



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ**
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ
ΚΑΙ ΤΟΥ LASER ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΟΣΤΩΝ.
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑΣ**



**ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ : ΜΠΕΤΣΗ ΑΝΘΟΥΛΑ
ΑΜ : 2418**

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ- 2020

THE EFFECT OF MAGNETIC FIELDS AND LASER IN BONE FRACTURES

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Κο. Κουτσογιάννη για την καθοδήγησή του ,τις συμβουλές του , και για την άψογη συνεργασία μας κατά τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης , την οικογένειά μου για την αμέριστη υποστήριξή της, ώστε να μπορέσω να διεκπεραιώσω αποτελεσματικά σε αυτά τα τέσσερα έτη της φοίτησής μου στη σχολή, τις ταυτόχρονες απαιτήσεις και υποχρεώσεις των σπουδών, της εργασίας και της οικογένειας.

Ακόμα, όλους τους καθηγητές της σχολής για την μετάδοση των γνώσεων τους και τους φίλους μου για την βοήθεια και εμπύχωσή τους καθ' όλη την πορεία των σπουδών μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η φυσικοθεραπεία είναι επιστήμη που αξιολογεί, υποστηρίζει και ενεργεί με στόχο την αποκατάσταση της φυσικής λειτουργίας της υγείας και τη ταχεία επιστροφή στη φυσιολογική δραστηριότητα χωρίς επιπλοκές. Χρησιμοποιεί τεχνικές σχετικές με κίνηση, ιδιότητες φυσικών μέσων και υποστήριξη με διάφορα μηχανικά μέσα. Βασίζεται σε επιστημονικά δεδομένα που ανανεώνονται μέσω ερευνών.

Ο ηλεκτρισμός, τα μαγνητικά πεδία, το laser χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια από τους φυσικοθεραπευτές και συμβάλλουν στη διαδικασία αποκατάστασης και θεραπείας των μυοσκελετικών, νευρολογικών και πολλών άλλων παθήσεων. Εφαρμόζονται στη διαδικασία θεραπείας πολλών παθήσεων λόγω της ικανότητας που έχουν να επιδρούν στους βιολογικούς ιστούς σε κυτταρικό επίπεδο.

Τα κατάγματα των οστών, είναι ένας τραυματισμός που ο φυσικοθεραπευτής καλείται να αποκαταστήσει συχνά. Από τη στιγμή της δημιουργίας του κατάγματος, οι περιβάλλοντες ιστοί και το ίδιο το οστό, ξεκινούν τη διαδικασία αναγέννησης με σκοπό την πόρωσή του. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί από την αρχή της εφαρμογής των μαγνητικών πεδίων και του laser, μελετούν τον τρόπο με τον οποίο συμβάλλουν στην επούλωση των καταγματικών επιφανειών.

Κατά καιρούς, διερευνάται το πραγματικό όφελος από την εφαρμογή τους στην επούλωση με μελέτες που στοχεύουν στη διαλεύκανση της επίδρασης τους στα οστά, στις τιμές της ακτινοβολίας που είναι πιο αποτελεσματικές για την επούλωση, ή για την αξιοπιστία των συσκευών που χρησιμοποιούνται. Οι περισσότερες μελέτες δείχνουν θετικές επιδράσεις στη διαδικασία επούλωσης του οστού, που δίνει στο φυσικοθεραπευτή ένα χρήσιμο εργαλείο κατά τη διαδικασία της αποκατάστασης.

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής, αναφέρονται γενικά στοιχεία που αφορούν τα οστά. Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά για τα κατάγματα. Το τρίτο κεφάλαιο δίνει πληροφορίες για τη πόρωση και στη συνέχεια το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει ορισμούς για τον ηλεκτρισμό, τα μαγνητικά πεδία και το laser. Στο πέμπτο κεφάλαιο υπάρχουν πληροφορίες για τα μαγνητικά πεδία. Ενώ στο έκτο αναλύεται η επίδραση του laser. Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται μελέτες που αφορούν την επίδραση των μαγνητικών πεδίων στα κατάγματα. Στο όγδοο κεφάλαιο περιλαμβάνονται έρευνες για την επίδραση του laser στα κατάγματα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα μαγνητικά πεδία και το laser , είναι μέσα θεραπείας που εφαρμόζονται ευρέως από τον φυσικοθεραπευτή στην αποκατάσταση των καταγμάτων προσφέροντας τις επουλωτικές ιδιότητές τους .Υπάρχουν διάφορα είδη μαγνητικών πεδίων που μέσω ερευνών εξετάζεται η αποτελεσματικότητά τους στην επούλωση των οστών.

