS για ικανοποίηση και το παθητικό ROM μετρήθηκαν κατά την έναρξη της μελέτης. Έπειτα πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε τρεις (3), οκτώ (8) και δώδεκα (12) εβδομάδες μετά την παρέμβαση. Η θεραπεία HILT αποτελούνταν από 3 φάσεις σε κάθε συνεδρία. Η αρχική φάση περιελάμβανε γρήγορη χειροκίνητη σάρωση (100cm²/30s) τόσο στην πρόσθια επιφάνεια της άρθρωσης του ώμου όσο και στην οπίσθια επιφάνεια, με ενεργειακή δόση 850mJ σε συχνότητα 30Hz. Η σάρωση της περιοχής γινόταν παράλληλα με την άρθρωση. Η θέση του άκρου ήταν σε έσω στροφή κατά τη σάρωση στην οπίσθια πλευρά και σε έξω στροφή κατά τη σάρωση στην πρόσθια

πλευρά. Το συνολικό ποσό ενέργειας που χορηγήθηκε κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης ήταν 4000J. Η ενδιάμεση φάση ήταν μια στατική φάση εκπομπής της ακτινοβολίας Laser, με ενεργειακή δόση 350mJ και συχνότητα 20 - 25Hz, και συνολική παρεχόμενη ενέργεια στα 4000J. Σε αυτή τη φάση, ο εφαρμογέας (probe) εφαρμόστηκε κάθετα στην άρθρωση του ώμου για 5 δευτερόλεπτα (s). Σε κάθε βήμα της φάσης αυτής, τα σημεία ενδιαφέροντος υπήρχαν τόσο στην πρόσθια όσο και στην οπίσθια επιφάνεια της άρθρωσης του ώμου. Η τελική φάση παρέμβασης με HILT περιλάμβανε χειροκίνητη σάρωση των ίδιων περιοχών που υποβλήθηκαν σε θεραπεία κατά την αρχική φάση, καθώς και την περιοχή του δελτοειδή, με συνολική παρεχόμενη ενέργεια 2000J. Η εφαρμογή και των τριών (3) φάσεων του HILT διήρκησε περίπου 15 λεπτά. Για να εξασφαλιστεί η ίδια απόσταση της φωτεινής δέσμης από το δέρμα εφαρμόσαν στη συσκευή ένα οδηγό. Τόσο οι ασθενείς όσο και ο χειριστής φορούσαν προστατευτικά γυαλιά καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας για να προστατεύσουν τα μάτια τους από την ακτινοβολία Laser. Οι ασθενείς ενθαρρύνθηκαν να ασκούνται μεταξύ των συνεδριών (Kim et al., 2015). Στην αρχική μέτρηση VAS πόνου δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ενώ η βαθμολογία VAS πόνου παρουσίαζε συνεχή βελτίωση καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης και στις δύο ομάδες. Μεταξύ της τελικής μέτρησης και της αρχικής τιμής, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στο VAS πόνου και στις δύο ομάδες οι οποίες έδειξαν σημαντικές μειώσεις στην κλίμακα VAS με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, στις μετρήσεις των τριών (3) και οκτώ (8) εβδομάδων, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερο VAS πόνου στην ομάδα HILT από ό, τι στην ομάδα ελέγχου. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο VAS πόνου μεταξύ των ομάδων στις δώδεκα (12) εβδομάδες. Όσον αφορά τα αποτελέσματα, το ROM βελτιώθηκε με την πάροδο του χρόνου και στις δύο ομάδες και δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη ROM μεταξύ των ομάδων.

Ο πόνος στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (ΟΜΣΣ) αποτελεί μία από τις πιο συχνές ορθοπεδικές παθήσεις. Με βάση τις διεθνείς στατιστικές οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν βιώσει πόνο στην ΟΜΣΣ τουλάχιστον μία φορά στη ζωή τους (Gocevnska et al., 2019). Η πάθηση επηρεάζει σχεδόν όλες τις ηλικιακές ομάδες, προκαλώντας δυσαρέσκεια στους πάσχοντες τόσο σε σωματικό, όσο και σε ψυχολογικό

επίπεδο (Alayat et al., 2014). Οι παράγοντες κινδύνου του πόνου της ΟΜΣΣ περιλαμβάνουν και φυσικά χαρακτηριστικά, εκτός από τη γενική ιατρική υγεία, την ψυχική κατάσταση και τους εργασιακούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπου η ηλικία, το βάρος, τυχόν τραυματισμοί, το επάγγελμα ή η στάση του σώματος μπορούν να κάνουν τους ανθρώπους να βιώσουν τον πόνο (Fiore et al., 2011). Ο πόνος στην ΟΜΣΣ που προκύπτει από αυτούς τους παράγοντες προκαλεί απώλεια παραγωγικότητας και μείωση της ποιότητας ζωής, καθώς περιορίζει την κινητικότητα στην καθημερινή ρουτίνα των ανθρώπων (Gocevnska et al., 2019). Τα συμπτώματα του πόνου στην ΟΜΣΣ δεν επηρεάζουν μόνο την οσφυϊκή περιοχή, αλλά συνοδεύονται συνήθως και από αντανακλαστικό πόνο που επεκτείνεται στα κάτω άκρα (Alayat et al., 2014; Gocevnska et al., 2019). Οι συνηθέστερες θεραπείες για τον πόνο στην ΟΜΣΣ περιλαμβάνουν βελονισμό, διαδερμική ηλεκτρική νευρική διέγερση (Transcutaneous electrical nerve stimulation = TENS), μάλαξη, θεραπεία υπερήχου και θεραπεία με LLLT, ενώ η χειρουργική επέμβαση συνιστάται όταν αυτές οι μέθοδοι θεραπείας είναι αναποτελεσματικές ή όταν τα συμπτώματα είναι πολύ σοβαρά (Alayat et al., 2014). Η θεραπεία με Laser υψηλής ισχύος (HILT) φαίνεται επίσης να είναι ιδιαίτερος αποτελεσματική (Choi et al., 2017; Gocevnska et al., 2019).

Οι Choi et al. (2017) διεξήγαγαν μελέτη σε 20 ασθενείς με χρόνια πόνο στην ΟΜΣΣ, οι οποίοι χωρίστηκαν σε μια ομάδα που έλαβε συντηρητική φυσικοθεραπεία και σε μια ομάδα που υποβλήθηκε σε θεραπεία με Laser υψηλής ισχύος HILT μετά από συντηρητική φυσικοθεραπεία. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν τη θεραπεία τρεις φορές την εβδομάδα για τέσσερις εβδομάδες. Για την ομάδα θεραπείας με Laser υψηλής ισχύος HILT, η θεραπεία εφαρμόστηκε στις περιοχές της ΟΜΣΣ μεταξύ των σπονδύλων O1 - O5 και II για 10 λεπτά, διατηρώντας παράλληλα κάθετα τον εφαρμογέα (probe) σε σταθερή απόσταση από το δέρμα περίπου 1cm. Για την αξιολόγηση του πόνου χρησιμοποιήθηκε η οπτική αναλογική κλίμακα (VAS), ενώ για τη λειτουργική αξιολόγηση ο δείκτης αναπηρίας Oswestry Disability Index (ODI). Από τη σύγκριση των μεταβολών, μετά την παρέμβαση, διαπιστώθηκε ότι μειώθηκαν σημαντικά τα ευρήματα τόσο στην VAS, όσο και στο ODI και στις δύο ομάδες. Σε σύγκριση μεταξύ των ομάδων μετά τη θεραπεία, η ομάδα θεραπείας με Laser υψηλής ισχύος HILT παρουσίασε σημαντικά χαμηλότερο σκορ στην VAS και στο ODI από την ομάδα που υποβλήθηκε

μόνο σε συντηρητική φυσικοθεραπεία. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα εξήγαγαν το συμπέρασμα ότι η θεραπεία με Laser υψηλής ισχύος HILT μπορεί να είναι μια αποτελεσματική μη επεμβατική μέθοδος παρέμβασης για τη μείωση του πόνου και τη βοήθεια στην απόδοση των καθημερινών δραστηριοτήτων των ασθενών που έχουν χρόνιο πόνο στην ΟΜΣΣ (Choi et al., 2017).

Το 2018, οι Chen et.al., πραγματοποίησαν πειραματική μελέτη σε συνολικά 63 ασθενείς που έπασχαν από προβολή μεσοσπονδυλίου δίσκου στην περιοχή της ΟΜΣΣ. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο (2) ομάδες με 32 και 31 άτομα αντίστοιχα, σύμφωνα με έναν τυχαίο πίνακα αριθμών και δεν παρουσίασαν σημαντική διαφορά ($p > 0,05$) στα βασικά δημογραφικά χαρακτηριστικά, στην ηλικία, το φύλο, το ύψος, το δείκτη μάζας σώματος, την πορεία της πάθησης, εξασφαλίζοντας έτσι συγκρισιμότητα και αμεροληψία στη μελέτη. Η πρώτη ομάδα υποβλήθηκε σε θεραπεία με Laser υψηλής ισχύος HILT και με το σύστημα αποσυμπίεσης Spiral Decompression System (SDS), ενώ η δεύτερη έλαβε θεραπεία μόνο με το SDS. Η αξιολόγηση των παρεμβάσεων έγινε με την κλίμακα VAS και η λειτουργική αξιολόγηση με το δείκτη ODI (Chen et al., 2018). Οι δύο ομάδες ασθενών δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική διαφορά στο ODI, το VAS, το ROM κάμψης στην ΟΜΣΣ πριν από τη θεραπεία ($p > 0,05$). Μετά από δύο εβδομάδες θεραπείας, το ODI, το VAS, το ROM κάμψης στην ΟΜΣΣ και των δύο ομάδων ασθενών βελτιώθηκαν σημαντικά σε σύγκριση με τις συνθήκες πριν από την παρέμβαση ($p < 0,01$). Η ομάδα 1 (HILT) παρουσίασε περισσότερους βαθμούς βελτίωσης του δείκτη αναπηρίας ODI, του ROM κάμψης στην ΟΜΣΣ, όπου σε σύγκριση με την ομάδα 2, οι διαφορές τους ήταν στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$). Συγκρίνοντας επίσης τους βαθμούς (VAS) του αντανακλαστικού πόνου στα κάτω άκρα (KA), η ομάδα 1 (HILT) παρουσίασε επίσης μεγαλύτερη βελτίωση σε σύγκριση με την ομάδα 2, με τις διαφορές τους να είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0,05$). Ένα μήνα μετά την παρέμβαση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο δείκτη ODI και τον αντανακλαστικό πόνο VAS στα KA της ομάδας 1 (HILT) σε σύγκριση με την ομάδα 2 ($p < 0,05$) (Chen et al., 2018).

Σε αντίστοιχη μελέτη για την ΟΜΣΣ, οι Boyraz et al. το 2015 ταξινόμησαν 65 ασθενείς σε τρεις (3) ομάδες εφαρμόζοντας τρία (3) διαφορετικά θεραπευτικά πρωτόκολλα. Στην 1^η ομάδα εφαρμόστηκαν 10 συνεδρίες με Laser υψηλής ισχύος HILT για 2 εβδομάδες (2 ανά εβδομάδα), στη 2^η ομάδα εφαρμόστηκαν 10 συνεδρίες φυσικοθεραπευτικού

υπερήχου στην ΟΜΣΣ, επίσης πέντε συνεδρίες την εβδομάδα και η 3^η ομάδα έλαβε αντιφλεγμονώδη ιατρική θεραπεία για 10 ημέρες. Τέλος, όλοι οι ασθενείς και από τις τρεις ομάδες πραγματοποίησαν ασκήσεις στην πυελική ζώνη και στην ΟΜΣΣ. Η αποτελεσματικότητα των θεραπευτικών προσεγγίσεων συγκρίθηκε με την αξιολόγηση των ασθενών πριν από τη θεραπεία, στο τέλος της θεραπείας, καθώς και στον τρίτο μήνα μετά την παρέμβαση. Στους ασθενείς της ομάδας 1 εφαρμόστηκε θεραπεία με Laser 3,8W για 14 λεπτά σε μήκος κύματος 1064nm. Η συνολική ενέργεια που προσδόθηκε ήταν 1800J (Boyratz et al., 2015). Η πρώτη ομάδα είχε 20 ασθενείς (5 άνδρες και 15 γυναίκες), η δεύτερη ομάδα 25 ασθενείς (8 άνδρες και 17 γυναίκες) και η Τρίτη ομάδα 20 ασθενείς (9 άνδρες και 11 γυναίκες), χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά την κατανομή των φύλων. Η μέση ηλικία ήταν 58,4±10,76 έτη στην 1^η ομάδα, 61±10,47 έτη στη 2^η ομάδα και 54,6±14,89 έτη στην 3^η ομάδα. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων όσον αφορά την ηλικία ($p>0,05$). Με βάση την εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας (MRI) των 65 ασθενών, οι 53 είχαν προβολή μεσοσπονδυλίου δίσκου σε ένα ή περισσότερα επίπεδα και 12 είχαν εξώθηση μεσοσπονδυλίου δίσκου. Επίσης, οι 32 από τους 65 εμφάνιζαν συμπίεση των περιφερικών νεύρων σε ένα ή περισσότερα επίπεδα. Από τη σύγκριση των παραμέτρων διαπιστώθηκε ότι η 1^η ομάδα πριν από τη θεραπεία και στο τέλος της θεραπείας εμφάνισε στατιστικά σημαντικές αλλαγές στην κλίμακα VAS, τη βαθμολογία κλίμακας ODI, στην αίσθηση του πόνου, στην κατάσταση της γενικής υγείας, τη ζωτικότητα και στην λειτουργικότητα ($p<0,05$) οι οποίες διατηρήθηκαν και μετά την 3μηνη παρακολούθηση. Όσον αφορά τις παραμέτρους: σωματική λειτουργία, φυσική δραστηριότητα, συναισθηματική κατάσταση, και ψυχική υγεία δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές ($p>0,05$) (Boyratz et al., 2015).

Για τη σύγκριση των επιδράσεων της θεραπείας με Laser HILT και ενός συνδυασμού TENS με θεραπευτικό υπέρηχο, οι Kolu et al. (2018) πραγματοποίησαν μελέτη για τον πόνο και τη λειτουργικότητα σε 54 ασθενείς με χρόνια οσφυϊκή ριζίτιδα. Οι ασθενείς χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες: η 1^η ομάδα (n=27) πραγματοποίησε συνεδρίες TENS και θεραπεία με υπέρηχους οι οποίες εφαρμόστηκαν για δύο εβδομάδες, πέντε ημέρες την εβδομάδα. Στη 2η ομάδα (n=27) εφαρμόστηκε για πέντε ημέρες την εβδομάδα σε διάστημα δύο εβδομάδων για συνολικά 10 συνεδρίες θεραπείας με Laser HILT. Η

συσκευή ρυθμίστηκε σε συχνότητα 25Hz, μέση προσδιδόμενη ισχύ 10W με πυκνότητα ενέργειας 12 J/cm² στην περιοχή της ΟΜΣΣ άνω των 25cm² για λειτουργία βιοδιέγερσης για τέσσερα (4) λεπτά, ακολουθούμενη από συνεχή λειτουργία για 6 λεπτά με ισχύ 7W και πυκνότητα ενέργειας 120J/cm². Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της θεραπείας, ξεκίνησε ένα πρόγραμμα άσκησης στην ΟΜΣΣ από τον ίδιο φυσικοθεραπευτή, που περιελάμβανε πέντε επαναλήψεις ανά σετ ασκήσεων τόσο στην 1^η ομάδα όσο και στη 2^η ομάδα. Οι επαναλήψεις και των δύο (2) σετ αυξήθηκαν έως και δέκα, υπό την προϋπόθεση ότι αυτό δεν αύξανε τον πόνο του ασθενούς (Kolu et al., 2018). Ζητήθηκε από τους ασθενείς να αξιολογήσουν τη σοβαρότητα του πόνου με την κλίμακα VAS, ενώ η λειτουργικότητα μετρήθηκε με το δείκτη ODI. Δείκτης αυτός περιλαμβάνει 10 ερωτήσεις που αξιολογούν τον πόνο, την προσωπική φροντίδα, την ανύψωση, το περπάτημα, το κάθισμα, τη στάση, τον ύπνο, την κοινωνική ζωή, την κίνηση και το βαθμό διακύμανσης του πόνου, με το καθένα να βαθμολογεί από το 0 έως το 5 (Boscainos et al., 2003). Η μέγιστη βαθμολογία είναι 50 και η συνολική βαθμολογία πολλαπλασιάζεται επί δύο για να παρέχει ένα ποσοστιαίο αποτέλεσμα (Boscainos et al., 2003; Kolu et al., 2018). Αυτός ο δείκτης χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της θεραπείας και τη σύγκριση διαφορετικών θεραπειών σε ασθενείς με χρόνια πόνο στην ΟΜΣΣ και όπως είδαμε λόγω της εγκυρότητας και αξιοπιστίας εφαρμόστηκε και σε πολλές άλλες μελέτες και κατά συνέπεια αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο σύγκρισης (Mbada et al., 2020). Από την αξιολόγηση των δύο ομάδων στο τέλος της θεραπείας και ένα μήνα μετά τη θεραπεία διαπιστώθηκε ότι η βαθμολογία παρουσίασε βελτίωση και στις δύο ομάδες τόσο στην κλίμακα πόνου VAS όσο και στο δείκτη λειτουργικότητας ODI, αλλά δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων (Kolu et al., 2018).

Η βιβλιογραφία έχει να αναφέρει και πειραματικές μελέτες με εφαρμογή HILT σε παθήσεις του άνω άκρου (AA). Σε μία από αυτές, το 2016 οι Salli et al. διεξήγαν μελέτη σε εξήντα πέντε ασθενείς με επικονδυλίτιδα (Lateral epicondylitis = LE) (18 άνδρες, 47 γυναίκες με μέση ηλικία 46,5±8,1 έτη, από 30 έως 61 ετών), οι οποίοι τοποθετήθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες θεραπείας. Η πρώτη ομάδα (n=31) έλαβε θεραπεία με HILT για 10 συνεδρίες, ενώ η δεύτερη ομάδα (n=34) χρησιμοποίησε ως θεραπεία μόνο περίδεση. Οι ασθενείς αξιολογήθηκαν στην κίνηση handgrip για τη δύναμη, τον πόνο, τη δυσλειτουργία και την ποιότητα ζωής τόσο κατά την έναρξη όσο και την έκτη εβδομάδα

μετά τη θεραπεία με τη χρήση της κλίμακας VAS, του ερωτηματολογίου Αναπηρία του Ωμου και του Χεριού και του Χεριών (Disabilities of the Arm Shoulder and Hand questionnaire) και του Short-Form 36 (SF- 36) (Salli et al., 2016). Η θεραπεία με Laser HILT εφαρμόστηκε για 75 δευτερόλεπτα με ισχύ 4W και πυκνότητα ενέργειας $6J/cm^2$ (για αναλγητικό αποτέλεσμα) με στόχο τις πιο επώδυνες περιοχές με κυκλικές κινήσεις από το κέντρο προς τα έξω κατά τη διάρκεια των πρώτων τεσσάρων συνεδριών. Στις επόμενες έξι συνεδρίες, η θεραπεία εφαρμόστηκε για 12 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα με ισχύ 6W και πυκνότητα ενέργειας $100-150J/cm^2$ (για επίδραση βιοδιέγερσης) στην περιοχή πρόκλησης πόνου με γραμμική εφαρμογή. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 10 συνεδρίες που διήρκεσαν δύο εβδομάδες (5 ημέρες/εβδομάδα). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν σημαντικές βελτιώσεις σε όλες τις παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένης της δύναμης του AA, του πόνου, της δυσλειτουργίας και της ποιότητας ζωής και στις δύο ομάδες κατά τη σύγκριση των τιμών τους πριν και μετά τη θεραπεία. Ωστόσο, η ποσοστιαία μεταβολή της βαθμολογίας VAS ήταν υψηλότερη στην ομάδα HILT σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Salli et al., 2016).