Το οστό είναι ένας ιστός που αποτελείται από οργανικά και ανόργανα συστατικά. Όταν ξεπεραστεί η μηχανική αντοχή του οστού, εμφανίζεται κάταγμα. Η επούλωση εξελίσσεται μέσω φλεγμονωδών, επανορθωτικών και αναδιαμορφωτικών φάσεων παρόμοιων με άλλους ιστούς, αλλά, σε αντίθεση με άλλους ιστούς, το οστό διαθέτει τη μοναδική ικανότητα να αναγεννάτε πλήρως και να επιστρέφει στη δύναμη πριν από τον τραυματισμό. Η διαδικασία επούλωσης των οστών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως μηχανικό στρες, βιοχημικοί μεσολαβητές, βιοηλεκτρικές και πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες, και νευρικές και ενδοκρινικές επιδράσεις. Εν ολίγοις πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την επούλωση των οστών.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία , θα γίνει προσπάθεια να καταγραφούν οι επιδράσεις των μαγνητικών πεδίων και του laser στα κατάγματα των οστών . Θα επισημανθούν οι τρόποι που λειτουργούν στους ιστούς κατά τη διαδικασία της πώρωσης και θα αναφερθούν μελέτες που σχετίζονται με τη θετική επίδρασή τους στη διαδικασία αποκατάστασης .Οι μελέτες θα έχουν ως αντικείμενο έρευνας είτε ζώα ή και ανθρώπους που είχαν υποστεί κάταγμα , και θα σημειωθεί το συμπέρασμα στο οποίο θα καταλήξουν είτε είναι θετικό , αρνητικό ή ουδέτερο σχετικά με την συμβολή των μαγνητικών πεδίων ή του laser στην αποκατάσταση του κατάγματος.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής , είναι να γίνει μια ανασκόπηση σε μελέτες που σχετίζονται με την επίδραση των προαναφερθέντων μέσων στα κατάγματα , να αναφερθούν τα συμπεράσματα των ερευνών ,να διαπιστωθεί πόσο βοηθητικός είναι ο ρόλος αυτών των μέσων στην επούλωση ενός κατάγματος ώστε να μπορεί ένας φυσικοθεραπευτής να εντάξει στο πρόγραμμα αποκατάστασης του ασθενούς τα μέσα χωρίς αμφιβολία για την συμβολή τους και να διερευνηθεί αν οι μελέτες που έχουν γίνει είναι επαρκείς ώστε να παρέχουν αξιοπιστία για την αποτελεσματικότητά τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

THE EFFECT OF MAGNETIC FIELDS AND LASER IN BONE FRACTURES	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	iii
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	vi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
1.1ΤΑ ΟΣΤΑ.....	3
1.2 ΔΟΜΗ ΟΣΤΟΥ	3
1.3 ΚΥΤΤΑΡΑ ΟΣΤΟΥ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	7
2.1 ΚΑΤΑΓΜΑ	7
2.2 ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ.....	8
2.3 ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ	8
2.4 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	11
3.1 ΠΩΡΩΣΗ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ	11
3.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΠΩΡΩΣΗ.....	12
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΩΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΓΜΑΤΟΣ.....	13
3.4 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΠΩΡΩΣΗ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	16
4.1. ΟΡΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ, ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	16
4.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	19
5.1 ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ.....	19
5.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	20
5.3 ΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ	22
5.4 ΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΘΗ ΧΡΗΣΗ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	26
6.1 Ο ΟΡΟΣ LASER	26
6.2 LASER ΧΑΜΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ	27
6.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	27
6.4 ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ LASER ΧΑΜΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ	28
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	30
7.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ	31
7.1.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΖΩΑ	31
7.1.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	37
8.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ LASER	37
8.1.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΖΩΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ LASER ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ.....	37
8.1.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ LASER ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΟΣΤΩΝ	42
8.1.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΚΑΙ LASER.....	44
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση των μαγνητικών πεδίων και του laser , είναι ευρέως διαδεδομένη σαν μια μη επεμβατική τεχνική στην επούλωση ιστών και καταγμάτων ,ενισχύοντας την διαδικασία πόρωσης του οστού.

Το 2013 στην εφημερίδα «Electromagnetic Biology and Medicine» δημοσιεύθηκε ένα άρθρο του A . Pilla που αναφερόταν στην επίδραση των μη θερμικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, χαμηλών συχνοτήτων, τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως συμπληρωματική παρέμβαση για την θεραπεία των καταγμάτων με καθυστερημένη πόρωση, των νέων καταγμάτων και των χρόνιων πληγών. Η καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών της χρήσης των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων ,επέτρεψε την τεχνολογική ανάπτυξη των ηλεκτρομαγνητικών συσκευών οι οποίες ήταν φορητές και μίας χρήσης, μπορούσαν να ενσωματωθούν σε στηρίγματα και καλούπια, και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πάνω από ρούχα. Επιτυχημένες εφαρμογές σε πιλοτικές κλινικές δοκιμές, σε συνδυασμό με στοιχεία σε κυτταρικό και ζωικό επίπεδο, παρείχαν υποστήριξη ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορούν να ρυθμίσουν την απόκριση των βιολογικών συστημάτων (Pilla 2013).

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και για την επίδραση του laser στους ιστούς και στα οστά. Αρκετές αφορούν μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ζώα και άλλες σε ανθρώπους.

Γενικότερα , όλες οι μελέτες που διενεργούνται κατά διαστήματα , στοχεύουν στο να καταλήξουν αν οι μέθοδοι που εφαρμόζονται κατά την διεξαγωγή τους είναι αξιόπιστες ώστε να είναι αληθή τα αποτελέσματα που προκύπτουν .Προφανώς , αν και υπάρχουν θετικές ενδείξεις για την εφαρμογή αυτών των μέσων, οι επιστήμονες έχουν την ανάγκη περαιτέρω έρευνας για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΤΑ ΟΣΤΑ

Τα οστά απαρτίζουν το σκελετό, στον οποίο ο άνθρωπος οφείλει το σχήμα του αλλά και τις ιδιότητες της κίνησης του σώματός του. Τα οστά είναι σκληρά ανθεκτικά όργανα, με κύριο συστατικό τους τον οστίτη ιστό. Ο ρόλος τους είναι σημαντικός γιατί παρέχει την κινητικότητα, τη μηχανική υποστήριξη, και την προστασία των υπολοίπων οργάνων του οργανισμού, όπως του εγκεφάλου, της καρδιάς, και των πνευμόνων. Εσωτερικά του οστίτη ιστού βρίσκεται ο μυελός ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αναγέννηση των έμμορφων συστατικών του αίματος. (Καφαντάρη, 2000).