Η άρθρωση του γόνατος φαίνεται να έχει μια ιδιαίτερη θέση σχετικά με την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής HILT σε αυτήν στην παγκόσμια βιβλιογραφία, μιας και υπάρχουν αρκετές έρευνες, είτε για χρόνια εκφυλιστικά σύνδρομα, είτε για τραυματικές κακώσεις στην περιοχή. Η οστεοαρθρίτιδα του γόνατος (ΟΑΓ) είναι μια εκφυλιστική νόσος της άρθρωσης που επηρεάζει κυρίως τους ηλικιωμένους (Alayat et al., 2017; (Ammendolia et al., 2021; Song, Seo, & Kim, 2020). Είναι μία από τις κύριες αιτίες σωματικής αναπηρίας που έχει κοινωνικό αντίκτυπο και αντίκτυπο στη δημόσια υγεία (Nazari et al., 2019; (Wyszynska & Bal-Bochenska, 2018) λόγω του πόνου, της δυσκαμψίας, της αρθρικής αστάθειας και της μυϊκής αδυναμίας (Angelova & Ilieva, 2016; Chow et al., 2021). Πιστεύεται ότι είναι αποτέλεσμα τόσο μηχανικών όσο και μοριακών παραγόντων στην προσβεβλημένη άρθρωση με σταδιακή έναρξη και συνήθως αρχίζει μετά την ηλικία των 40 ετών Alayat et al., 2017; (Kheshie, Alayat, & Ali, 2014). Πριν την ηλικία των 50 ετών, οι άνδρες έχουν περισσότερες πιθανότητες από τις γυναίκες να εμφανίσουν ΟΑΓ (Kheshie et al., 2014). Την τελευταία δεκαετία έχουν δημοσιευτεί αρκετές μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της HILT στη θεραπεία της ΟΑΓ, οι οποίες δείχνουν την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής.

Το 2017, οι Alayat et al. διεξήγαγαν έρευνα με 67 άρρενες ασθενείς, με μέση (SD) ηλικία 53,85 (4,39) ετών, μέσο βάρος 84,01 (4,70)kg, ύψος 171,51 (3,96)cm. και Δείκτη μάζας Σώματος (ΔΜΣ) 28,56 (1,22). Η 1^η ομάδα (HILT + Θεϊκή Γλυκοζαμίνη & Χονδροϊτίνη + Φυσικοθεραπεία) αποτελούνταν από 23 ασθενείς, η 2^η ομάδα (Θεϊκή Γλυκοζαμίνη & Χονδροϊτίνη + Φυσικοθεραπεία) αποτελούνταν από 22 ασθενείς και η 3^η ομάδα (Placebo HILT + Φυσικοθεραπεία) αποτελούνταν από 22 ασθενείς. Οι ομάδες ήταν ομοιογενείς όσον αφορά τα δημογραφικά και φυσικά χαρακτηριστικά των ασθενών, όπως η ηλικία, το βάρος, το ύψος και ο ΔΜΣ. Επίσης υπήρχε ομοιογένεια μεταξύ των ομάδων στις αρχικές μετρήσεις ως προς το επίπεδο πόνου και λειτουργικότητας της άρθρωσης του γόνατος που μετρήθηκαν με την κλίμακα VAS και WOMAC αντίστοιχα, καθώς και του πάχους του αρθρικού (ST) και του μηριαίου χόνδρου (FCT). Στους ασθενείς της 1^{ης} ομάδας εφαρμόστηκε παλμικό Laser HILT πηγής Nd:YAG, με τη συσκευή HIRO 3.0 (ASA, Arcugnano, Vicenza, Ιταλία). Η σάρωση εφαρμόστηκε εγκάρσια και διαμήκως στην πρόσθια και πλευρική επιφάνεια της άρθρωσης του γόνατος, με τον ασθενή σε καθιστή θέση έχοντας το γόνατο λυγισμένο στις 90°. Οι οπίσθιες και πλευρικές επιφάνειες σαρώθηκαν με τον εφαρμογέα ενώ ο ασθενής ήταν σε πρηνή θέση με το γόνατο εκτεταμένο. Κάθε πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του γόνατος σαρώθηκε σε δύο φάσες (αρχική και τελική) σε τρία βήματα δράσης. Κάθε φάση παρείχε ενέργεια 750J με 1500J είτε σε πρόσθιες είτε σε οπίσθιες επιφάνειες γόνατος. Η τελική φάση ήταν παρόμοια με την αρχική φάση, με τη διαφορά ότι ήταν πιο αργή η σάρωση των επιφανειών. Η μέση επιφάνεια σάρωσης ήταν 200 cm² και η μέση ενεργειακή πυκνότητα ορίστηκε σε 15J/cm², με συνολική παροχή ενέργειας 3000J σε κάθε συνεδρία. Ο συνολικός χρόνος θεραπείας ήταν επτά (7) λεπτά. Στους ασθενείς της ομάδας 3 εφαρμόστηκε συμβατική φυσικοθεραπεία δύο φορές την εβδομάδα για 6 εβδομάδες και ένα εικονικό Laser (placebo) που εφαρμόστηκε με τον ίδιο τρόπο όπως το ενεργό Laser (Alayat et al., 2017). Η 1^η ομάδα (HILT+Θεϊκή Γλυκοζαμίνη & Χονδροϊτίνη+Φυσικοθεραπεία), παρουσίασε σημαντικές μειώσεις στην VAS καθώς και στις κλίμακες WOMAC (πόνος, δυσκαμψία και λειτουργικότητα) μετά τη θεραπεία, σε σύγκριση με τις αρχικές μετρήσεις, ενώ δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μετρήσεων μετά από 6 εβδομάδες θεραπείας και σε 3 μήνες παρακολούθησης (follow up). Επίσης οι μεταβολές αυτές ήταν παρόμοιες με τις υπόλοιπες 2 ομάδες της μελέτης. Η βασική διαφορά που υπήρξε μεταξύ των ομάδων

ήταν στις μετρήσεις του πάχους του αρθρικού χόνδου (ST) και του πάχους του μηριαίου (FCT), μετά τη θεραπεία σε σύγκριση με τις αρχικές τιμές. Η σύγκριση των τιμών μετά τη θεραπεία σε 6 εβδομάδες και μετά από 3 μήνες μεταξύ των ομάδων θεραπείας αποκάλυψε πιο σημαντική μείωση του VAS στην ομάδα HILT σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ομάδες, χωρίς να διαπιστωθεί σημαντική διαφορά μεταξύ της 2^{ης} και 3^{ης} ομάδας. Επιπλέον, δε διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην κλίμακα WOMAC μεταξύ των ομάδων 2 και 3 μετά από 3 μήνες παρακολούθησης. Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε και στην κλίμακα λειτουργικότητας μεταξύ της 1^{ης} ομάδας και των άλλων 2, στις μετρήσεις μετά από 6 εβδομάδες και 3 μήνες παρακολούθησης (Alayat et al., 2017).

Οι Nazari et al. (2019) διεξήγαν αντίστοιχη πειραματική μελέτη σε 93 ασθενείς με ΟΑΓ, τους οποίους χώρισαν σε τρεις ισοπληθείς ομάδες των 31 ατόμων έκαστη, οι οποίες ήταν ομοιογενείς ως προς δημογραφικά χαρακτηριστικά και την αρχική κλινική τους κατάσταση. Στην 1^η ομάδα εφαρμόστηκε παλμικό HILT Nd:YAG με μήκος κύματος 1064nm. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε με αργή χειροκίνητη σάρωση σε διαμήκη και κάθετη κατεύθυνση στην πλευρική επιφάνεια του γόνατος με εφαρμογέα διαμέτρου 5cm. Ο εφαρμογέας τοποθετήθηκε κάθετα σε επαφή με το σημείο επαφής, ενώ ο ασθενής βρισκόταν με το γόνατο σε κάμψη 30° για 8 λεπτά. Η συχνότητα εκπομπής ήταν 30Hz με μέση ισχύ εξόδου 5W (η οποία είναι χαμηλότερη σε επίπεδο ισχύος HILT από άλλες μελέτες), πυκνότητα ενέργειας 60J/cm² και συνολική ενέργεια 2400J κατά τη διάρκεια μίας συνεδρίας. Στη 2^η ομάδα εφαρμόστηκε κλασική φυσικοθεραπεία, η οποία περιελάμβανε TENS με συχνότητα 100Hz και υπερήχους με συχνότητα 1MHz και ένταση 1W/cm² με εφαρμογέα διαμέτρου 5cm, για 12 συνεδρίες, σε διαφορετικές μέρες. Στην 3^η ομάδα εφαρμόστηκε ένα πρωτόκολλο άσκησης το οποίο σχεδιάστηκε για να εκτελείται εύκολα στο σπίτι χωρίς να χρειάζεται ειδικός εξοπλισμός. Κατά τη διάρκεια της πρώτης συνεδρίας, εκπαιδεύτηκαν οι συμμετέχοντες για το πώς να κάνουν σωστά τις ασκήσεις οι οποίες περιελάμβαναν: α) ασκήσεις προθέρμανσης, περπατώντας με τη συνήθη ταχύτητα σε μια επίπεδη επιφάνεια για 10 λεπτά με απαλές διατάσεις, β) ειδικές ασκήσεις για ΟΑΓ: ασκήσεις ενδυνάμωσης τετρακεφάλων, συμπίεση μαξιλαριών, μονοποδική ισορροπία, βηματισμός κλπ.. Σε όλους τους ασθενείς δόθηκε ένα φυλλάδιο άσκησης που περιλαμβάνει τις απεικονίσεις, τους αριθμούς και τα σύνολα των ασκήσεων

και τους ζητήθηκε έντονα να κάνουν τις ασκήσεις δύο φορές την ημέρα για 12 εβδομάδες (Nazari et al., 2019). Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων στην αρχή της έρευνας, αμέσως μετά την παρέμβαση και μετά από 12 εβδομάδες. Η ομάδα HILT είχε στατιστικά σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα σε κλίμακες πόνου και δυσλειτουργίας, όπως είναι η VAS και η WOMAC, τόσο αμέσως μετά την παρέμβαση όσο και 12 εβδομάδες μετά το τέλος αυτής. Επίσης οι ομάδες HILT και φυσικοθεραπείας είχαν καλύτερα αποτελέσματα από την κινησιοθεραπεία. Η ομάδα HILT είχε τα καλύτερα σκορ και από τις υπόλοιπες δύο (2) ομάδες στο follow-up των 12 εβδομάδων, και ειδικότερα στη δυσκαμψία (υποκατηγορία της WOMAC). Εκτιμάται ότι η εφαρμογή HILT σε συνδυασμό με κινησιοθεραπεία, ως θεραπευτική προσέγγιση, θα μπορούσε να έχει θετικές επιδράσεις σε ασθενείς με ΟΑΓ (Nazari et al., 2019).

Αντίστοιχα θετικά αποτελέσματα υπέρ της HILT, διαπιστώθηκαν και από τη μελέτη των Angelova και Iliena (2016), οι οποίες διεξήγαγαν μελέτη σε 72 ασθενείς με ΟΑΓ (ηλικίας από 39 έως 83 ετών) του οποίους ταξινόμησαν σε δύο ομοιογενείς ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά ομάδες. Η 1^η ομάδα περιελάμβανε 37 ασθενείς με μέση ηλικία 65,11 έτη και τυπική απόκλιση 1,40 έτη που έλαβαν θεραπεία HILT και την ομάδα ελέγχου με 35 ασθενείς με μέση ηλικία 64,71 έτη και τυπική απόκλιση 1,98 έτη, στους οποίους εφαρμόστηκε εικονικό (placebo) Laser. Στην 1^η ομάδα (HILT) εφαρμόστηκαν συνολικά επτά συνεδρίες, όπου οι πρώτες τρεις συνεδρίες ήταν με ρύθμιση για αναλγητική δράση και πυκνότητα ενέργειας $12\text{J}/\text{cm}^2$ σε σύνολο 300J και σε επιφάνεια 25cm^2 , αρχικά στην εσωτερική πλευρά του γόνατος, με συχνότητα 25Hz. Στις επόμενες τέσσερις συνεδρίες εφαρμόστηκαν βιοδιεγερτικές παράμετροι, με πυκνότητα ενέργειας $120\text{J}/\text{cm}^2$ σε σύνολο 3000J και σε επιφάνεια 25cm^2 , στην πρόσθια πλευρά του γόνατος, για 10 λεπτά (Angelova & Iliena, 2016). Μετά το τέλος της θεραπείας υπήρξε στατιστικά σημαντική μείωση του πόνου σε ηρεμία, του πόνου στην ψηλάφηση, του πόνου κατά τη διάρκεια της κίνησης και του πόνου σε σύγκριση με την αρχική τιμή και στις δύο ομάδες. Ποσοστιαία η μείωση του πόνου ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στους ασθενείς της ομάδας παρέμβασης με HILT σε σύγκριση με τους ασθενείς της ομάδας ελέγχου. Επίσης η στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά τη μείωση του πόνου μεταξύ των ομάδων

διατηρήθηκε και στις μετρήσεις του ενός και τριών μηνών μετά τη θεραπεία (Angelova & Piieva, 2016).

Συνολικά 40 ασθενείς με πόνο στο γόνατο για τουλάχιστον 6 μήνες, ηλικίας μεταξύ 45 και 75 ετών, με ΟΑΓ βαθμού 2-3 σύμφωνα με την ταξινόμηση Kelgren-Lawrance, συμμετείχαν στη μελέτη των Akaltun et al. (2021). Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε 2 ομάδες ως εξής: 1η ομάδα, HILT συν θεραπεία με φυσικοθεραπευτικές ασκήσεις (n = 20) και 2η ομάδα, Placebo HILT συν θεραπεία με φυσικοθεραπευτικές ασκήσεις (n = 20). Το μήκος κύματος που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη αυτή ήταν 1064nm με Nd:YAG Laser. Η μέγιστη ισχύς της συσκευής ήταν 12W και πραγματοποιήθηκαν 3 διαφορετικοί τρόποι εφαρμογής. Στη μελέτη τους χρησιμοποιήθηκαν οι λειτουργίες της βιοδιέγερσης και οι αναλγητικές λειτουργίες. Η εφαρμογή έγινε δυναμικά και όχι στατικά, με κυκλικές κινήσεις και στις δύο λειτουργίες. Η αναλγητική λειτουργία εφαρμόστηκε τις πρώτες 3 ημέρες. Συνολικά 300J εφαρμόστηκαν ως $12\text{J}/\text{cm}^2$ σε επιφάνεια 25cm^2 με συχνότητα 25Hz σε αυτές τις συνεδρίες. Η εφαρμογή βιοδιέγερσης εφαρμόστηκε από την τέταρτη μέρα. Συνολικά 3000J εφαρμόστηκαν ως $120\text{J}/\text{cm}^2$ σε αυτή τη λειτουργία. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 10 συνεδρίες. Η μέση ηλικία των ασθενών ήταν $58,24 \pm 9,73$ έτη, η τιμή του ΔΜΣ ήταν $30,96 \pm 5,21\text{kg}/\text{m}^2$ και η διάρκεια των συμπτωμάτων ήταν $3,84 \pm 3,67$ έτη. Συνολικά 29 (70.7%) των ασθενών ήταν γυναίκες και 12 (29.3%) ήταν άνδρες. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στην αρχή της μελέτης, όσον αφορά την ηλικία, το φύλο, τον ΔΜΣ και τη διάρκεια των συμπτωμάτων ($p > 0,05$). Επίσης δεν υπήρχαν διαφορές στις μετρήσεις VAS και WOMAC ($p > 0,05$). Στατιστικά σημαντικές μειώσεις εντοπίστηκαν και στις δύο ομάδες, μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας (2^η εβδομάδα) σε σύγκριση με την περίοδο πριν από τη θεραπεία, στις τιμές VAS, WOMAC - Πόνου, WOMAC - Λειτουργικότητα, WOMAC- Δυσκαμψία και WOMAC - Συνολικά ($p < 0,05$) (Akaltun et al., 2021).

2.2.8 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ LLLT ΚΑΙ HILT

Όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, η LLLT είναι μία από τις προτιμώμενες μεθόδους για τη θεραπεία διαφόρων μορφών μυοσκελετικού πόνου (Alayat et al., 2019; Ezzati et al., 2020; Gocevska et al., 2019; Song et al., 2020) κυρίως λόγω των μη

επεμβατικών ιδιοτήτων της. Κλινικά, η LLLT καταστέλλει τον πόνο και τη φλεγμονή, διεγείρει την επούλωση και βελτιώνει την κυκλοφορία του αίματος (Korkmaz et al., 2022). Πρόσφατα, η θεραπεία με Laser Υψηλής Ισχύος HILT έχει αναδειχθεί σε μια προηγμένη μη επεμβατική μορφή θεραπείας Laser που είναι σε θέση να παρέχει υψηλή ενέργεια φωτός Laser σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα και με βαθύτερη διείσδυση στους ιστούς σε σύγκριση με την LLLT, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη βιοδιέγερση με αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα (Ezzati et al., 2020). Αυτή είναι και βασική ιδιαιτερότητα της HILT η οποία διεγείρει σχεδόν άμεσα τη διαδικασία αποκατάστασης, διεγείροντας μια διαδικασία αντιφλεγμονώδους δράσης με μόνιμες επιδράσεις.

Οι θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ LLLT και HILT συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.2).

Πίνακας 2.2: Θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ LLLT και HILT

Σημεία Διαφοράς	LLLT	HILT
Κατηγορία Laser	I, II, III	IV
Ενεργειακή Απόδοση	< 500 mW	> 500 mW
Μήκος κύματος	600-980 nm	660-1280 nm
Λειτουργία Laser	Συνεχής	Συνεχής και παλμική
Διασπορά Ακτινοβολίας	Συμπυκνωμένο φως: έχει ως αποτέλεσμα λιγότερο αποτελεσματική οξειδωτική αντίδραση των μιτοχονδρίων και χαμηλή παραγωγή ATP	Διάχυτο φως: έχει ως αποτέλεσμα πιο αποτελεσματικές οξειδωτικές αντιδράσεις των μιτοχονδρίων και υψηλή παραγωγή ATP
Δυνατότητα διείσδυσης	Επιπολής ιστός, < 2 εκ.	Εν τω βάθει ιστός, 5-15 εκ.

Χρόνος Θεραπείας	Περισσότερη Διάρκεια, π.χ. 16 λεπτά με ισχύ εξόδου 500 mW για ενεργειακή πυκνότητα 100J/cm ² και επιφάνεια θεραπείας 5cm ²	Συντομότερο, π.χ. 2 λεπτά με ισχύ εξόδου 5000mW για πυκνότητα ενέργειας 100J/cm ² και επιφάνεια θεραπείας 5cm ²
Έκταση θεραπευτικής περιοχής	Περιορίζεται σε μικρότερη περιοχή	Πρακτικά για ευρύτερη περιοχή
Φωτοβιολογικοί μηχανισμοί δράσης	Βιοδιέγερση & αντιφλεγμονώδη δράση	Βιοδιεγερτικό, αντιφλεγμονώδες & φωτοθερμικό
Διαφορά θερμοκρασίας	Δεν προκαλεί αίσθηση θερμότητας κατά τη διάρκεια της θεραπείας	Υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας δημιουργεί επιφανειακή υπερθερμία (φωτοθερμικές επιδράσεις)
Εφαρμογέας (probe) Laser	Ο εφαρμογέας πρέπει να έρθει σε επαφή με το δέρμα για μεταφορά ενέργειας	Η υψηλή ακτινοβολία Laser επιτρέπει θεραπεία χωρίς επαφή με το δέρμα
Ασφάλεια	Ασφαλές και δεν απαιτούνται συγκεκριμένες προφυλάξεις ασφαλείας	Ασφαλές, ωστόσο, απαιτούνται προφυλάξεις ασφαλείας, όπως είναι τα προστατευτικά γυαλιά
Διαθέσιμες Συσκευές	Irradia Mid-Laser & Bio-Light Aura PTL	HIRO 3.0 Nd: YAG Laser, HIRO TT, BTL 6000 HILT

Εν ολίγοις, η LLLT μπορεί να παράγει ενέργεια έως 500mW μέσω συμπυκνωμένης ακτινοβολίας Laser για την τόνωση - ενεργοποίηση φωτοβιολογικών μηχανισμών, δηλαδή βιοδιέγερσης και αντιφλεγμονώδους δράσης (Hamblin, 2017; Hamblin & Huang, 2019). Αυτός ο τύπος θεραπείας με Laser μπορεί να διεισδύσει στις επιπολής στοιβάδες

χωρίς να παράγει καμία αίσθηση θέρμανσης κατά τη διάρκεια της θεραπείας, ωστόσο, η μέγιστη ικανότητα διείσδυσης είναι 2cm (Hamblin, 2017). Κατά συνέπεια, υπάρχει λιγότερη ενεργοποίηση των φωτοβιολογικών μηχανισμών καθώς και ανεπαρκής μιτοχονδριακή οξειδωτική αντίδραση για την ομαλοποίηση της ATP, η οποία είναι απαραίτητη για τη βέλτιστη κυτταρική λειτουργία (Lane, 2006). Αντίθετα, το HILT μπορεί να παράγει ενεργειακή απόδοση μεγαλύτερη από 500mW μέσω της εφαρμογής ακτινοβολίας Laser που οδηγεί σε βαθύτερη διείσδυση ιστού (έως 15cm). Αυτός ο τύπος θεραπείας με Laser είναι σε θέση να προκαλέσει επιφανειακή (δερματική) υπερθερμία (φωτοθερμική επίδραση) για την επιτάχυνση οξειδωτικών αντιδράσεων και υψηλότερης παραγωγής ATP (Gocevaska et al., 2019; Kim, Kim, Lee, & Choi, 2015; Wyszynska & Bal-Bochenska, 2018). Μίας και υπάρχουν έρευνες που εμπεριέχουν και τις δύο μορφές Laser (LLLT – HILT) προέκυψε η ανάγκη για σύγκριση μεταξύ τους ως προς την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τους και το πεδίο δράσης τους.

2.2.8.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕΤΑΞΥ LLLT ΚΑΙ HILT

Το 2018, οι Taradaj et al., διεξήγαγαν συγκριτική μελέτη σε ασθενείς με οσφυαλγία με στόχο την αξιολόγηση της θεραπείας με Laser χαμηλού επιπέδου (LLLT) και της θεραπείας με Laser υψηλής ισχύος (HILT) και την αποτελεσματικότητά τους τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα, και σε σύγκριση με την επίδραση εικονικής παρέμβασης (placebo). Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν ασθενείς με χρόνια πόνο στην ΟΜΣΣ, οι οποίοι δεν είχαν υποβληθεί ποτέ σε χειρουργική επέμβαση στη ΣΣ. Με βάση τα αποτελέσματα της μαγνητικής τομογραφίας (MRI), η οποία επιβεβαίωσε την ακριβή διάγνωση της πάθησης, οι 68 συμμετέχοντες προκρίθηκαν για τη θεραπεία και τοποθετήθηκαν σε τέσσερις συγκριτικές ομάδες με τη σειρά που προσφέρθηκαν εθελοντικά. Όλες οι ομάδες ήταν ομοιογενείς όσον αφορά τα βασικά δημογραφικά χαρακτηριστικά και άλλους παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα, όπως η ηλικία, το ύψος, το σωματικό βάρος και η διάρκεια της πάθησης. Η ομάδα HILT αποτελούνταν από 18 συμμετέχοντες (10 άνδρες και 8 γυναίκες) οι οποίοι υποβλήθηκαν σε θεραπεία που περιελάμβανε μια περιοχή 30cm² στην ΟΜΣΣ, το Laser HILT είχε μήκος κύματος 1064nm, μέση ισχύ εξόδου 10W, με πυκνότητα ενέργειας 670J/cm² (συνολική ενέργεια παρέμβασης 1200J) και διάρκεια εφαρμογής 10 λεπτά. Η

επόμενη ομάδα, της εικονικής παρέμβασης HILT, αποτελούνταν από 17 συμμετέχοντες (9 άνδρες και 8 γυναίκες) οι οποίοι έλαβαν μια σειρά από εικονικές θεραπείες χρησιμοποιώντας Laser υψηλής ισχύος. Η διάρκεια της συνεδρίας ήταν 10 λεπτά. Η ομάδα LLLT αποτελούνταν από 16 συμμετέχοντες (8 άνδρες και 8 γυναίκες) οι οποίοι υποβλήθηκαν σε θεραπεία με Laser χαμηλής ισχύος. Οι παράμετροι παρέμβασης περιελάμβαναν συνεχή εκπομπή ακτινοβολίας από την πηγή Laser, δυναμική εφαρμογή με έναν εφαρμογέα (probe) 1mm², ισχύος 65mW, μήκος κύματος 785nm, πυκνότητα ενέργειας 8J/cm² και διάρκεια θεραπείας 8 λεπτά. Η ομάδα ελέγχου της εικονικής παρέμβασης LLLT αποτελούνταν από 17 συμμετέχοντες (9 άνδρες και 8 γυναίκες) οι οποίοι έλαβαν μια σειρά από εικονικές θεραπείες χρησιμοποιώντας Laser χαμηλής ισχύος. Η διάρκεια εφαρμογής ήταν 8 λεπτά σε μια περιοχή 3cm παρασπονδυλικά στο ύψος των σπονδύλων O5-I1. Όλες οι συνεδρίες με Laser πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο εξειδικευμένο φυσικοθεραπευτή. Ομοίως, όλες οι διαγνωστικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο ειδικό επιστήμονα. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη όλων των συγκριτικών ομάδων υποβλήθηκαν σε μια σειρά από 15 συνεδρίες Laser και placebo Laser που πραγματοποιήθηκαν πέντε φορές την εβδομάδα, μία φορά την ημέρα, για τρεις εβδομάδες (Taradaj et al., 2018). Οι κλινικές δοκιμές που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της θεραπείας Laser στους συμμετέχοντες στη μελέτη όσον αφορά την υποκειμενική εκτίμηση του πόνου, τη λειτουργική απόδοση και τον βαθμό αναπηρίας τους ήταν οι κάτωθι: 1) η οπτική αναλογική κλίμακα πόνου VAS· 2) οι δείκτες του ερωτηματολογίου Laitinen Questionnaire Indicators of Pain για τον πόνο (LQIP)· 3) ο δείκτης αναπηρίας Oswestry (ODI)· 4) το ερωτηματολόγιο αναπηρίας Roland-Morris (Roland-Morris Disability Questionnaire = RMDQ)· 5) το τεστ Lasague· και 6) το τεστ Schober, για τον προσδιορισμό πιθανής ύπαρξης περιορισμού του ROM στην ΟΜΣΣ (κάμψη). Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πριν από την έναρξη της ερευνητικής μελέτης και μετά την ολοκλήρωσή της. Στη συνέχεια, έγιναν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις μετά από 1 και 3 μήνες από το τέλος των συνεδριών θεραπείας (follow up). Κατά τη διάρκεια της follow up περιόδου, οι συμμετέχοντες δεν υποβλήθηκαν σε καμία θεραπεία που θα μπορούσε να επηρεάσει τα αποτελέσματα (Taradaj et al., 2018). Μετά την εφαρμογή με Laser ή εικονικού Laser, παρατηρήθηκε θεραπευτική βελτίωση σε όλες τις ομάδες, σχετικά με την υποκειμενική αίσθηση του πόνου που μετρήθηκε με το VAS και το LQIP. Παρόμοια κατάσταση παρατηρήθηκε

στην περίπτωση αίσθησης της λειτουργικής απόδοσης που αναλύθηκε με τα ερωτηματολόγια ODI και του RMDQ. Ως αποτέλεσμα της εφαρμοζόμενης θεραπείας, παρατηρήθηκε επίσης βελτίωση της κινητικότητας της άρθρωσης του ισχίου στο τεστ Lasegue, καθώς και στην ΟΜΣΣ με το τεστ Schober. Συγκρίνοντας τις αλλαγές που επιτεύχθηκαν αμέσως μετά την ολοκλήρωση των παρεμβάσεων με την κατάσταση πριν από τη θεραπεία, διαπιστώθηκε σημαντική ύφεση των συμπτωμάτων και στις τέσσερις συγκριτικές ομάδες (συμπεριλαμβανομένης της εικονικής θεραπείας). Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι στα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα (1 και 3 μήνες μετά τη θεραπεία Laser και placebo Laser), παρατηρήθηκε σταδιακή υποτροπή των συμπτωμάτων. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη τις συγκρίσεις μεταξύ των ομάδων, διαπιστώθηκε ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων συγκριτικών ομάδων. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στη θεραπευτική αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας Laser με διαφορετικές ενεργειακές δόσεις και στη χρήση παρέμβασης εικονικής θεραπείας σε συγκεκριμένες ομάδες. Αυτό μας επιτρέπει να δηλώσουμε ότι με βάση τα αποτελέσματα από τη συγκεκριμένη πειραματική μελέτη, τόσο τα Laser υψηλής όσο και χαμηλής ισχύος, φαίνονταν αναποτελεσματικά και δεν παρουσίασαν κανένα θεραπευτικό πλεονέκτημα στις μετρούμενες παραμέτρους σε σχέση με τις εικονικές θεραπείες σε συμμετέχοντες με χρόνιες εκφυλιστικές αλλαγές στην ΟΜΣΣ. Παρ' όλα αυτά, υπήρξαν ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα στην ομάδα HILT στην υποκειμενική αντίληψη του πόνου σύμφωνα με την VAS (αμέσως μετά τη θεραπεία και ένα (1) μήνα αργότερα στην περίοδο follow up). Ωστόσο, το LQIP που παρέχει μια περαιτέρω και λεπτομερέστερη ανάλυση των συμπτωμάτων πόνου δεν επιβεβαίωσε αυτό το αποτέλεσμα (Taradaj et al., 2018).

Παρόμοιο ερευνητικό σχεδιασμό είχαν και οι Kheshie et al. (2014), στη συγκριτική μελέτη που διεξήγαγαν για την αποτελεσματικότητα της LLLT και της HILT σε 53 άρρηνες ασθενείς με ΟΑΓ. Οι ασθενείς τοποθετήθηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες και έλαβαν HILT συν φυσικοθεραπευτική άσκηση (HILT+EX), LLLT συν φυσικοθεραπευτική άσκηση (LLLT+EX), και εικονική εφαρμογή Laser συν φυσικοθεραπευτική άσκηση (PL+EX) στις ομάδες 1, 2 και 3, αντίστοιχα. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δημογραφικών χαρακτηριστικών των ασθενών μεταξύ των ομάδων παρέμβασης. Επίσης, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών

ομάδων θεραπείας στην αρχική τιμή των δεικτών αξιολόγησης VAS ή WOMAC (Kheshie et al., 2014). Συνολικά 53 άνδρες ασθενείς συμμετείχαν σε αυτή τη μελέτη, με μέση (SD) ηλικία 54,6 (8,49) ετών, μέσο βάρος 86,96 (10,16)kg, μέσο ύψος 1,73 (0,57)m και ΔΜΣ 29,09 (4, 06)kg/cm². Η ομάδα 1 (HILT+EX) αποτελούνταν από 20 ασθενείς, η ομάδα 2 (LLLT+EX) αποτελούνταν από 18 ασθενείς και η ομάδα 3 (PL+EX) αποτελούνταν από 15 ασθενείς. Οι 20 ασθενείς της ομάδας 1 (HILT+EX) υποβλήθηκαν σε θεραπεία Laser HILT πηγής Nd:YAG (συσκευή: HIRO 3, Arcugnano, Vicenza, Italy) και η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε με τον ασθενή σε ύπτια θέση με το γόνατο λυγισμένο στις 30°. Η σάρωση πραγματοποιήθηκε εγκάρσια και κατά μήκος της επιφάνειας της άρθρωσης του γόνατος με έμφαση στην αρθρική γραμμή μεταξύ του μηριαίου και κνημιαίου κόνδylου. Η συνολική ενέργεια που εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας ήταν 1250J σε τρεις (3) φάσεις. Η αρχική φάση πραγματοποιήθηκε με γρήγορη χειροκίνητη σάρωση με συνολικά 500J. Στην αρχική φάση, η ενεργειακή ροή Laser ορίστηκε σε δύο διαδοχικές φάσεις με πυκνότητα ενέργειας 710 και 810mJ/cm² για συνολικά 500J. Στην ενδιάμεση φάση, ο εφαρμογέας ήταν στατικός αποδίδοντας ενέργεια 25J, ανά σημείο, με πυκνότητα ενέργειας 610mJ/cm² και χρόνο 14 δευτερόλεπτα για κάθε σημείο και συνολικά 250 J σε αυτή τη φάση. Η τελική φάση ήταν η ίδια με την αρχική φάση, με τη διαφορά ότι ήταν πιο αργή η χειροκίνητη σάρωση. Ο χρόνος εφαρμογής και για τις τρεις φάσεις ήταν περίπου 15 λεπτά (συνολικός χρόνος παρέμβασης) με τη συνολική ενέργεια που προσδόθηκε στον ασθενή κατά τη διάρκεια κάθε συνεδρίας 1250J. Η συσκευή υπολογίζει την ενέργεια που παρέχεται σε κάθε φάση καθώς και τη συνολική ενέργεια που εφαρμόζεται στον ασθενή κατά τη διάρκεια της συνεδρίας. Το HILT εφαρμόστηκε για συνολικά 12 συνεδρίες (δύο συνεδρίες/εβδομάδα για 6 εβδομάδες). Οι 18 ασθενείς της ομάδας 2 έλαβαν θεραπεία με LLLT (GaAs) (συσκευή: Laser BTL-5000) με μήκος κύματος 830nm, ισχύ εξόδου 800mW, μέση πυκνότητα ενέργειας 50J/cm², συχνότητα 1KHz και κύκλο ενεργής λειτουργίας 80%. Σε όλες τις περιπτώσεις, το Laser ήταν σε άμεση επαφή και κάθετο προς το προσβεβλημένο γόνατο με χρόνο εφαρμογής 32 λεπτά και 33 δευτερόλεπτα ανά συνεδρία και εφαρμόστηκε συνολική ενέργεια 1250J, για δώδεκα (12) συνολικά συνεδρίες θεραπείας για μια περίοδο έξι (6) συνεχόμενων εβδομάδων (δύο συνεδρίες/εβδομάδα). Οι 15 ασθενείς της 3^{ης} ομάδας ελέγχου, ακολούθησαν όπως και όλοι οι υπόλοιποι, ασκήσεις φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης δύο φορές την εβδομάδα

για 6 εβδομάδες και εικονική εφαρμογή Laser (Kheshie et al., 2014). Οι παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν το επίπεδο πόνου, που μετρήθηκε με βάση την κλίμακα VAS και τη λειτουργικότητα της άρθρωσης του γόνατος, οι οποίες μετρήθηκαν από το δείκτη WOMAC. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι το HILT και το LLLT σε συνδυασμό με την άσκηση ήταν αποτελεσματικές μέθοδοι θεραπείας για τη μείωση των βαθμολογιών VAS και WOMAC μετά από 6 εβδομάδες θεραπείας. Τα κύρια ευρήματα ήταν ότι το HILT και το LLLT σε συνδυασμό με την άσκηση είναι αποτελεσματικά στη μείωση των βαθμολογιών VAS και WOMAC μετά από 6 εβδομάδες θεραπείας. Το HILT σε συνδυασμό με τις ασκήσεις ήταν πιο αποτελεσματικό από το LLLT σε συνδυασμό με ασκήσεις, αλλά και οι δύο τρόποι θεραπείας βρέθηκαν αποτελεσματικότεροι σε σχέση με την 3^η ομάδα (Placebo Laser και θεραπευτική άσκηση) σε ασθενείς με ΟΑΓ (Kheshie et al., 2014).

2.3 ΣΚΟΠΟΣ

Στη συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών που παρατίθενται στα προηγούμενα κεφάλαια, φαίνεται ότι η εφαρμογή HILT έχει ευεργετικά αποτελέσματα στη μείωση του πόνου και του ROM στην άρθρωση του γόνατος, καθώς και στη λειτουργικότητα της άρθρωσης αλλά και στην ποιότητα ζωής των ασθενών.

Σε αυτές τις έρευνες, τα κριτήρια για την αποτελεσματικότητα του HILT ήταν είτε η κλίμακα VAS, είτε το ισοκινητικό δυναμόμετρο, είτε ο διαγνωστικός υπέρηχος, είτε ο θερμογράφος, ενώ μία μόνο έρευνα βρέθηκε που να περιγράφει την επίδραση του HILT στην αιματική κυκλοφορία της περιοχής στην οποία εφαρμόζεται (Larkin et al., 2012). Επίσης, αναφέρεται σε αρκετές από τις έρευνες ότι η HILT διαθέτει βιοδιεγερτικές επιδράσεις στους ιστούς (Akaltun et al., 2021; Alayat et al., 2016; Venosa et al., 2019).

Εμφανίζεται λοιπόν αρκετά ενδιαφέρον να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση που μπορεί να έχει η εφαρμογή παλμικού HILT στην αιματική κυκλοφορία μετά από εφαρμογή στην περιοχή του γόνατος, μιας και για το γόνατο υπάρχουν οι περισσότερες μελέτες.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας ερευνητικής διπλωματικής εργασίας είναι να μελετηθεί η ενδεχόμενη επίδραση της εφαρμογής HILT στην αιματική ροή, στην περιοχή του γόνατος.

Με βάση τα ανωτέρω, καταλήξαμε στις εξής ερευνητικές υποθέσεις:

A. H_0 : Η εφαρμογή παλμικού HILT στην περιοχή του γόνατος δεν αυξάνει την ταχύτητα της αιματικής ροής στην περιοχή.

H_1 : Η εφαρμογή παλμικού HILT στην περιοχή του γόνατος αυξάνει την ταχύτητα της αιματικής ροής στην περιοχή.

B. H_0 : Η εφαρμογή παλμικού HILT στην περιοχή του γόνατος δεν αυξάνει την αρτηριακή πίεση στην περιοχή.

H_1 : Η εφαρμογή παλμικού HILT στην περιοχή του γόνατος αυξάνει την αρτηριακή πίεση στην περιοχή.

Τα αποτελέσματα της έρευνας με βάση τις παραπάνω ερευνητικές υποθέσεις θα μας απορρίψουν ή όχι τις μηδενικές υποθέσεις (H_0), δηλαδή θα μας γνωστοποιήσουν αν με την εφαρμογή του παλμικού HILT υπάρχει στατιστικά σημαντική αύξηση στην ταχύτητα της αιματικής ροής και στην αρτηριακή πίεση στην περιοχή του γόνατος.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε ένα διάστημα 18 εβδομάδων. Το ανωτέρω αναφερθέν διάστημα περιελάμβανε τη συλλογή του δείγματος, που διήρκησε 7 εβδομάδες. Σε αυτό το διάστημα πραγματοποιήθηκε και η ενημέρωση του συνόλου του δείγματος για την όλη διαδικασία, καθώς και ο διαχωρισμός του σε ομάδες. Στο διάστημα αυτό πραγματοποιήθηκε επίσης και η συνεννόηση με τον ιατρό για το χρόνο που θα πραγματοποιηθεί η εφαρμογή του υπερηχογράφου Doppler. Για την πραγματοποίηση των εφαρμογών Laser και των καταγραφών από τον υπερηχογράφο απαιτήθηκαν 8 εβδομάδες. Μετά την καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε εισαγωγή τους στο πρόγραμμα SPSS και ακολούθησε η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση, η οποία διήρκησε 3 εβδομάδες περίπου.

3.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί μια πειραματική μελέτη προ- και μετά-δοκιμασίας, η οποία έχει ως σκοπό να μελετήσει την πιθανή επίδραση του HILT στην προς εξέταση περιοχή, όπου στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η περιοχή του γόνατος.

Το σύνολο του δείγματος έλαβε γραπτώς γνώση για την πλήρη διαδικασία και υπόγραψε ένα έντυπο συναίνεσης, στο οποίο τα προσωπικά στοιχεία των συμμετεχόντων παραμένουν εμπιστευτικά, ακολουθώντας τις οδηγίες του γενικού κανονισμού προστασίας προσωπικών δεδομένων (GDPR), καθώς θα παραμένει εμπιστευτικό και το περιεχόμενο της έρευνας, για το οποίο έλαβαν γνώση. Η ανωνυμία και η προστασία των ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων όλων των εμπλεκόμενων στην έρευνα τηρήθηκαν αυστηρά. Επίσης υποβλήθηκε αίτημα αδείας στην Επιτροπή Ηθικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς η έρευνα πραγματοποιήθηκε για εκπαιδευτικούς λόγους στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Προηγμένη Φυσικοθεραπεία» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, παρόλο που θα λάμβανε χώρα εκτός των εγκαταστάσεών του. Οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να αποχωρήσουν από

την έρευνα ανά πάσα στιγμή, αν οι ίδιοι δεν επιθυμούσαν να συνεχίσουν περαιτέρω ή αν παρουσίαζαν κάποιο κλινικό σύμπτωμα.