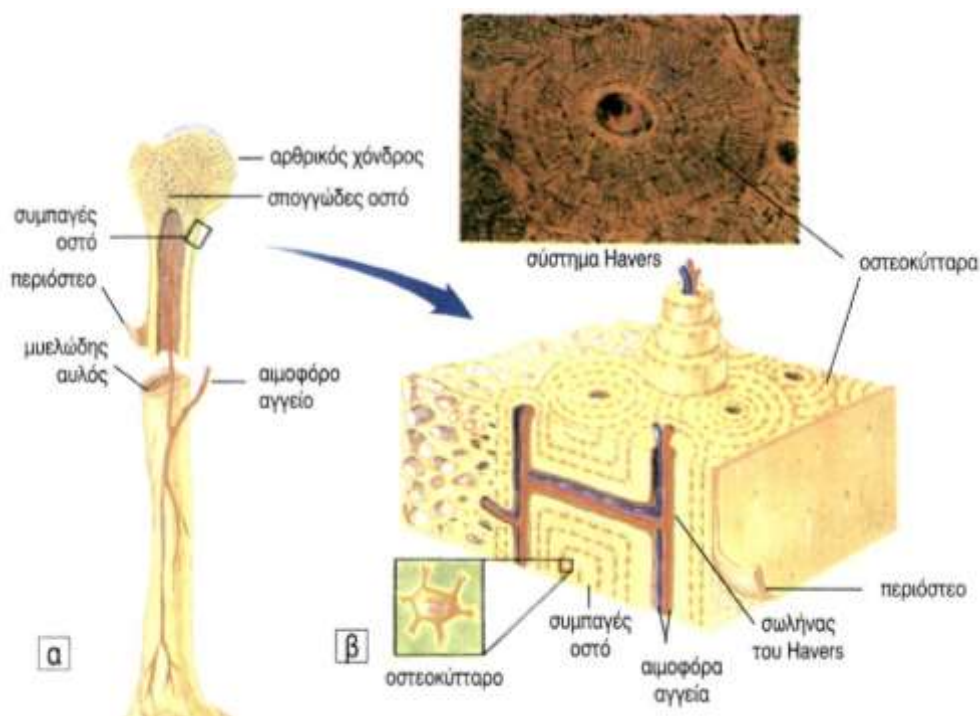
Ο οστίτης ιστός από βιοχημικής άποψης χαρακτηρίζεται ως η αποθήκη του οργανισμού σε ιόντα, των οποίων η διατήρηση σε σταθερά επίπεδα στο εξωκυττάριο υγρό είναι κρίσιμη τόσο για τη ρύθμιση της νευρομυϊκής διεγερσιμότητας, όσο και άλλων σημαντικών κυτταρικών λειτουργιών του οργανισμού. Πράγματι, περίπου το 99% του ασβεστίου (Ca), το 85% του φωσφόρου (P), το 40% του νατρίου (Na) και το 60% του μαγνησίου (Mg) του οργανισμού βρίσκονται αποθηκευμένα στα οστά. (Καφαντάρη, 2000).

1.2 ΔΟΜΗ ΟΣΤΟΥ

Τα οστά είναι δομές πολύ ανθεκτικές και πολύ ελαστικές. Περιβάλλονται εξωτερικά από ένα συνδετικογενή υμένα, το περίοστεο. Ακολουθεί η οστεΐνη αποτελούμενη εξωτερικά από το φλοιώδες ή συμπαγές τμήμα και μέσα στην οποία βρίσκεται το σπογγώδες τμήμα. Μέσα στο σπογγώδες τμήμα του οστού βρίσκεται ο μυελός των οστών. Στο μυελό των οστών παράγονται κύτταρα που σχηματίζουν το οστό, οστεοβλάστες, οστεοκύτταρα και οστεοκλάστες καθώς και κυτταρικά στοιχεία του αίματος και της λέμφου.

Μέσα στα οστά εμφανίζονται επίσης τα νεύρα και τα αγγεία. Η οστεΐνη περιέχει όλα τα στοιχεία του οστίτη ιστού, όπως τα οστέινα πετάλια, τις οστικές κοιλότητες και σωληνάκια, τα οστικά κύτταρα, τους σωλήνες Havers και Volkmann καθώς και τις διατιρώσες ίνες. Το αλληλοσυνδεδεμένο πυκνό δίκτυο των σωλήνων Havers και