Συνεπώς, ο ερευνητικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε ήταν ο εξής:

O1 T O2

R

O3 P O4

3.3. ΔΕΙΓΜΑ

Το δείγμα συλλέχθηκε έπειτα από πρόσκληση για εθελοντική συμμετοχή στην έρευνα. Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ευκολίας λόγω χρονικού περιορισμού της πραγματοποίησης της έρευνας και της επισφαλούς υγειονομικά κατάστασης παγκοσμίως και το εύρος της ηλικίας του δείγματος αν και είναι μεγάλο, δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της έρευνας μιας και οι συγκρίσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι μεταξύ του ίδιου ατόμου πριν και μετά την εφαρμογή HILT, καθώς και την placebo εφαρμογή HILT. Μιας και επιβεβαιώνεται βιβλιογραφικά η ασφαλής εφαρμογή Laser σε υγιείς (Higashi et al., 2013; Toma et al., 2016) το δείγμα που συλλέχθηκε έπρεπε να είναι χωρίς κάποιο πρόσφατο τραυματισμό των κάτω άκρων και χωρίς κάποια σοβαρή παθολογία (π.χ. καρδιοαναπνευστικά νοσήματα, νεοπλασίες κλπ.) που περιέχεται στις γενικές αντενδείξεις των συσκευών Laser. Το δείγμα δεν έπρεπε να λαμβάνει κάποια φαρμακευτική αγωγή, έπρεπε να έχει επαρκές γνωσιακό επίπεδο, ώστε να επιτρέπεται η άριστη επικοινωνία, να μην έχει νευρολογικές διαταραχές και να μην έχει υποβληθεί σε κάποια χειρουργική επέμβαση στο προς εξέταση γόνατο. Συμπερασματικά, ως κύρια κριτήρια ένταξης στη μελέτη ήταν η καλή υγεία (παθολογική και μυοσκελετική) και η καλή γνωστική κατάσταση. Στα κριτήρια αποκλεισμού ήταν η οποιαδήποτε χειρουργική επέμβαση, η παρουσία συμπτωμάτων – όπως πόνος – στα κάτω άκρα και η ηλικία (αποκλείονταν από την έρευνα ανήλικοι, λόγω της ανάπτυξης, που αποτελεί αντένδειξη στην εφαρμογή του HILT).

3.4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ως κύριο μέσο παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε η παλμική συσκευή HILT στέρεας πηγής Nd:YAG «HIRO 3.0» (1064nm) με μέγιστη ισχύ εξόδου 3kW, διάρκεια παλμού 120 – 150μs με duty cycle 0,1%, χαμηλή συχνότητα που διαμορφώνεται από 10 έως 40 και υψηλά επίπεδα ροής της ενέργειας 360 έως 1780J/cm και duty cycle 0,1%, μέσω του ειδικού probe διαμέτρου 5mm με μέγεθος spot 0,2cm².



Εικόνα 3.1: Συσκευή HILT HIRO 3.0

Για την καταγραφή και απεικόνιση της ταχύτητας του αίματος, καθώς και την αρτηριακή πίεση στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία πριν και μετά την εφαρμογή HILT, καθώς και πριν και μετά την placebo εφαρμογή HILT χρησιμοποιήθηκε ο φορητός υπερηχογράφος Doppler της εταιρείας Phillips: CX50. Ο διαγνωστικός υπερηχογράφος Doppler χρησιμοποιείται ευρέως για την καταγραφή της αιματικής ροής εντός των αγγείων (μονάδα μέτρησης cm/s) καθώς και για την απεικόνιση μιας περιοχής στατικά ή δυναμικά, όπως επίσης και για την καταγραφή της αρτηριακής πίεσης της εξεταζόμενης περιοχής (mmHg), είναι αξιόπιστο και έγκυρο ως μέσο απεικόνισης (Aranda et al., 2017) και έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές έρευνες που αφορούν τη φυσικοθεραπεία και διάφορες μεθόδους της όπως είναι η εφαρμογή ESWT σε

τενοντοπάθεια Αχίλλειου (Santamato et al., 2019), καθώς και η έκκεντρη άσκηση σε ασθενείς με τενοντοπάθεια Επιγονατιδικού (McCreesh, Riley, & Crotty, 2013).



Εικόνα 3.2: Συσκευή Υπερηχογράφου Doppler CX50

3.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης του πειράματος, τηρήθηκαν αυστηρά όλα τα υγειονομικά πρωτόκολλα, τόσο από την ερευνητική ομάδα, όσο και από το σύνολο του δείγματος. Οι εξεταζόμενοι εισέρχονταν στο χώρο του πειράματος ένας ένας φορώντας

προστατευτική μάσκα, κάτι το οποίο έκανε και η ερευνητική ομάδα. Ο χώρος αεριζόταν επαρκώς και γινόταν απολύμανση με αντισηπτικό διάλυμα μετά από κάθε καταγραφή, τόσο στις επιφάνειες, όσο και στα εργαλεία παρέμβασης και καταγραφής των δεδομένων.

3.5.1. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα χωρίστηκαν με τη διαδικασία της τυχαιοποίησης ως προς το μέλος της παρέμβασης (δεξί ή αριστερό κάτω άκρο). Ακολούθως, και πάλι με τυχαιοποίηση (επιλογή κλήρου) επιλεγόταν αν η εφαρμογή HILT θα είναι κανονική ή θα είναι εφαρμογή placebo, κάτι που δε γνώριζαν το δείγμα και ο ιατρός. Ενήμερη για το συγκεκριμένο κομμάτι ήταν μόνο η ερευνήτρια – μεταπτυχιακή φοιτήτρια, η οποία θα αναλάμβανε και το έργο της πραγματικής ή της placebo εφαρμογής HILT.

Η θέση εξέτασης και παρέμβασης ήταν η ακόλουθη: Καθένας από τους εξεταζόμενους εισερχόταν σε μεμονωμένη καμπίνα, όπου βρισκόταν ο εξοπλισμός. Ξάπλωνε σε ύπτια θέση με ένα μαξιλάρι τοποθετημένο κάτω από την κεφαλή και ένα μαξιλάρι κάτω από τα γόνατα, που έφερνε τα ισχία σε μια μικρή έξω στροφή, ώστε να αποκαλυφθεί η εν τω βάθει μηριαία αρτηρία στο ύψος του ριζομήριου.

Αρχικά, με τη βοήθεια του υπερηχογράφου Doppler Phillips CX50, όπου απεικονίζόταν η ταχύτητα του αίματος μέσα στα αγγεία, καθώς και η αρτηριακή πίεση στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία, καταγράφηκε η ταχύτητα του αίματος μέσα στο αγγείο και η αρτηριακή πίεση στο εξεταζόμενο μέλος.

Ακολούθως, στην ομάδα παρέμβασης γινόταν εφαρμογή HILT στο μέλος, σαρώνοντας χειροκίνητα με τον εκπομπό όλη την επιφάνεια του τετρακεφάλου, με το συστηνόμενο από την εταιρεία κατασκευής πρωτόκολλο, το οποίο υπάρχει αποθηκευμένο στη συσκευή. Στη συνέχεια έγινε καταγραφή της ταχύτητας της ροής του αίματος, καθώς και της αρτηριακής πίεσης στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία.

Το αναγραφόμενο πρωτόκολλο ακολουθήθηκε λόγω της αποκαλούμενης βιοδιεγερτικής δράσης και της αύξησης της μικροκυκλοφορίας (Alayat et al., 2016), το οποίο στη συσκευή αναφέρεται ως πρωτόκολλο ενάντια στη φλεγμονή και περιλαμβάνει τις ακόλουθες ρυθμίσεις: 20Hz συχνότητα, 1170J/cm² πυκνότητα ενέργειας και συνολική προσδιδόμενη ενέργεια στους ιστούς 1160Hz, αποδιδόμενη από εκπομπό χειρός διαμέτρου 5mm με μέγεθος spot 0,2cm² μέσω χειροκίνητης σάρωσης στη συνολική επιφάνεια του τετρακεφάλου.

Η βιβλιογραφία αναφέρεται στην ιδιαιτερότητα του HILT και στην εξειδίκευση των πρωτοκόλλων ως προς την προσωποποίηση των αναγκών των ασθενών και των παθολογιών (Song et al., 2018). Μετά, λοιπόν, την καταγραφή της ταχύτητας της ροής του αίματος και της αρτηριακής πίεσης, εφαρμόστηκε το άνωθεν πρωτόκολλο στο μέλος που πραγματοποιήθηκε η παρέμβαση και μετά το τέλος της εφαρμογής έγινε επανακαταγραφή της ταχύτητας της ροής του αίματος και της αρτηριακής πίεσης στην περιοχή μέσω του υπερήχου Doppler.

Στην ομάδα που θα πραγματοποιούνταν η placebo εφαρμογή HILT, ακολουθήθηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία καταγραφής και εφαρμογής του πρωτοκόλλου, δηλαδή έγινε καταγραφή της ταχύτητας και της ροής του αίματος, καθώς και της αρτηριακής πίεσης στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία στο μέλος με τη βοήθεια του υπερηχογράφου Doppler Phillips CX50 και έπειτα πραγματοποιήθηκε placebo εφαρμογή HILT στο μέλος όπου μόλις είχε μετρηθεί με τον υπερηχογράφο Doppler (το laser δεν εξέπεμπε, αλλά το ερυθρό φως – οδηγός ήταν ενεργό). Θα ήταν επίσης σωστό να αναφέρουμε ότι η συσκευή έχει ως ρύθμιση την απενεργοποίηση του ηχητικού σήματος <<μπιπ>> κατά την εκπομπή, κάτι που έγινε κατά τη διαδικασία πραγματοποίησης του συγκεκριμένου πειράματος, ώστε να μη γνωρίζει ούτε ο εθελοντής, ούτε ο ιατρός ακτινολόγος σε ποια ομάδα ανήκε ο κάθε συμμετέχοντας. Αμέσως μετά την παρέμβαση έγινε επανακαταγραφή της ταχύτητας του αίματος μέσα στα αγγεία μέσω της απεικόνισης του υπερηχογράφου Doppler.

3.6 ΤΟΠΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε ιδιωτικό εργαστήριο Φυσικοθεραπείας στα Νότια Προάστια της Αθήνας, μιας και εκεί υπάρχει διαθεσιμότητα της απαιτούμενης συσκευής Laser αλλά και δυνατότητα μεταφοράς και προσωρινής εγκατάστασης του υπερηχογράφου Doppler Phillips CX50.

3.7 ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ

Η παρούσα ερευνητική μελέτη πραγματοποιήθηκε από τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Γραμματική Καραγιάννη, η οποία ανέλαβε την ενημέρωση του δείγματος, την τυχαιοποίηση και το διαχωρισμό του σε ομάδες, την παρέμβαση με HILT και placebo, τη συλλογή δεδομένων, καθώς και την απαραίτητη επακόλουθη στατιστική ανάλυση με την καθοδήγηση του Επιβλέποντα κ. Σάββα Σπανού. Την εφαρμογή του υπερηχογράφου Doppler πριν και μετά την παρέμβαση σε κάθε μέλος, στο σύνολο του δείγματος ανέλαβε ο Ιατρός Ακτινοδιαγνώστης κος Δημήτριος Αντωνάκης, ο οποίος όπως ειπώθηκε δεν γνώριζε σε ποια ομάδα ανήκει ο κάθε συμμετέχων κατά την διάρκεια εφαρμογής της μεθόδου.

3.8 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το IBM SPSS Statistics έκδοση 22 για Windows και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο 5% ($\alpha = 5\%$).

Αρχικά εφαρμόστηκε περιγραφική στατιστική ανάλυση με πίνακες, όπου οι ποιοτικές μεταβλητές αποτυπώθηκαν με απόλυτες και σχετικές συχνότητες ενώ οι ποσοτικές μεταβλητές παρουσιάστηκαν με τη διάμεση τιμή και την τυπική απόκλιση, την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή. Έτσι αποκομίστηκε μία συνοπτική εικόνα για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος καθώς και για τις μεταβλητές. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε διερεύνηση της κανονικότητας της κατανομής των τιμών του συνόλου των μεταβλητών με τη διαδικασία Shapiro – Wilk, μιας και οι τιμές σε κάθε

μεταβλητή ήταν λιγότερες από πενήντα (50). Από αυτό το αποτέλεσμα, εφαρμόστηκε η παραμετρική διαδικασία ελέγχου των διαφορών πριν και μετά την παρέμβαση και στις δύο ομάδες, καθώς και στη διαφορά των παραμέτρων οσον αφορά τις δύο ομάδες μετά την εφαρμογή HILT ή την placebo εφαρμογή HILT.

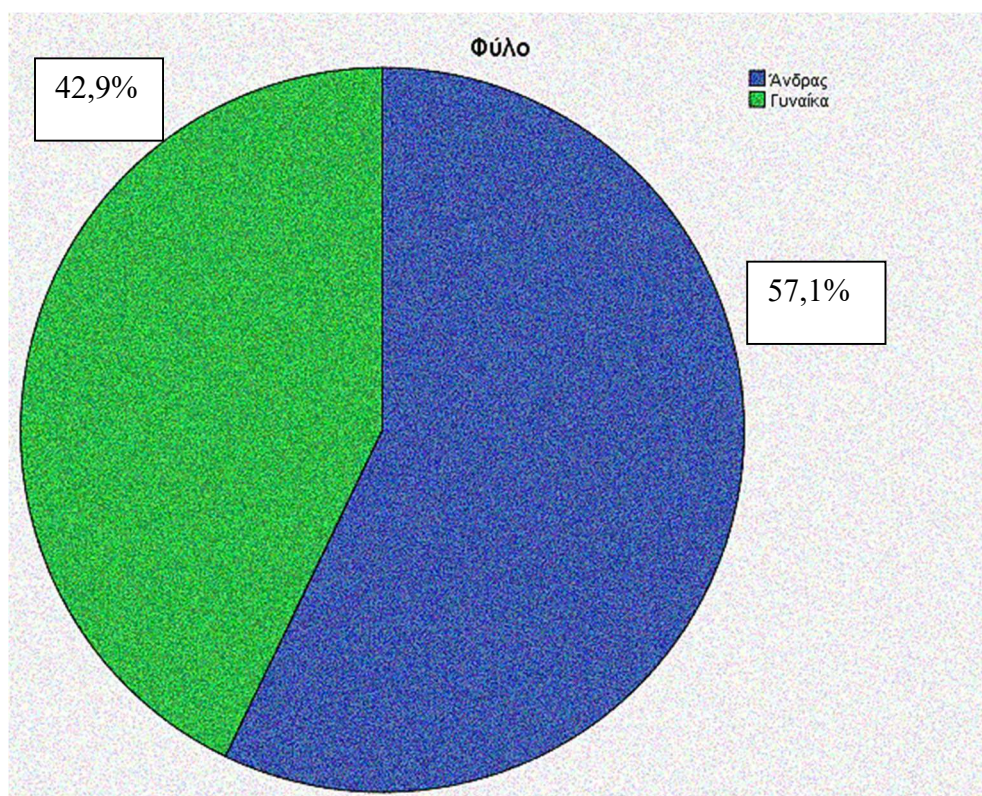
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος 28 υγιείς ενήλικες. Οι 16 από αυτούς ήταν άνδρες (57%) και οι 12 γυναίκες (43%) (Πίνακας 4.1, Διάγραμμα 4.1).

Πίνακας 4.1. Απόλυτες και σχετικές συχνότητες του φύλου των συμμετεχόντων

	n	%
Φύλο		
Άνδρας	16	57,1
Γυναίκα	12	42,9



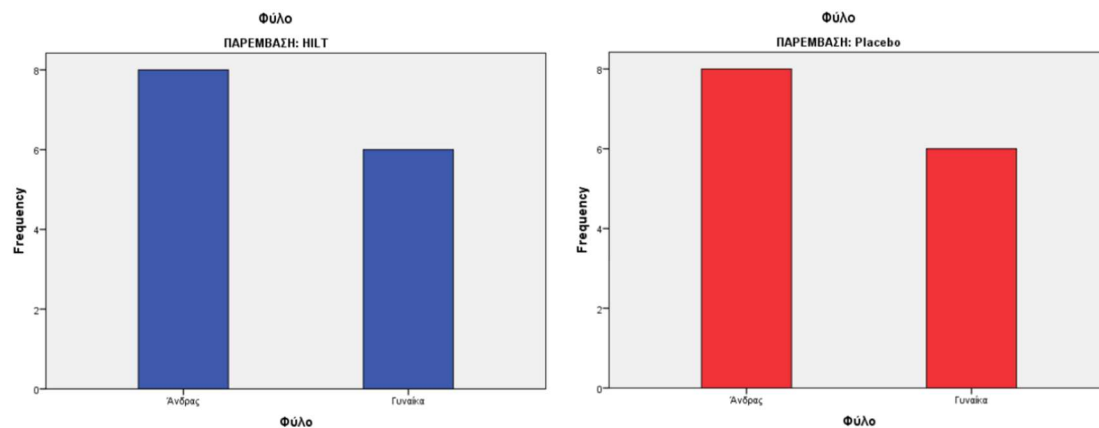
Διάγραμμα 4.1: Κατανομή του συνολικού δείγματος σύμφωνα με το φύλο

Από το σύνολο του δείγματος, 8 άνδρες και 6 γυναίκες συμμετείχαν στην πειραματική ομάδα (HILT) (συνολικός αριθμός συμμετεχόντων πειραματικής ομάδα n=14). Οι υπόλοιποι 8 άνδρες και 6 γυναίκες συμμετείχαν στην ομάδα ελέγχου (placebo)

(συνολικός αριθμός συμμετεχόντων ομάδας ελέγχου n=14) (Πίνακας 4.2, Διάγραμμα 4.2)

Πίνακας 4.2: Απόλυτες και σχετικές συχνότητες του φύλου των συμμετεχόντων ανά ομάδα (πειραματική HILT/ομάδα ελέγχου placebo)

			Φύλο			
			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
HILT	Valid	Ανδρας	8	57,1	57,1	57,1
		Γυναίκα	6	42,9	42,9	100,0
		Total	14	100,0	100,0	
Placebo	Valid	Ανδρας	8	57,1	57,1	57,1
		Γυναίκα	6	42,9	42,9	100,0
		Total	14	100,0	100,0	



Διάγραμμα 4.2: Κατανομή των συμμετεχόντων ανά ομάδα (πειραματική HILT/ομάδα ελέγχου placebo)

Το ηλικιακό εύρος στο σύνολο του δείγματος (n=28) ήταν 31 έτη, καθώς ο νεότερος ήταν 28 ετών και ο μεγαλύτερος ήταν 59 ετών, με μέση ηλικία $42,96 \pm 9,34$ έτη (Πίνακας 4). Μετά την κατανομή του συνόλου του δείγματος στις ομάδες, παρατηρήθηκε ότι η μέση ηλικία στην πειραματική ομάδα (HILT) ήταν $42,93 \pm 9,64$ έτη ενώ στην ομάδα ελέγχου (placebo) η αντίστοιχη τιμή ήταν $43 \pm 9,39$ έτη (Πίνακας 4.5).

4.2. ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το μέσο βάρος στο σύνολο του δείγματος ήταν $79,32 \pm 15,94$ kg. Μετά το διαχωρισμό των συμμετεχόντων σε ομάδες, προέκυψε ότι το μέσο βάρος των ατόμων που συμμετείχαν στην πειραματική ομάδα (HILT) ήταν $80,57 \pm 17,08$ kg, ενώ στην ομάδα ελέγχου (placebo) ήταν $78,07 \pm 15,26$ kg. Όσον αφορά το μέσο ύψος του συνόλου του δείγματος αυτό ήταν $175,29 \pm 9,68$ cm. Μετά το διαχωρισμό τους σε ομάδες, το μέσο ύψος των συμμετεχόντων στην πειραματική ομάδα (HILT) ήταν $175,50 \pm 9,60$ cm, ενώ στην ομάδα ελέγχου (placebo) ήταν $175,07 \pm 10,13$ cm (Πίνακας 4.4, Πίνακας 4.5, Πίνακας 4.6).

Από τις μεταβλητές ύψος και βάρος υπολογίστηκε ο ΔΜΣ (BMI) τόσο στο σύνολο του δείγματος, όσο και στις επιμέρους ομάδες (ομάδα HILT/ομάδα placebo). Αναφορικά με το σύνολο του δείγματος, ο μέσος ΔΜΣ υπολογίστηκε στο $25,61 \pm 3,56$, δηλαδή σε φυσιολογικά επίπεδα. Ο μέσος ΔΜΣ στην πειραματική ομάδα (HILT) ήταν $26,01 \pm 4,35$, ενώ στην ομάδα ελέγχου (placebo) ήταν $25,22 \pm 2,65$ (Πίνακας 4.4, Πίνακας 4.5, Πίνακας 4.6).

Τέλος, από την καταγραφή της θερμοκρασίας προέκυψε ότι το σύνολο του δείγματος είχε φυσιολογική θερμοκρασία και κανείς δεν είχε πυρετό. Τόσο η διάμεση όσο και η μέση θερμοκρασία κατά τη χρονική περίοδο διεξαγωγής του πειράματος για τον καθένα από τους συμμετέχοντες, ήταν $36,5^{\circ}\text{C}$, με εύρος από $36,3^{\circ}\text{C}$ έως $36,8^{\circ}\text{C}$.

Όσον αφορά την ομοιογένεια τόσο στην πειραματική ομάδα (HILT), όσο και στην ομάδα ελέγχου (placebo) ως προς τα δημογραφικά και σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, δηλαδή ηλικία, βάρος, ύψος και ΔΜΣ, με βάση τον έλεγχο κανονικότητας της κατανομής της κάθε μεταβλητής με την εφαρμογή του Shapiro-Wilk *W* test, μιας και η κάθε μια από τις ομάδες (ομάδα HILT/ομάδα placebo) αποτελούνταν από λιγότερα από 50 άτομα ($n < 50$), παρατηρήθηκε σε κάθε ένα από τα επιμέρους χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων σε καθεμιά ομάδα (ομάδα HILT/ομάδα placebo) ότι ακολουθείται η κανονική κατανομή ($p > 0,05$). Έτσι το δείγμα θεωρήθηκε ομοιογενές τόσο στην πειραματική ομάδα (HILT) όσο και στην ομάδα ελέγχου (placebo) (Πίνακας 4.3, Πίνακας 4.5, Πίνακας 4.6).

Πίνακας 4.3: Έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των δημογραφικών χαρακτηριστικών του δείγματος για κάθε μια από τις 2 ομάδες

ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
HILT	Ηλικία (έτη)	,230	14	,044	,898	14	,104
	Βάρος (kg)	,151	14	,200*	,931	14	,311
	Ύψος (cm)	,174	14	,200*	,928	14	,284
	ΔΜΣ	,150	14	,200*	,924	14	,250
Placebo	Ηλικία (έτη)	,227	14	,048	,897	14	,102
	Βάρος (kg)	,130	14	,200*	,929	14	,296
	Ύψος (cm)	,192	14	,174	,924	14	,252
	ΔΜΣ	,121	14	,200*	,964	14	,788

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 4.4: Σύγκριση δημογραφικών και σωματομετρικών χαρακτηριστικών του συνόλου του δείγματος

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Ηλικία (έτη)	28	42,96	9,339	1,765
Βάρος (kg)	28	79,32	15,942	3,013
Ύψος (cm)	28	175,29	9,683	1,830
ΔΜΣ	28	25,6139	3,55720	,67225

Πίνακας 4.5: Σύγκριση σωματομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των 2 ομάδων

ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
HILT	Ηλικία (έτη)	14	28	58	42,93	9,643
	Βάρος (kg)	14	58	110	80,57	17,078
	Ύψος (cm)	14	163	193	175,50	9,598
	ΔΜΣ	14	20,76	35,92	26,0064	4,35039
	Valid N (listwise)	14				
Placebo	Ηλικία (έτη)	14	30	59	43,00	9,389
	Βάρος (kg)	14	56	100	78,07	15,259
	Ύψος (cm)	14	160	190	175,07	10,126
	ΔΜΣ	14	21,34	30,25	25,2214	2,65009
	Valid N (listwise)	14				

Πίνακας 4.6: Σύγκριση μέσων τιμών σωματομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των 2 ομάδων

	t-test for Equality of Means						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
Ηλικία (έτη)	-,020	26	,984	-,071	3,597	-7,465	7,323
	-,020	25,981	,984	-,071	3,597	-7,466	7,323
Βάρος (kg)	,408	26	,686	2,500	6,121	-10,081	15,081
	,408	25,677	,686	2,500	6,121	-10,089	15,089
Ύψος (cm)	,115	26	,909	,429	3,729	-7,236	8,093
	,115	25,926	,909	,429	3,729	-7,237	8,094
ΔΜΣ	,577	26	,569	,78500	1,36143	-2,01346	3,58346
	,577	21,480	,570	,78500	1,36143	-2,04240	3,61240

4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Πριν από οποιαδήποτε ανάλυση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών, οι οποίες ήταν: στην πειραματική ομάδα (HILT) α) η ταχύτητα ροής του αίματος πριν την παρέμβαση, β) η ταχύτητα ροής του αίματος μετά την παρέμβαση, γ) η αρτηριακή πίεση πριν την παρέμβαση και δ) η αρτηριακή πίεση μετά την παρέμβαση και αντίστοιχα στην ομάδα ελέγχου (placebo) α) η ταχύτητα ροής του αίματος πριν την παρέμβαση, β) η ταχύτητα ροής του αίματος μετά την παρέμβαση, γ) η αρτηριακή πίεση πριν την παρέμβαση και δ) η αρτηριακή πίεση μετά την παρέμβαση, ελέγχθηκε η κανονικότητα της κατανομής σε κάθε μια από τις παραπάνω μεταβλητές. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή του Shapiro-Wilk *W* test μιας και κάθε μεταβλητή συμπεριλάμβανε λιγότερες από 50 τιμές. Κατόπιν αυτού του ελέγχου, διαπιστώθηκε ότι ακολουθείται η κανονική κατανομή σε καθεμιά από τις ανωτέρω εξεταζόμενες μεταβλητές σε κάθε ομάδα (και στην ομάδα HILT και στην ομάδα ελέγχου) ($p > 0,05$) (Πίνακας 4.7). Επομένως, για τον έλεγχο των διαφορών σε κάθε ζεύγος μελετώμενων μεταβλητών εφαρμόστηκε παραμετρική διαδικασία (Πίνακας 4.9, Πίνακας 4.10).

Πίνακας 4.7: Έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των τιμών για κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
HILT	Ταχύτητα Πριν (cm/s)	,218	14	,071	,886	14	,070
	Ταχύτητα Μετά (cm/s)	,157	14	,200*	,944	14	,477
	Αρτηριακή Πίεση Πριν (mmHg)	,203	14	,123	,952	14	,590
	Αρτηριακή Πίεση Μετά (mmHg)	,133	14	,200*	,980	14	,973
Placebo	Ταχύτητα Πριν (cm/s)	,172	14	,200*	,934	14	,352
	Ταχύτητα Μετά (cm/s)	,184	14	,200*	,939	14	,400
	Αρτηριακή Πίεση Πριν (mmHg)	,200	14	,134	,901	14	,118
	Αρτηριακή Πίεση Μετά (mmHg)	,259	14	,012	,889	14	,079

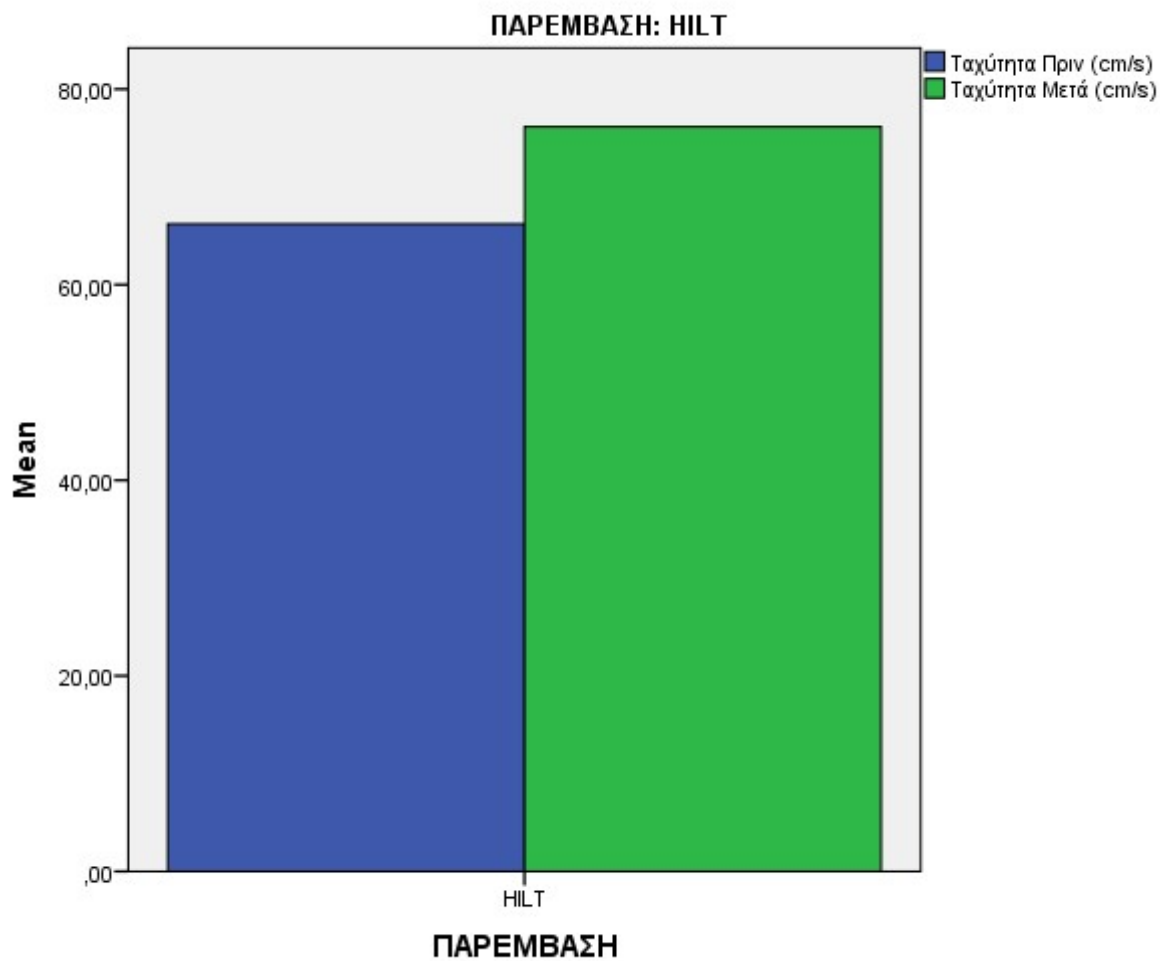
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

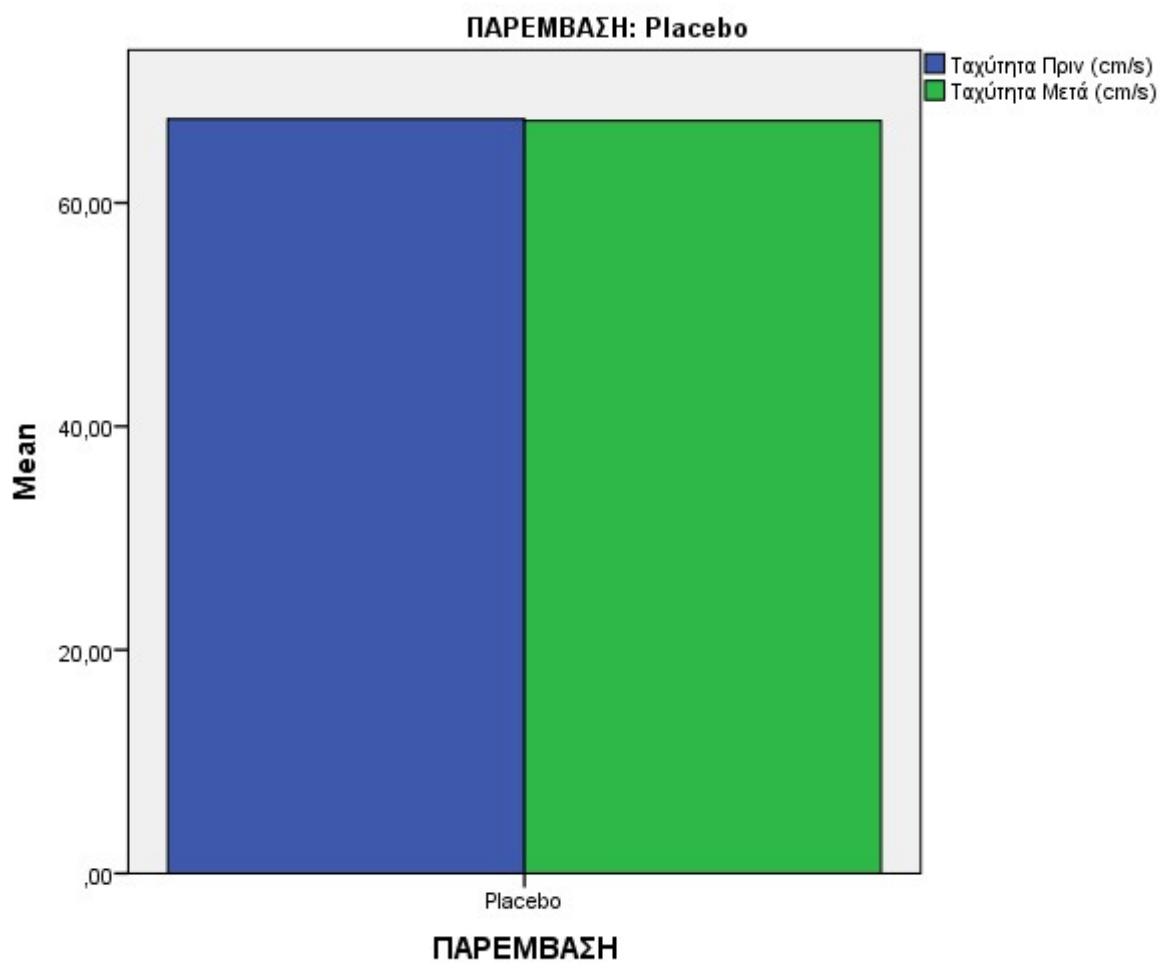
Εξετάζοντας τις διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών των μεταβλητών των δύο ομάδων ξεχωριστά (πριν και μετά την παρέμβαση σε καθεμιά από τις ομάδες) παρατηρήθηκε ότι η μέση τιμή της ταχύτητας ροής του αίματος στην πειραματική ομάδα (HILT) αυξήθηκε κατά 9,93 μονάδες, ενώ στην ομάδα ελέγχου (placebo) υπήρχε μείωση κατά 0,13 μονάδες. Αντίστοιχα, όσον αφορά την αρτηριακή πίεση, η μέση τιμή της στην πειραματική ομάδα (HILT) αυξήθηκε κατά 0,59 μονάδες, ενώ στην ομάδα ελέγχου (placebo) οι τιμές έμειναν σχεδόν αμετάβλητες (μείωση τιμής κατά 0,01 μονάδα) (Πίνακας 4.8, Διαγράμματα 4.3, 4.4, 4.5, 4.6).

Πίνακας 4.8: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής και αρτηριακής πίεσης (πριν/μετά την παρέμβαση) μεταξύ των δύο ομάδων

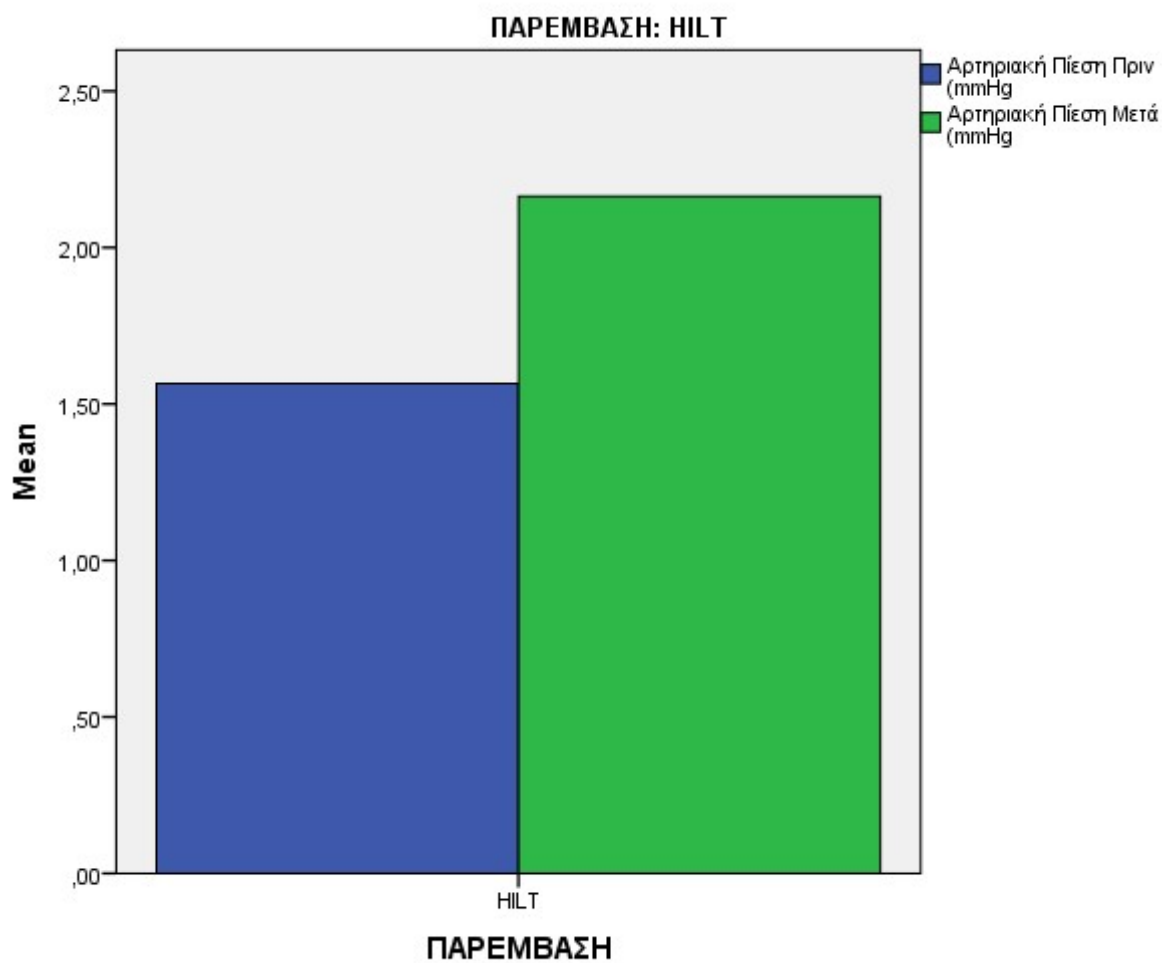
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HILT	Ταχύτητα Πριν (cm/s)	14	66,2143	6,48903	1,73427
	Ταχύτητα Μετά (cm/s)	14	76,1429	5,32002	1,42184
	Αρτηριακή Πίεση Πριν (mmHg)	14	1,5657	,36023	,09628
	Αρτηριακή Πίεση Μετά(mmHg)	14	2,1636	,49402	,13203
Placebo	Ταχύτητα Πριν (cm/s)	14	67,4929	8,63628	2,30814
	Ταχύτητα Μετά (cm/s)	14	67,3557	8,60060	2,29861
	Αρτηριακή Πίεση Πριν (mmHg)	14	1,7993	,59160	,15811
	Αρτηριακή Πίεση Μετά(mmHg)	14	1,7857	,53060	,14181