Volkmann, διατρέχει όλο το οστό. Αν και το φλοιώδες και σπογγώδες τμήμα είναι ίδια από ιστολογική άποψη, τα στοιχεία του οστίτη ιστού είναι διαφορετικά διατεταγμένα σε αυτά. Το φλοιώδες οστό που αποτελεί το 80% του σκελετού είναι σκληρό και συμπαγές και συνιστά το εξωτερικό τμήμα των περισσότερων οστών καθώς και του σωληνοειδούς άξονα των επιμηκών οστών. Το υπόλοιπο 20% του σκελετού συνίσταται από το σπογγώδες οστό το οποίο συναντάται στην σπονδυλική στήλη καθώς και στο τέλος των επιμηκών οστών. (Καφαντάρη, 2000). (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Δομή ενός μακρού οστού

Πηγή: http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2666/Biologia_A-Lykeiou_html-empl/index7.html

1.3 ΚΥΤΤΑΡΑ ΟΣΤΟΥ

Τα οστά αποτελούν έναν ιστό που έχει παράλληλα αυξημένη ικανότητα ανάπλασης και επιδιόρθωσης. Ο οστίτης ιστός αποτελείται από τα οστικά κύτταρα και τη μεσοκυττάρια ουσία που τα περιβάλλει. Οι βασικοί τύποι των οστικών κυττάρων είναι οι

οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα και οι οστεοκλάστες . Σε όλη τη διάρκεια της ζωής, ποσότητες οστού απορροφούνται από τους οστεοκλάστες και επανασυντίθενται από τους οστεοβλάστες κατά τη διαδικασία της οστικής ανακατασκευής. Για το αποτέλεσμα αυτό τα οστικά κύτταρα δέχονται ερεθίσματα μηχανικά ή χημικά από το συστηματικό και τοπικό περιβάλλον. Η ισόρροπη σύνδεση της οστικής αποδόμησης με την οστική σύνθεση μέσω κυτταρικών μηχανισμών ονομάζεται σύζευξη και έχει σαν σκοπό την ομοιόσταση της οστικής μάζας(Παπακίτσου,2003).

Η ανθεκτικότητα των οστών καθορίζεται όχι μόνο από τα ανόργανα αλλά και από τα οργανικά συστατικά. Αν τα οργανικά συστατικά είναι ανεπαρκή χάνεται η ελαστικότητα των οστών. Τότε τα οστά δεν αντέχουν στις πιέσεις και γίνονται εύθρυπτα. (Platzer ,1985).

1.4 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΟΣΤΩΝ

Οι μηχανικές ιδιότητες του οστού ,καθορίζονται από τα δομικά συστατικά του τα οποία είναι κυρίως το κολλαγόνο και ο υδροξυαπατίτης. Λόγω του υδροξυαπατίτη το οστό συμπεριφέρεται ως κεραμικό υλικό. Είναι πιο ανθεκτικό και δυνατό σε δύναμη συμπίεσης απ' ότι σε εφελκυσμό και έχει εύθραυστη συμπεριφορά.

Από μηχανικής άποψης είναι ανισότροπο υλικό δηλαδή έχει διαφορετικές ιδιότητες σε διαφορετικές διευθύνσεις. Έχει χαρακτηριστικά των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών. Εμβιομηχανικές μέθοδοι των οστών είναι η δοκιμασία θλίψης και εφελκυσμού, η δοκιμασία στρέψης και η δοκιμασία κάμψης.

Το πόσο ανθεκτικό είναι ένα οστό δεν αντιπροσωπεύεται από μια τιμή .Π. χ . η αντοχή σε συμπίεση σε επιμήκη κατεύθυνση μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την αντοχή σε εφελκυσμό.

Οι υλικές ιδιότητες του οστού είναι διαφορετικές σε διαφορετικές κατευθύνσεις και εξαρτώνται από το ρυθμό φόρτισης ή με το πόσο γρήγορα υπόκειται το οστό σε φόρτιση. Δηλαδή οι υλικές ιδιότητές του εξαρτώνται από τη γλοιοελαστικότητά του.(Σταθόπουλος ,2012).