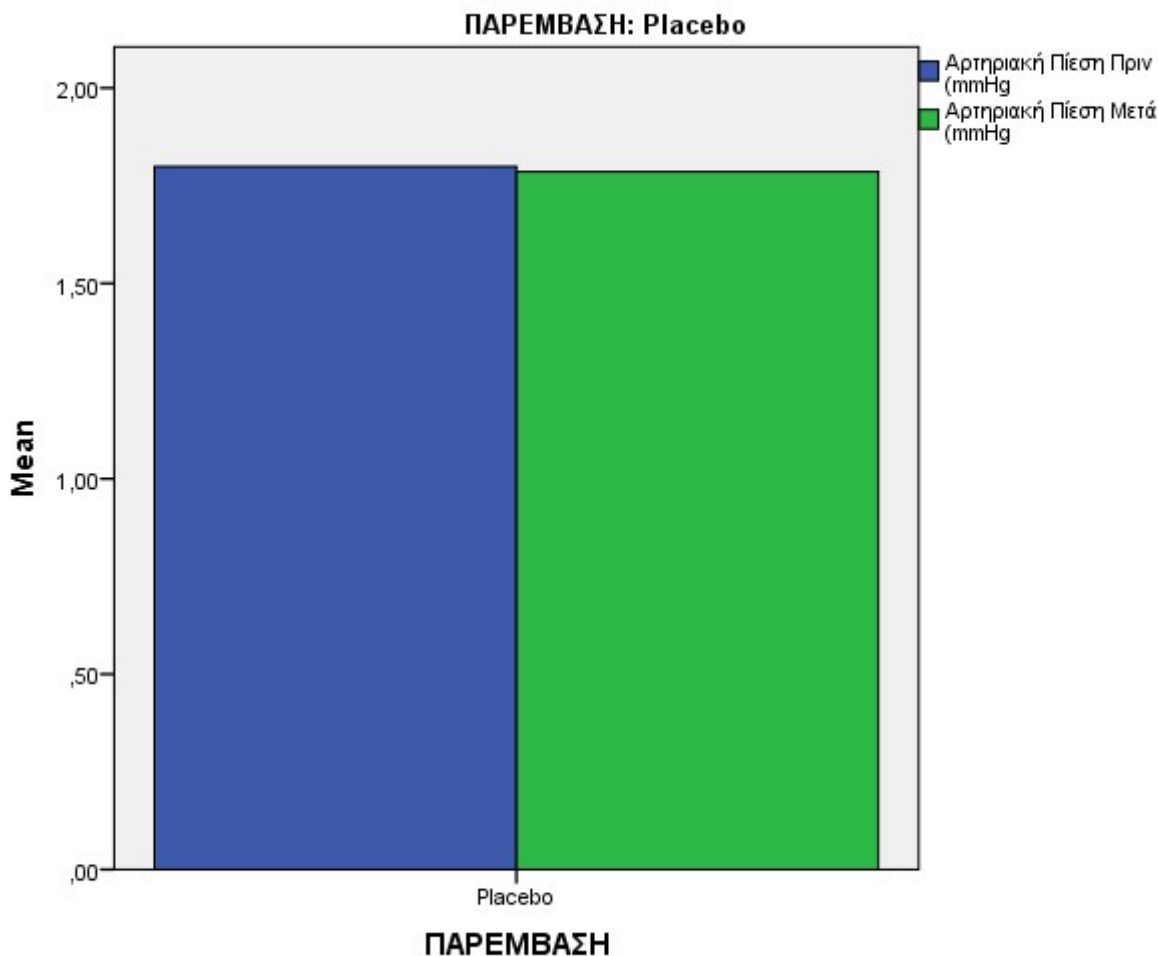
Διάγραμμα 4.3: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας αιματικής ροής στην ομάδα παρέμβασης



Διάγραμμα 4.4: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας αιματικής ροής στην ομάδα ελέγχου



Διάγραμμα 4.5: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης στην ομάδα παρέμβασης



Διάγραμμα 4.6: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης στην ομάδα ελέγχου

Επειδή η κατανομή που ακολούθησαν οι εξεταζόμενες μεταβλητές σε καθεμιά από τις ομάδες (ομάδα HILT/ομάδα placebo) ήταν κανονική (Πίνακας 4.7) ($p > 0,05$), ο έλεγχος των διαφορών στις τιμές της ταχύτητας ροής του αίματος πριν και μετά την παρέμβαση σε καθεμιά από τις ομάδες, πραγματοποιήθηκε με παραμετρική δοκιμασία «T» για εξαρτημένες μεταβλητές (Paired-Samples T test). Οι μεταβολές των τιμών της ταχύτητας της αιματικής ροής στην πειραματική ομάδα (HILT) πριν και μετά την παρέμβαση εμφανίζονται με στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,01$), κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην ομάδα ελέγχου (placebo) όσον αφορά τις μέσες τιμές ταχύτητας ροής του αίματος πριν και μετά την παρέμβαση ($p = 0,257$) (Πίνακας 4.9, Πίνακας 4.11)

Πίνακας 4.9: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής αίματος πριν και μετά την παρέμβαση και στις δύο ομάδες

Paired Samples Test									
ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
HILT	Pair 1 Ταχύτητα Πριν (cm/s) - Ταχύτητα Μετά (cm/s)	- 9,92857	3,42938	,91654	- 11,90864	- 7,94851	- 10,833	13	,000
Placebo	Pair 1 Ταχύτητα Πριν (cm/s) - Ταχύτητα Μετά (cm/s)	,13714	,43282	,11567	-,11276	,38704	1,186	13	,257

Κανονική κατανομή φάνηκε ότι ακολουθούσαν και οι τιμές της αρτηριακής πίεσης τόσο στην πειραματική ομάδα (HILT) όσο και στην ομάδα ελέγχου (placebo) (Πίνακας 4.7) ($p > 0,05$). Κατά συνέπεια, όπως συνέβη με την ταχύτητα ροής του αίματος, έτσι και για τις μέσες τιμές της αρτηριακής πίεσης πριν και μετά την παρέμβαση πραγματοποιήθηκε έλεγχος των διαφορών με την παραμετρική δοκιμασία «T» για εξαρτημένες μεταβλητές (Paired-Samples T Test), σε καθεμιά από τις ομάδες. Σχετικά με τη διαφορά της μέσης τιμής της αρτηριακής πίεσης στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία, πριν και μετά την παρέμβαση στην πειραματική ομάδα (HILT) παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,01$), ενώ δε σημειώθηκε το ίδιο στην ομάδα ελέγχου (placebo) ($p = 0,749$) (Πίνακας 4.10, Πίνακας 4.11).

Πίνακας 4.10: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης πριν και μετά την παρέμβαση και στις δύο ομάδες

ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
HILT	Pair 1 Αρτηριακή Πίεση Πριν (mmHg - Αρτηριακή Πίεση Μετά(mmHg)	-,59786	,37462	,10012	-,81416	-,38156	5,971	13	,000
Placebo	Pair 1 Αρτηριακή Πίεση Πριν (mmHg - Αρτηριακή Πίεση Μετά(mmHg)	,01357	,15540	,04153	-,07615	,10329	,327	13	,749

Πίνακας 4.11: Συνοπτική σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής αίματος και αρτηριακής πίεσης πριν και μετά την παρέμβαση ανά ομάδα (HILT/placebo)

	N	Αρχική μέτρηση Mean ±SD	Τελική Μέτρηση Mean ±SD	p
HILT				
Ταχύτητα (cm/s)	14	66,2±6,49	76,14±5,32	<0,001
Αρτηριακή Πίεση (mmHg)	14	1,57±0,36	2,16±0,49	<0,001
Placebo				
Ταχύτητα (cm/s)	14	67,49±8,64	67,36±8,6	0,257
Αρτηριακή Πίεση (mmHg)	14	1,8±0,59	1,79±0,53	0,749

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών της ταχύτητας ροής του αίματος πριν την παρέμβαση μεταξύ της πειραματικής ομάδας (HILT) και της ομάδας ελέγχου (placebo), που πραγματοποιήθηκε με την παραμετρική δοκιμασία «T» για ανεξάρτητες μεταβλητές (Independent-Samples T Test) δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,662$) (Πίνακας 4.12, Διάγραμμα 4.7). Η ίδια σύγκριση στις μέσες τιμές μετά την παρέμβαση με την παραμετρική δοκιμασία «T» για ανεξάρτητες μεταβλητές (Independent-Samples T Test) αποκάλυψε ότι η ταχύτητα ροής του αίματος στην πειραματική ομάδα (HILT) αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά σε σύγκριση με αυτήν της ομάδας ελέγχου (placebo) ($p=0,003$) (Πίνακας 4.13, Διάγραμμα 4.8).

Πίνακας 4.12: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής του αίματος πριν την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Ταχύτητα Πριν (cm/s)	Equal variances assumed	,183	,673	-,443	26	,662	-1,27857	2,88707	7,21304	4,65590
	Equal variances not assumed			-,443	24,131	,662	-1,27857	2,88707	7,23549	4,67835

Πίνακας 4.13: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας ροής του αίματος μετά την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων

Independent Samples Test									
	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Ταχύτητα Μετά (cm/s)	,506	,483	3,251	26	,003	8,78714	2,70281	3,23143	14,34286
Equal variances assumed			3,251	21,678	,004	8,78714	2,70281	3,17701	14,39727
			Equal variances not assumed						

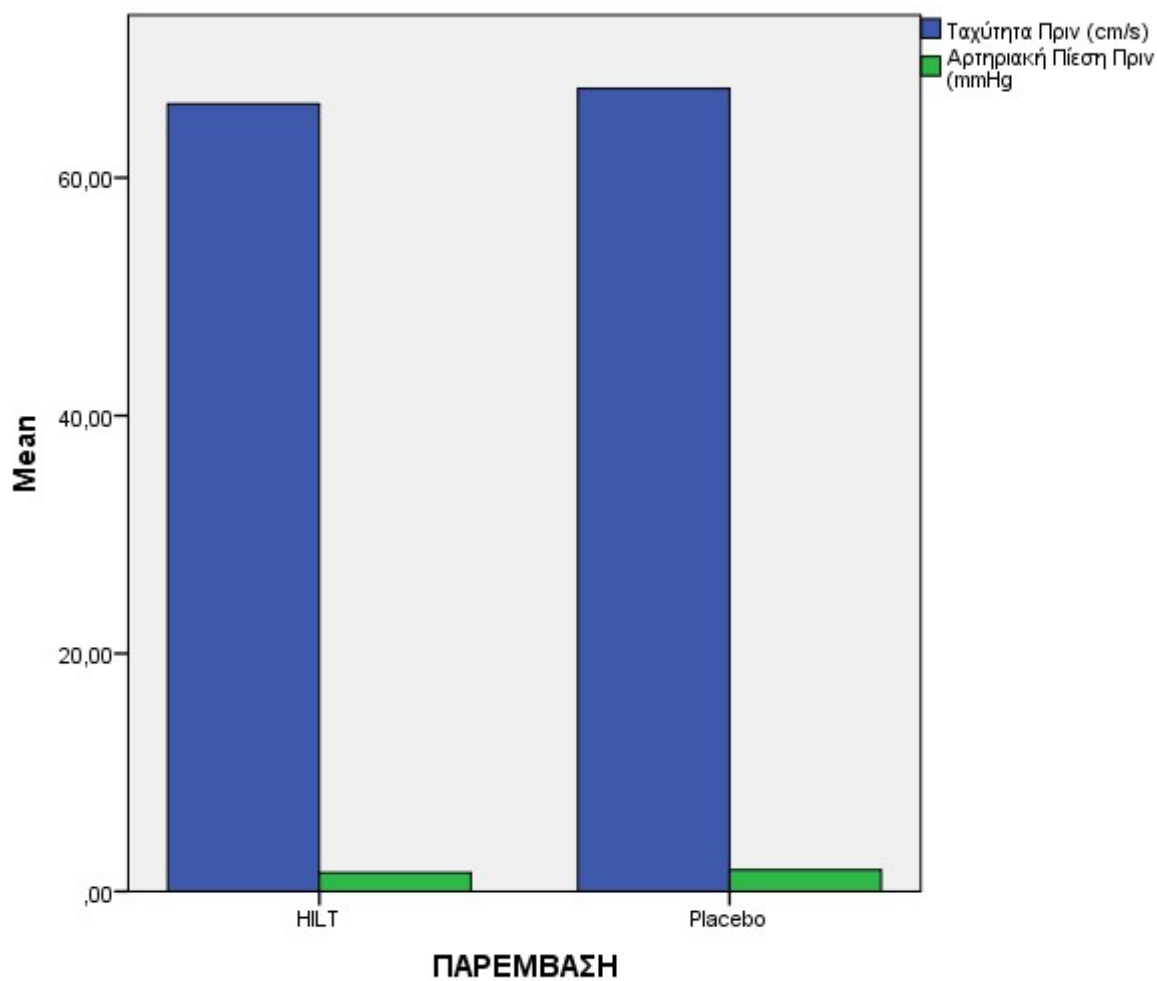
Αντίστοιχα, από τη σύγκριση των μέσων τιμών της αρτηριακής πίεσης πριν την παρέμβαση μεταξύ της πειραματικής ομάδας (HILT) και της ομάδας ελέγχου (placebo) με την παραμετρική δοκιμασία «T» για ανεξάρτητες μεταβλητές (Independent-Samples T Test), δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0,218$) (Πίνακας 4.14, Διάγραμμα 4.7). Η ίδια σύγκριση στις μέσες τιμές μετά την παρέμβαση με την παραμετρική δοκιμασία «T» για ανεξάρτητες μεταβλητές (Independent-Samples T Test) αποκάλυψε ότι η αρτηριακή πίεση στην πειραματική ομάδα (HILT) και η αρτηριακή πίεση στην ομάδα ελέγχου (placebo) δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά σε οριακό βαθμό ($p=0,062$) (Πίνακας 4.15, Διάγραμμα 4.8).

Πίνακας 4.14: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης πριν την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων

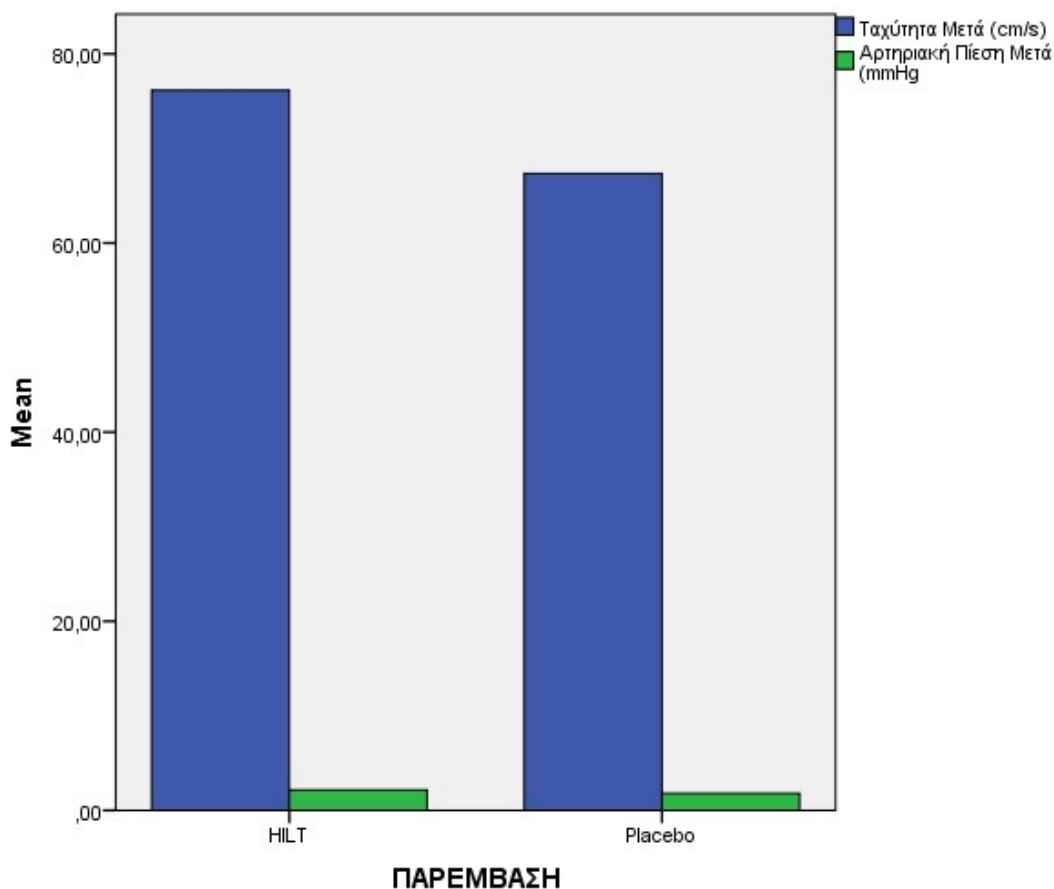
Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Αρτηριακή Πίεση Πριν (mmHg)	Equal variances assumed	,485	,492	1,262	26	,218	-,23357	,18512	-,61409	,14694
	Equal variances not assumed			1,262	21,475	,221	-,23357	,18512	-,61803	,15088

Πίνακας 4.15: Σύγκριση μέσων τιμών αρτηριακής πίεσης μετά την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Αρτηριακή Πίεση Μετά(mmHg)	Equal variances assumed	,009	,923	1,950	26	,062	,37786	,19376	-,02042	,77613
	Equal variances not assumed			1,950	25,868	,062	,37786	,19376	-,02052	,77623



Διάγραμμα 4.7: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας και αρτηριακής πίεσης πριν την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων



Διάγραμμα 4.8: Σύγκριση μέσων τιμών ταχύτητας και αρτηριακής πίεσης μετά την παρέμβαση μεταξύ των δύο ομάδων

Με βάση τα ανωτέρω, φαίνεται η εφαρμογή HILT στην περιοχή του γόνατος να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την ταχύτητα ροής του αίματος τόσο στην πειραματική ομάδα (HILT) πριν και μετά την παρέμβαση, όσο και συγκρινόμενη με την ταχύτητα ροής του αίματος της ομάδας ελέγχου (placebo) μετά την παρέμβαση. Αντίστοιχα, η εφαρμογή HILT καθίσταται ικανή να επηρεάσει στατιστικά σημαντικά την αρτηριακή πίεση της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας πριν και μετά την παρέμβαση στην πειραματική ομάδα (HILT), ενώ συγκρινόμενη με την τιμή της αρτηριακής πίεσης μετά την παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου (placebo), η αρτηριακή πίεση μετά την παρέμβαση στην πειραματική ομάδα (HILT) οριακά δε φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p = 0,062$).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσει την επίδραση της εφαρμογής της παλμικής ακτινοβολίας Laser High Intensity Laser Therapy (HILT) στην αιματική ροή των περιαρθρικών ιστών του γόνατος.

Από τα αποτελέσματα της παρέμβασης διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή παλμικού Laser HILT αύξησε στατιστικά σημαντικά την ταχύτητα της αιματικής ροής και της αρτηριακής πίεσης στην πειραματική ομάδα (HILT) ($p < 0,05$), ενώ στην ομάδα ελέγχου, με την εφαρμογή placebo HILT, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στις ανωτέρω μεταβλητές ($p > 0,05$). Επίσης, συγκρίνοντας τις δύο ομάδες (ομάδα HILT/ομάδα placebo HILT), μετά την παρέμβαση, διαπιστώθηκε ότι οι ομάδες διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ως προς την ταχύτητα της αιματικής ροής ($p < 0,05$). Ωστόσο, οι μεταβολές στην αρτηριακή πίεση της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας ήταν οριακά μη στατιστικά σημαντικές ($p = 0,062$).

Η θετική επίδραση της εφαρμογής HILT στη βελτίωση της κυκλοφορίας του αίματος (Alayat et al., 2019; Choi et al., 2017; Larkin et al., 2012), συμφωνεί με άλλες σχετικές μελέτες, οι οποίες εφάρμοσαν θεραπεία με παλμικό Laser υψηλής ισχύος HILT στην περιοχή του γόνατος (Akaltun et al., 2021; Kim et al., 2016; Nazari et al., 2019; (Ammendolia et al., 2021; Chow et al., 2021; Kheshie et al., 2014; Song et al., 2020).

Πιο συγκεκριμένα, σε μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την επίδραση της ακτινοβολίας Laser υψηλής ισχύος στην αιματική ροή του αντιβραχίου σε 10 υγιείς άρρενες φοιτητές στην Αμερική (Larkin et al., 2012), διαπιστώθηκε ότι υπάρχει επίδραση υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις δοσολογίας προσδιδόμενης ενέργειας φωτός Laser στην ταχύτητα της αιματικής ροής στην περιοχή του αντιβραχίου, αναφέροντας ωστόσο την ανάγκη για πραγματοποίηση περαιτέρω ερευνών. Αναφέρεται επίσης στη συγκεκριμένη έρευνα η ανάγκη διαπίστωσης της ακριβούς επίδρασης της ακτινοβολίας Laser υψηλής ισχύος στην αιματική ροή, διότι μέσω της αλλαγής της αιματικής ροής στους ιστούς θα μπορούσε να διερευνηθεί περαιτέρω η επίδραση σε σχέση με τη μείωση της φλεγμονής, του οιδήματος, του πόνου και της μετατραυματικής ισχαιμίας (Larkin et al., 2012).

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται η επίδραση που μπορεί να έχει η αύξηση της αιματικής ροής στην επούλωση τραυμάτων και ελκών, κυρίως διαβητικών, μιας και υπάρχουν έρευνες που αναφέρουν τη μείωση του χρόνου επούλωσης των τραυμάτων αυτών, όταν προκαλείται αύξηση της ροής της κυκλοφορίας του αίματος στην εξεταζόμενη περιοχή π.χ. από θεραπευτικό ρεύμα (Bolton, 2019; Lawson & Petrofsky, 2007). Άλλες έρευνες αναφέρουν ότι η αύξηση της ροής της αιματικής κυκλοφορίας, η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω της στοχευμένης σωματικής δραστηριότητας, επιφέρει θετικά αποτελέσματα σε ασθενείς με χρόνια πόνο στην ΟΜΣΣ αγνώστου αιτιολογίας, ως προς τη λειτουργικότητα των ασθενών αυτών και το επίπεδο ζωής τους (Gordon & Bloxham, 2016).

Το παλμικό Laser Nd:YAG γενικά στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως αποτελεσματική μη επεμβατική μέθοδος φυσικοθεραπείας με αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα στη μείωση του πόνου στην ΟΜΣΣ (Choi et al., 2017; Gocevaska et al., 2019), στην ΑΜΣΣ (Alayat, 2016), στην ΟΑΓ (Akaltun et al., 2021; Alayat et al., 2017; Kim et al., 2016; Angelova & Ilieva, 2016), καθώς και σε κακώσεις του ΚΑ (Tkocz et al., 2021), όπως επίσης και στη μείωση της φλεγμονής διάφορων κακώσεων (Alayat et al., 2017; Song et al., 2018).

Όπως αναφέρθηκε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η εφαρμογή ενός παλμικού Laser Nd:YAG υψηλής ισχύος (3kW μέγιστη ισχύς) είναι ασφαλής με συγκεκριμένο μήκος κύματος στα 1064nm, διαθέτοντας πολύ μικρή διάρκεια παλμού και ενεργό κύκλο λειτουργίας που μπορεί να προσφέρει υψηλό επίπεδο ενέργειας έως 3000J και να διεισδύσει βαθιά στους ιστούς - στόχους με πολύ χαμηλό ιστολογικό κίνδυνο. Αυξάνοντας σταδιακά την παροχή (πυκνότητα ενέργειας) και μειώνοντας τη συχνότητα του Laser, το HILT μπορεί να φτάσει σε βαθύτερα στρώματα με τις φωτοθερμικές επιδράσεις διεγείροντας τις αντιδράσεις των ιστών (Dundar et al., 2015; Song et al., 2018; Yesil et al., 2019; (Kim et al., 2015).

Σε μία πρόσφατη ανασκόπηση (Song et al., 2020) αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα του HILT και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το HILT αποδείχθηκε ότι είναι αποτελεσματικό στη μείωση του πόνου και στην αύξηση της λειτουργικότητας σε ασθενείς με ΟΑΓ. Σε επιπλέον ανασκοπήσεις σχετικά με τη χρήση HILT για τον πόνο, οι οποίες περιελάμβαναν αρκετές ομάδες ασθενών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με

μυοσκελετικές διαταραχές, πόνο στην ΟΜΣΣ και πόνο στην ΑΜΣΣ (Song et al., 2018), τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης σημαντική μείωση του πόνου στην ομάδα HILT για κάθε μία από τις μυοσκελετικές διαταραχές σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου που εφαρμόστηκε εικονική παρέμβαση (placebo) με HILT.

Εμφανίζεται επίσης σε άλλες μελέτες (Ahmad, MS, & Yusof, 2021; Alayat et al., 2019; Ezzati et al., 2020), ότι η αποτελεσματικότητα της HILT συγκριτικά με την LLLT είναι μεγαλύτερη και σε συνδυασμό με θεραπευτικές ασκήσεις. Οι μελέτες αυτές επίσης ανέφεραν σημαντικές βελτιώσεις μετά την παρέμβαση στα αποτελέσματα, σε σύγκριση με τις αρχικές μετρήσεις, η διάρκεια των οποίων κυμαινόταν από 2 έως 11 εβδομάδες. Ωστόσο, η σύγκριση μεταξύ των ομάδων έδειξε ότι τόσο τα LLLT+άσκηση όσο και τα HILT+άσκηση, ήταν πιο αποτελεσματικά από την ομάδα ελέγχου (placebo+άσκηση ή μόνο άσκηση) στη μείωση του πόνου, της δυσκαμψίας και την αύξηση της λειτουργικότητας στην περιοχή του γόνατος (Akaltun et al., 2021; Kim et al., 2016; (Ammendolia et al., 2021; Kheshie et al., 2014).

Ωστόσο, οι περισσότεροι ερευνητές επισημαίνουν ότι πρόκειται για μεμονωμένα πειράματα και υπάρχει έλλειψη κατάλληλου ελέγχου και τα ευρήματα αυτά θα πρέπει να ερμηνεύονται προσεκτικά (Ahmad et al., 2021). Πιστεύεται ότι τα ευεργετικά αποτελέσματα στις ομάδες που έλαβαν θεραπεία σε σύγκριση με τις ομάδες ελέγχου μπορούν να αποδοθούν κυρίως στις συνδυασμένες επιδράσεις μεταξύ της HILT και της άσκησης αποκατάστασης. Οι βελτιώσεις στα αποτελέσματα που αναφέρονται συνήθως θα μπορούσαν να σχετίζονται με τις επιδράσεις της θεραπείας με Laser, ιδίως όσον αφορά τη βιοδιεγερτική και αντιφλεγμονώδη ικανότητα σε επίπεδο κυτταρικών και ιστικών δομών (Akaltun et al., 2021; (Ahmad et al., 2021; Tkocz et al., 2021). Η ακτινοβολούμενη ενέργεια φωτός Laser απορροφάται από τους φωτοϋποδοχείς της μιτοχονδριακής διάταξης (matrix), γεγονός που προκαλεί την παραγωγή υψηλής ενέργειας για τη βέλτιστη λειτουργία του ιστού και της κυψελοειδούς λειτουργίας (Cotler et al., 2015; (Chung et al., 2012; Higashi et al., 2013). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, παράγεται επίσης το επίπεδο των ROS που διεγείρει τα διάφορα προϊόντα μεταγραφής γονιδίων που είναι υπεύθυνα για την αντιφλεγμονώδη ικανότητα (Ahmad et al., 2021).

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι ακόμα νωρίς για να καθορίσουμε απόλυτα εάν το HILT μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός μη επεμβατικός παράγοντας στη διαχείριση του μυοσκελετικού πόνου και της φλεγμονής, αν και υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να έχει οφέλη σε ορισμένες καταστάσεις ανάλογα με τις παραμέτρους της θεραπείας. Η εξειδίκευση στις προαπαιτούμενες ρυθμίσεις παρέμβασης, η ομοιογένεια του δείγματος ως προς τις αρχικές του μετρήσεις, ο τρόπος της παρέμβασης, μιας και η εφαρμογή γίνεται χειροκίνητα, η συνολική αποδιδόμενη ενέργεια, η οποία ποικίλλει σε διαφορετικές έρευνες είναι παράγοντες που μπορεί να αποκλίνουν από την ομοιογένεια και την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στην παρούσα έρευνα, ο μικρός αριθμός του δείγματος και η συγκέντρωση του συνόλου του δείγματος από μικρό αριθμό περιοχών της Αττικής αποτελούν τέτοιους παράγοντες. Επίσης παρατηρήθηκε κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας ότι κάποιοι από τους εξεταζόμενους, οι οποίοι για προσωπικούς λόγους βρίσκονταν σε στρεσογόνα κατάσταση (κυρίως επαγγελματικοί και οικογενειακοί λόγοι) είχαν διαφορετικές αρχικές μετρήσεις ως προς την ταχύτητα ροής του αίματος και την αρτηριακή πίεση στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία.

Συνεπώς, αν και διαφαίνεται μια ευεργετική επίδραση της εφαρμογής παλμικού Laser HILT στην ταχύτητα της αιματικής ροής των περιαρθρικών ιστών του γόνατος, θα ήταν καλύτερο σε επόμενες έρευνες να γίνει μια πιο γενικευμένη καταγραφή των αρχικών μετρήσεων ή να δοθεί παραπάνω χρόνος χαλάρωσης των εξεταζόμενων πριν από τις αρχικές μετρήσεις.

Ενδεχομένως, μια προσθήκη σχετικών συμπληρωματικών παρεμβάσεων σε συνδυασμό με HILT να μπορεί να ενισχύσει τα ευεργετικά αποτελέσματα της συγκεκριμένης παρέμβασης. Είναι σαφές ότι μακροπρόθεσμα απαιτούνται τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές με κατάλληλο μεθοδολογικό σχεδιασμό, μεγαλύτερο αριθμό δείγματος και ευρύτερα κατανεμημένες χωρικά, για τον προσδιορισμό της επίδρασης του HILT στην ταχύτητα της αιματικής ροής και σε άλλες περιοχές του σώματος, καθώς και σε παθολογικές καταστάσεις που επιτρέπουν την εφαρμογή Laser ως μέσο αποκατάστασης, συνθήκες οι οποίες δεν καλύπτονται από την παρούσα διπλωματική εργασία. Ενδεχομένως να ήταν χρήσιμη και μια έρευνα η οποία θα μπορούσε να

συνδέσει την επιρροή της εφαρμογής HILT με τη μείωση του πόνου ή της φλεγμονής ως κύριες μεταβλητές.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι η γενική θεραπευτική χρήση του HILT είτε ως μοναδικός τρόπος παρέμβασης, είτε συνδυαστικά με άλλες μεθόδους (π.χ. κινήσιοθεραπεία) φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα ως προς τον πόνο, τη φλεγμονή, το ROM, τη λειτουργικότητα και την αιματική ροή.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση βρέθηκε μόνο μια έρευνα (Larkin et al., 2012), η οποία εξετάζει την ταχύτητα της αιματικής ροής ως κύρια εξεταζόμενη μεταβλητή μετά από εφαρμογή HILT. Στις περισσότερες έρευνες κύριες εξεταζόμενες μεταβλητές ήταν ο πόνος, το έλλειμμα λειτουργικότητας και ο περιορισμός του αρθρικού ROM, ενώ αναφέρεται η συνεργική επίδραση του HILT στην αιματική ροή (Santamato et al., 2009).

Συνεπώς είναι μεγάλη η κλινική σημασία διερεύνησης της επίδρασης του HILT στην ταχύτητα της αιματικής ροής και της αρτηριακής πίεσης μιας και μπορεί να επηρεάσει την κλινική πρακτική των φυσικοθεραπευτών είτε ενισχυτικά, για μείωση μιας φλεγμονώδους κατάστασης, είτε ανασταλτικά, γνωρίζοντας ότι μπορεί να έχει επιδράσεις σε κάποιον ασθενή με καρδιαγγειακές παθήσεις.

Επίσης είναι σημαντικό σε μελλοντικές έρευνες να μελετηθεί και να διερευνηθεί ποια επίδραση είναι αυτή που φαίνεται να επηρεάζει την ταχύτητα της αιματικής ροής και της αρτηριακής πίεσης (φωτοχημική – φωτοθερμική), κάτι το οποίο δε διευκρινίζεται στην παρούσα έρευνα. Ενδεχομένως στο μέλλον μια αντίστοιχα σχεδιασμένη έρευνα με εφαρμογή της LLLT, η οποία έχει μόνο φωτοχημική επίδραση, θα μπορούσε να διευκρινίσει τον περιορισμό της παρούσας έρευνας.

Οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας δεν περιορίζονται μόνο στα ανωτέρω αναφερθέντα. Χρειάζεται να σημειωθεί ότι το δείγμα ήταν μικρό και η δειγματοληψία ήταν δειγματοληψία ευκολίας, καθώς επίσης πρέπει να διευκρινιστεί ότι κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι μελέτες που βρέθηκαν ήταν κυρίως μεσαίας και χαμηλής τεκμηρίωσης, λόγω της πολυπαραγοντικότητας των παραμέτρων των συσκευών, των ιδιαιτεροτήτων του ιστού με τον οποίον αλληλεπιδρούν (ποσοστό νερού

και υποδόριου λίπους για την διείσδυση του φωτός LASER) και της εξατομίκευσης των ρυθμίσεων και των πρωτοκόλλων των συσκευών LASER. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα οι έρευνες να αναφέρονται ως μεμονωμένα πειράματα και να συνίσταται η προσοχή κατά την ανάγνωση των αποτελεσμάτων αυτών.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι συμπίπτουν με τα βιβλιογραφικά ευρήματα, μιας και παρατηρήθηκε αύξηση της ταχύτητας της αιματικής ροής και της αρτηριακής πίεσης στις περιαρθρικές δομές του γόνατος. Η περαιτέρω διερεύνηση των συγκεκριμένων μεταβλητών κρίνεται απαραίτητη στο μέλλον από την επιστημονική κοινότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aasa, U., Svartholm, I., Andersson, F., & Berglund, L. (2017). Injuries among weightlifters and powerlifters: a systematic review. *Br J Sports Med*, *51*(4), 211-219. doi:10.1136/bjsports-2016-096037
2. Ahmad, M. A., MS, A. H., & Yusof, A. (2021). Effects of low-level and high-intensity laser therapy as adjunctive to rehabilitation exercise on pain, stiffness and function in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. doi:10.1016/j.physio.2021.03.011
3. Akaltun, M. S., Altindag, O., Turan, N., Gursoy, S., & Gur, A. (2021). Efficacy of high intensity laser therapy in knee osteoarthritis: a double-blind controlled randomized study. *Clin Rheumatol*, *40*(5), 1989-1995. doi:10.1007/s10067-020-05469-7
4. Alayat, M. S., Aly, T. H., Elsayed, A. E., & Fadil, A. S. (2017). Efficacy of pulsed Nd:YAG laser in the treatment of patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci*, *32*(3), 503-511. doi:10.1007/s10103-017-2141-x
5. Alayat, M. S., Atya, A. M., Ali, M. M., & Shosha, T. M. (2014). Long-term effect of high-intensity laser therapy in the treatment of patients with chronic low back pain: a randomized blinded placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci*, *29*(3), 1065-1073. doi:10.1007/s10103-013-1472-5
6. Alayat, M., Alshehri, M. A., Shousha, T. M., Abdelgalil, A. A., Alhasan, H., Khayyat, O. K., & Al-Attar, W. S. (2019). The effectiveness of high intensity laser therapy in the management of spinal disorders: A systematic review and meta-analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil*, *32*(6), 869-884. doi:10.3233/bmr-181341
7. Alayat, M., Elsodany, A., & El Fiky, A. (2014). Efficacy of high and low level laser therapy in the treatment of Bell's palsy: a randomized double blind placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci*, *29*(1), 335-342. doi:10.1007/s10103-013-1352-z
8. Alayat, M. S., Mohamed, A. A., Helal, O. F., & Khaled, O. A. (2016). Efficacy of high-intensity laser therapy in the treatment of chronic neck pain: a randomized double-blind placebo-control trial. *Lasers Med Sci*, *31*(4), 687-694. doi:10.1007/s10103-016-1910-2
9. Alayat, M. S. M., Abdel-Kafy, E. M., Thabet, A. A. M., Abdel-Malek, A. S., Ali, T. H., & Header, E. A. (2018). Long-Term Effect of Pulsed Nd-YAG Laser Combined with Exercise on Bone Mineral Density in Men with Osteopenia or Osteoporosis: 1 Year of Follow-Up. *Photomed Laser Surg*, *36*(2), 105-111. doi:10.1089/pho.2017.4328
10. Ammendolia, A., Marotta, N., Marinaro, C., Demeco, A., Mondardini, P., & Costantino, C. (2021). The synergic use of the High Power Laser Therapy and Glucosamine sulfate in Knee osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Acta Biomed*, *92*(3), e2021237. doi:10.23750/abm.v92i3.10952
11. Angelova, A., & Ilieva, E. M. (2016). Effectiveness of High Intensity Laser Therapy for Reduction of Pain in Knee Osteoarthritis. *Pain Res Manag*, *2016*, 9163618. doi:10.1155/2016/9163618

12. Aranda-Valera, I. C., Garcia Carazo, S., Monjo Henry, I., & De Miguel Mendieta, E. (2017). Diagnostic validity of Doppler ultrasound in giant cell arteritis. *Clin Exp Rheumatol*, 35 Suppl 103(1), 123-127.
13. Azma, K., RezaSoltani, Z., Rezaeimoghaddam, F., Dadarkhah, A., & Mohsenolhosseini, S. (2018). Efficacy of tele-rehabilitation compared with office-based physical therapy in patients with knee osteoarthritis: A randomized clinical trial. *J Telemed Telecare*, 24(8), 560-565. doi:10.1177/1357633x17723368
14. Bjordal, J. M. (2016). Clinical Applications with Low-Level Laser Therapy in Arthritis *Handb of Low-Level Laser Ther* (pp. 633-644): Jenny Stanford Publishing.
15. Blagojevic, M., Jinks, C., Jeffery, A., & Jordan, K. P. (2010). Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthr Cartil*, 18(1), 24-33. doi:10.1016/j.joca.2009.08.010
16. Bolton, L. (2019). Exercise and Chronic Wound Healing. *Wounds*, 31(2), 65-67.
17. Boscainos, P. J., Sapkas, G., Stilianessi, E., Prouskas, K., & Papadakis, S. A. (2003). Greek versions of the Oswestry and Roland-Morris Disability Questionnaires. *Clin Orthop Relat Res*(411), 40-53. doi:10.1097/01.blo.0000068361.47147.79
18. Boyraz, I., Yildiz, A., Koc, B., & Sarman, H. (2015). Comparison of high-intensity laser therapy and ultrasound treatment in the patients with lumbar discopathy. *Biomed Res Int*, 2015, 304328. doi:10.1155/2015/304328
19. Brown, G. C. (1995). Nitric oxide regulates mitochondrial respiration and cell functions by inhibiting cytochrome oxidase. *FEBS Lett*, 369(2-3), 136-139. doi:10.1016/0014-5793(95)00763-y
20. Chen, L., Liu, D., Zou, L., Huang, J., Chen, J., Zou, Y., . . . Liu, G. (2018). Efficacy of high intensity laser therapy in treatment of patients with lumbar disc protrusion: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 31(1), 191-196. doi:10.3233/bmr-170793
21. Choi, H. W., Lee, J., Lee, S., Choi, J., Lee, K., Kim, B. K., & Kim, G. J. (2017). Effects of high intensity laser therapy on pain and function of patients with chronic back pain. *J Phys Ther Sci*, 29(6), 1079-1081. doi:10.1589/jpts.29.1079
22. Chow, R. (2011). Lasers in medicine past, present and future. *Energy for Health*, 8, 32.
23. Chow, R., Liebert, A., Tilley, S., Bennett, G., Gabel, C. P., & Laakso, L. (2021). Guidelines versus evidence: what we can learn from the Australian guideline for low-level laser therapy in knee osteoarthritis? A narrative review. *Lasers Med Sci*, 36(2), 249-258. doi:10.1007/s10103-020-03112-0
24. Chung, H., Dai, T., Sharma, S. K., Huang, Y. Y., Carroll, J. D., & Hamblin, M. R. (2012). The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng*, 40(2), 516-533. doi:10.1007/s10439-011-0454-7
25. Conforti, M., & Fachinetti, G. P. (2013). High power laser therapy treatment compared to simple segmental physical rehabilitation in whiplash injuries (1° and 2°

- grade of the Quebec Task Force classification) involving muscles and ligaments. (2240-4554 (Print)).
26. Cotler, H. B., Chow, R. T., Hamblin, M. R., & Carroll, J. (2015). The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MOJ Orthop Rheumatol*, 2(5). doi:10.15406/mojor.2015.02.00068
27. Detaboada, L., Ilic, S., Leichliter-Martha, S., Oron, U., Oron, A., & Streeter, J. (2006). Transcranial application of low-energy laser irradiation improves neurological deficits in rats following acute stroke. *Lasers Surg Med*, 38(1), 70-73. doi:10.1002/lsm.20256
28. Driban, J. B., Hootman, J. M., Sitler, M. R., Harris, K. P., & Cattano, N. M. (2017). Is Participation in Certain Sports Associated With Knee Osteoarthritis? A Systematic Review. *Journal of athletic training*, 52(6), 497-506. doi:10.4085/1062-6050-50.2.08
29. Dundar, U., Turkmen, U., Toktas, H., Solak, O., & Ulasli, A. M. (2015). Effect of high-intensity laser therapy in the management of myofascial pain syndrome of the trapezius: a double-blind, placebo-controlled study. *Lasers Med Sci*, 30(1), 325-332. doi:10.1007/s10103-014-1671-8
30. Dundar, U., Turkmen, U., Toktas, H., Ulasli, A. M., & Solak, O. (2015). Effectiveness of high-intensity laser therapy and splinting in lateral epicondylitis; a prospective, randomized, controlled study. *Lasers Med Sci*, 30(3), 1097-1107. doi:10.1007/s10103-015-1716-7
31. Dunning, J., Butts, R., Young, I., Mourad, F., Galante, V., Bliton, P., . . . Fernández-de-Las-Peñas, C. (2018). Periosteal Electrical Dry Needling as an Adjunct to Exercise and Manual Therapy for Knee Osteoarthritis: A Multicenter Randomized Clinical Trial. *Clin J Pain*, 34(12), 1149-1158. doi:10.1097/ajp.0000000000000634
32. Erickson, L. N., Lucas, K. C. H., Davis, K. A., Jacobs, C. A., Thompson, K. L., Hardy, P. A., . . . Noehren, B. W. (2019). Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial. *Phys Ther*, 99(8), 1010-1019. doi:10.1093/ptj/pzz062
33. Ezzati, K., Laakso, E. L., Salari, A., Hasannejad, A., Fekrazad, R., & Aris, A. (2020). The Beneficial Effects of High-Intensity Laser Therapy and Co-Interventions on Musculoskeletal Pain Management: A Systematic Review. (2008-9783 (Print)).
34. Fiore, P., Panza, F., Cassatella, G., Russo, A., Frisardi, V., Solfrizzi, V., . . . Santamato, A. (2011). Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of low back pain: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*, 47(3), 367-373.
35. Gocevska, M., Dimitrova, E., & Savevska, C. (2019). Effects of High - Intensity Laser in Treatment of Patients with Chronic Low Back Pain. *Open Access Maced J Med Sci*, 7(6), 949-954. doi:10.3889/oamjms.2019.117
36. Gordon, R., & Bloxham, S. (2016). A Systematic Review of the Effects of Exercise and Physical Activity on Non-Specific Chronic Low Back Pain. *Healthcare (Basel)*, 4(2). doi:10.3390/healthcare4020022
37. Häggglund, M., & Waldén, M. (2016). Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24(3), 737-746. doi:10.1007/s00167-015-3922-z

38. Haładaj, R., Pingot, M., & Topol, M. (2017). The Effectiveness of Cervical Spondylosis Therapy with Saunders Traction Device and High-Intensity Laser Therapy: A Randomized Controlled Trial. *Med Sci Monit*, 23, 335-342. doi:10.12659/msm.899454
39. Hamblin, M. (2017). Handbook of low-level laser therapy.
40. Hamblin, M., & Avci, P. (2015). Applications of Nanoscience in Photomedicine. 1-545.
41. Hamblin, M., & Demidova, T. (2006). *Mechan of low level light ther.* Paper presented at the Mechanisms for low-light therapy.
42. Hamblin, M., & Huang, Y.-Y. (2019). *Photobiomodulation in the Brain*: Academic Press.
43. Higashi, R. H., Toma, R. L., Tucci, H. T., Pedroni, C. R., Ferreira, P. D., Baldini, G. S., . . . Renno, A. C. M. (2013). Effects of Low-Level Laser Therapy on Biceps Braquialis Muscle Fatigue in Young Women. *Photomed Laser Surg*, 31(12), 586-594. doi:10.1089/pho.2012.3388
44. Kaya Mutlu, E., Ercin, E., Razak Ozdincler, A., & Ones, N. (2018). A comparison of two manual physical therapy approaches and electrotherapy modalities for patients with knee osteoarthritis: A randomized three arm clinical trial. *Physiother Theory Pract*, 34(8), 600-612. doi:10.1080/09593985.2018.1423591
45. Kheshie, A. R., Alayat, M. S., & Ali, M. M. (2014). High-intensity versus low-level laser therapy in the treatment of patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci*, 29(4), 1371-1376. doi:10.1007/s10103-014-1529-0
46. Kim, S., Kim, Y., Lee, H., & Choi, Y. (2015). Short-term effects of high-intensity laser therapy on frozen shoulder: A prospective randomized control study. *Man Ther*, 20(6), 751-757. doi:10.1016/j.math.2015.02.009
47. Kilic, O., Maas, M., Verhagen, E., Zwerver, J., & Gouttebauge, V. (2017). Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature. *Eur J Sport Sci*, 17(6), 765-793. doi:10.1080/17461391.2017.1306114
48. Kim, G. J., Choi, J., Lee, S., Jeon, C., & Lee, K. (2016). The effects of high intensity laser therapy on pain and function in patients with knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci*, 28(11), 3197-3199. doi:10.1589/jpts.28.3197
49. Kim, S. H., Kim, Y. H., Lee, H. R., & Choi, Y. E. (2015). Short-term effects of high-intensity laser therapy on frozen shoulder: A prospective randomized control study. *Man Ther*, 20(6), 751-757. doi:10.1016/j.math.2015.02.009
50. Kolu, E., Buyukavci, R., Akturk, S., Eren, F., & Ersoy, Y. (2018). Comparison of high-intensity laser therapy and combination of transcutaneous nerve stimulation and ultrasound treatment in patients with chronic lumbar radiculopathy: A randomized single-blind study. *Pak J Med Sci*, 34(3), 530-534. doi:10.12669/pjms.343.14345
51. Korkmaz, N., Gurcay, E., Demir, Y., Tezen, Ö., Korkmaz, İ., Atar, M., & Yaşar, E. (2022). The effectiveness of high-intensity laser therapy in the treatment of post-stroke patients with hemiplegic shoulder pain: a prospective randomized controlled study. *Lasers Med Sci*, 37(1), 645-653. doi:10.1007/s10103-021-03316-y

52. Lampl, Y., Zivin, J. A., Fisher, M., Lew, R., Welin, L., Dahlof, B., . . . Caparo, C. (2007). Infrared laser therapy for ischemic stroke: a new treatment strategy: results of the NeuroThera Effectiveness and Safety Trial-1 (NEST-1). *Stroke*, *38*(6), 1843-1849.
53. Lane, N. (2006). Cell biology: power games. *Nature*, *443*(7114), 901-903. doi:10.1038/443901a
54. Larkin, K. A., Martin, J. S., Zeanah, E. H., True, J. M., Braith, R. W., & Borsa, P. A. (2012). Limb blood flow after class 4 laser therapy. *Journal of athletic training*, *47*(2), 178-183. doi:10.4085/1062-6050-47.2.178
55. Lawson, D., & Petrofsky, J. S. (2007). A randomized control study on the effect of biphasic electrical stimulation in a warm room on skin blood flow and healing rates in chronic wounds of patients with and without diabetes. *Med Sci Monit*, *13*(6), Cr258-263.
56. Mbada, C. E., Oguntoyinbo, O. E., Fasuyi, F. O., Idowu, O. A., Odole, A. C., Ayanniyi, O., Fatoye, F. (2020). Cross-cultural adaptation and psychometric evaluation of the Yoruba version of Oswestry disability index. *PLoS One*, *15*(1), e0221138. doi:10.1371/journal.pone.0221138
57. McCall, A., Carling, C., Davison, M., Nedelec, M., Le Gall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2015). Injury risk factors, screening tests and preventative strategies: a systematic review of the evidence that underpins the perceptions and practices of 44 football (soccer) teams from various premier leagues. *Br J Sports Med*, *49*(9), 583-589. doi:10.1136/bjsports-2014-094104
58. McCreesh, K. M., Riley, S. J., & Crotty, J. M. (2013). Neovascularity in patellar tendinopathy and the response to eccentric training: a case report using Power Doppler ultrasound. *Man Ther*, *18*(6), 602-605. doi:10.1016/j.math.2012.09.001
59. Mester, E., Mester, A. F., & Mester, A. (1985). The biomedical effects of laser application. *Lasers Surg Med*, *5*(1), 31-39. doi:10.1002/lsm.1900050105
60. Muthuri, S. G., McWilliams, D. F., Doherty, M., & Zhang, W. (2011). History of knee injuries and knee osteoarthritis: a meta-analysis of observational studies. *Osteoarthritis Cartilage*, *19*(11), 1286-1293. doi:10.1016/j.joca.2011.07.015
61. Nazari, A., Moezy, A., Nejati, P., & Mazaherinezhad, A. (2019). Efficacy of high-intensity laser therapy in comparison with conventional physiotherapy and exercise therapy on pain and function of patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial with 12-week follow up. *Lasers Med Sci*, *34*(3), 505-516. doi:10.1007/s10103-018-2624-4
62. Ordahan, B., Karahan, A. Y., & Kaydok, E. (2018). The effect of high-intensity versus low-level laser therapy in the management of plantar fasciitis: a randomized clinical trial. *Lasers Med Sci*, *33*(6), 1363-1369. doi:10.1007/s10103-018-2497-6
63. Pekyavas, N. O., & Baltaci, G. (2016). Short-term effects of high-intensity laser therapy, manual therapy, and Kinesio taping in patients with subacromial impingement syndrome. *Lasers Med Sci*, *31*(6), 1133-1141. doi:10.1007/s10103-016-1963-2
64. Pocecco, E., Ruedl, G., Stankovic, N., Sterkowicz, S., Del Vecchio, F. B., Gutiérrez-García, C., Burtscher, M. (2013). Injuries in judo: a systematic literature review including suggestions for prevention. *Br J Sports Med*, *47*(18), 1139-1143. doi:10.1136/bjsports-2013-092886
65. Prentice, W. E. (2020). *Θεραπευτικά Μέσα στην Αποκατάσταση* (Π. Ιακωβίδης, Σ. Λαμπροπούλου, Σ. Σπανός, & Δ. Στασινόπουλος, Trans. 1 ed.). Αθήνα: Κωνσταντάρας.

66. Rodríguez, M., García-Calleja, P., Terrados, N., Crespo, I., Del Valle, M., & Olmedillas, H. (2021). Injury in CrossFit®: A Systematic Review of Epidemiology and Risk Factors. *Phys Sportsmed*, 1-8. doi:10.1080/00913847.2020.1864675
67. Salli, A., Akkurt, E., Izki, A. A., Sen, Z., & Yilmaz, H. (2016). Comparison of High Intensity Laser and Epicondylitis Bandage in the Treatment of Lateral Epicondylitis. *Arch Rheumatol*, 31(3), 234-238. doi:10.5606/ArchRheumatol.2016.5793
68. Santamato, A., Beatrice, R., Micello, M. F., Fortunato, F., Panza, F., Bristogiannis, C., Ranieri, M. (2019). Power Doppler Ultrasound Findings before and after Focused Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy: A Pilot Study on Pain Reduction and Neovascularization Effect. *Ultrasound Med Biol*, 45(5), 1316-1323. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2018.12.009
69. Santamato, A., Solfrizzi, V., Panza, F., Tondi, G., Frisardi, V., Leggin, B. G., . . . Fiore, P. (2009). Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of people with subacromial impingement syndrome: a randomized clinical trial. *Phys Ther*, 89(7), 643-652. doi:10.2522/ptj.20080139
70. Silverwood, V., Blagojevic-Bucknall, M., Jinks, C., Jordan, J. L., Protheroe, J., & Jordan, K. P. (2015). Current evidence on risk factors for knee osteoarthritis in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*, 23(4), 507-515. doi:10.1016/j.joca.2014.11.019
71. Sobotta. (1998). *Άτλαντας Ανατομικής του Ανθρώπου* (N. Δ. ΝΗΦΟΡΟΣ, Trans. N. I. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Ed. 4 ed. Vol. 4). Αθήνα: ΓΡ. ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΣ.
72. Song, H. J., Seo, H. J., & Kim, D. (2020). Effectiveness of high-intensity laser therapy in the management of patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 33(6), 875-884. doi:10.3233/bmr-191738
73. Song, H. J., Seo, H. J., Lee, Y., & Kim, S. K. (2018). Effectiveness of high-intensity laser therapy in the treatment of musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)*, 97(51), e13126. doi:10.1097/md.00000000000013126
74. Sundararajan, R. (2015). Electroporation-Based Therapies for Cancer. From Basics to Clinical Applications. *Anticancer Research*, 35(3), 1829-1829.
75. Tabatabai, S. M. R., Bashardoust Tajali, S., Attarbashi Moghadam, B., & Mir, S. M. (2016). Effects of High-Power Diode Laser Irradiation Combined with Electrical Stimulation on Wrist Pain and Function Following Carpal Tunnel Syndrome.
76. Taradaj, J., Rajfur, K., Shay, B., Rajfur, J., Ptazkowski, K., Walewicz, K., . . . Rosińczuk, J. (2018). Photobiomodulation using high- or low-level laser irradiations in patients with lumbar disc degenerative changes: disappointing outcomes and remarks. *Clin Interv Aging*, 13, 1445-1455. doi:10.2147/cia.s168094
77. Tkocz, P., Matusz, T., Kosowski, Ł., Walewicz, K., Argier, Ł., Kuszewski, M., . . . Taradaj, J. (2021). A Randomised-Controlled Clinical Study Examining the Effect of High-Intensity Laser Therapy (HILT) on the Management of Painful Calcaneal Spur with Plantar Fasciitis. *J Clin Med*, 10(21). doi:10.3390/jcm10214891
78. Toma, R. L., Vassao, P. G., Assis, L., Antunes, H. K., & Renno, A. C. (2016). Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in

- elderly women: a randomized double blind control study. *Lasers Med Sci*, 31(6), 1219-1229. doi:10.1007/s10103-016-1967-y
79. Venosa, M., Romanini, E., Padua, R., & Cerciello, S. (2019). Comparison of high-intensity laser therapy and combination of ultrasound treatment and transcutaneous nerve stimulation in patients with cervical spondylosis: a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci*, 34(5), 947-953. doi:10.1007/s10103-018-2682-7
80. Whelan, H. T., Smits, R. L., Jr., Buchman, E. V., Whelan, N. T., Turner, S. G., Margolis, D. A., Caviness, J. (2001). Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing. *J Clin Laser Med Surg*, 19(6), 305-314. doi:10.1089/104454701753342758
81. Wyszynska, J., & Bal-Bochenska, M. (2018). Efficacy of High-Intensity Laser Therapy in Treating Knee Osteoarthritis: A First Systematic Review. *Photomed Laser Surg*, 36(7), 343-353. doi:10.1089/pho.2017.4425
82. Yang, X., Li, G. H., Wang, H. J., & Wang, C. Y. (2019). Continuous Passive Motion After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-analysis of Associated Effects on Clinical Outcomes. *Arch Phys Med Rehabil*, 100(9), 1763-1778. doi:10.1016/j.apmr.2019.02.001
83. Yesil, H., Dundar, U., Toktas, H., Eyvaz, N., & Yesil, M. (2019). The effect of high intensity laser therapy in the management of painful calcaneal spur: a double blind, placebo-controlled study. *Lasers Med Sci*. doi:10.1007/s10103-019-02870-w
84. Γιόκαρης, Π. (2007). *Θεραπευτικά Σχήματα Κλινική Ηλεκτροθεραπεία Τόμος Β*. Αθήνα: Γραφικές Τέχνες ΓΡΑΜΜΑ Α.Ε.
85. Ζεέρης, Η. (2004). *Κακώσεις Χιαστών Συνδέσμων*. Αθήνα: d.K.S.
86. Πισίδης, Α. (1992). *Ανατομική Βασικές Γνώσεις: ΛΥΧΝΟΣ*.
87. Πουλμέντης, Π. (2007). *Φυσικοθεραπεία στον Αθλητισμό*. Αθήνα: Καπόπουλος, Κ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικοθεραπείας
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΗΘΙΚΗΣ & ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Δρ Ιωάννης Πουλής
Αναπληρωτής Καθηγητής
Γενικό Τμήμα Λαμίας
3^ο χλμ. ΠΕΟ Λαμίας-Αθήνας
351 00, Λαμία
22310 60205
ipoulis@uth.gr

Λαμία, 24 Απριλίου 2020

Απόσπασμα απόφασης Νο 63

Σήμερα Παρασκευή, 24 Απριλίου 2020 και ώρα 11.00, συνήλθε η Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας μέσω τηλεδιάσκεψης (πρόσκληση Νο 63/23.4.2020 της Επιτροπής).

Σύμφωνα με απόφαση του Συμβουλίου Ένταξης (αρ. πρωτ. 15/04-9-2019) η Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας αποτελείται από τα ακόλουθα μέλη:

Πουλής Ιωάννης, πρόεδρος
Δημητριάδης Ζαχαρίας, μέλος
Παράς Γεώργιος, μέλος

Μελίγγας Κωνσταντίνος (αναπληρωματικό μέλος)

Κατόπιν μελέτης της αίτησης της μεταπτυχιακής φοιτήτριας κας Καραγιάννη Γραμματικής (αριθ. πρωτ. 1594ΣΕ2/23-4-2020) με θέμα εργασίας: **“Η επίδραση της εφαρμογής παλμικού High Intensity Laser Therapy (HILT) στην αιματική ροή των περιαρθρικών ιστών του γόνατος”** με εισηγητή τον επίκουρο καθηγητή κο Σπανό Σάββα,

και βασιζόμενη στα στοιχεία που παρέχονται στην Επιτροπή από την αιτούσα, η Επιτροπή αποφασίζει ότι:

Η ερευνητική πρόταση είναι κοντά στα διεθνή πρότυπα ηθικής πρακτικής και δεοντολογίας τα οποία συνάδουν με την αξία του σεβασμού προς τους εθελοντές που θα συμμετάσχουν.

Για την ακρίβεια του αποσπάσματος

Ο Γραμματέας της Επιτροπής

Γιώργος Παράς

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΝΑΙΝΕΣΗΣ - ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Με την παρούσα δηλώνω υπεύθυνα ότι έλαβα γνώση για το σύνολο της πειραματικής διαδικασίας στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας της μεταπτυχιακής φοιτήτριας Γραμματικής Καραγιάννη για το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Προηγμένη Φυσικοθεραπεία» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Κανένα από τα προσωπικά μου στοιχεία ή τα στοιχεία ταυτότητάς μου δε θα κοινοποιηθεί. Θα τηρηθεί πλήρης εμπιστευτικότητα τόσο κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, όσο και μετά το πέρας αυτής. Έχω τη δυνατότητα και την πλήρη ελευθερία να αποχωρήσω όποια στιγμή επιθυμώ από αυτήν τη διαδικασία, χωρίς καμία συνέπεια.

Κατόπιν αποδοχής των ανωτέρω, συναινώ να συμμετέχω στη διαδικασία

Γλυφάδα

Ημ/νία

ΥΠΟΓΡΑΦΗ