Η αντοχή εφελκυσμού είναι η μέγιστη ποσότητα φόρτισης ή δύναμης που μπορεί να ανεχθεί μια δομή πριν υποστεί ρήξη ή κάταγμα. Ένας υγιής ιστός μπορεί να ανεχθεί μεγάλες ποσότητες εφελκυστικής δύναμης. Μόλις όμως τραυματιστεί ,η αντοχή εφελκυσμού του συγκεκριμένου ιστού σπάνια επανέρχεται στο 100% του πρότερου

επιπέδου. Η αντοχή του οστού αποτελεί την εξαίρεση στον κανόνα της μη ανάκτησης της φυσιολογικής αντοχής. Η αντοχή του ιστού επανέρχεται στο 83% της φυσιολογικής 12 εβδομάδες μετά την κάκωση και στο φυσιολογικό επίπεδο, μήνες ως έτη μετά τη κάκωση.(Houglum , 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΚΑΤΑΓΜΑ

Κάταγμα ονομάζεται η τέλεια ή ατελής λύση της συνέχειας του οστού. Συνήθως, τα κατάγματα συμβαίνουν, όταν η άσκηση δύναμης στο οστό, υπερβαίνει τα όρια της αντοχής του.(Φραγκάκη ,2018). Εικόνα 2.

Η βία είναι το συχνότερο αίτιο. Στην περίπτωση που ασκείται άμεση βία, το κάταγμα θα είναι το αποτέλεσμα της πρόσκρουσης επί του οστού ενός αντικειμένου που βρίσκεται σε κίνηση ή πέφτει από κάποιο ύψος. Σε άλλες περιπτώσεις προκύπτει όταν το οστό προσκρούσει βίαια σε σταθερή επιφάνεια (άμεσα κατάγματα). Όταν υπάρξει άσκηση έμμεσης βίας, το κάταγμα παρουσιάζεται ως αποτέλεσμα της εφαρμογής δύναμης στρέψης ή κάμψης, συμπίεσης ή απόσπασης πάνω στο οστό. Τότε, η λύση της συνέχειάς του παρουσιάζεται σε κάποια απόσταση από το σημείο εφαρμογής της δύναμης. (έμμεσα κατάγματα). (Φραγκάκη ,2018).



Εικόνα 2 .Σε ακτινογραφία του βραχίονα διακρίνονται μετατοπισμένα κλειστά κατάγματα των οστών.

Πηγή:<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%AC%CF%84%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%B1>

2.2 ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ

Έτσι λοιπόν τα κατάγματα οφείλονται στην επενέργεια μηχανικών δυνάμεων αλλά μπορεί να είναι αποτέλεσμα άλλων δευτερευόντων αιτιών. Διακρίνουμε κατάγματα από κόπωση και κατάγματα οφειλόμενα σε παθολογικά αίτια. Η επαναλαμβανόμενη άσκηση τάσης με μεγάλη συχνότητα σε ένα οστό ,έχει ως αποτέλεσμα τη λύση της συνέχειάς του. Αυτός ο μηχανισμός σχετίζεται με την κόπωση των μετάλλων, τα οποία θραύονται μετά το συνεχές λύγισμα πέραν των ορίων ελαστικότητας τους. Παθολογικά κατάγματα θεωρούνται εκείνα , που εμφανίζονται σε οστό μη φυσιολογικό. Εάν υπάρχει παθολογική οστική νόσος , η αντοχή του οστού ελαττώνεται και η δύναμη που απαιτείται, για να προκληθεί το κάταγμα, μειώνεται ή ελαχιστοποιείται. Παθολογικά κατάγματα μπορεί να εμφανιστούν στην περιοχή ενός πρωτοπαθούς όγκου των οστών. Ο όγκος αυτός μπορεί να είναι κακοήθης, όπως το οστεοσάρκωμα ή το πολλαπλούν μυέλωμα . Ή μπορεί να είναι και καλοήθης όπως, ο γιγαντοκυτταρικός όγκος, η κύστη του οστού κλπ. Επίσης , τα παθολογικά κατάγματα μπορεί να οφείλονται σε οστική μετάσταση από πρωτοπαθές νεόπλασμα, συνήθως του προστάτη, του μαστού και του πνεύμονα. Ακόμα , η γεροντική ηλικία ή παθολογικές καταστάσεις που προκαλούν οστεοπόρωση και διαταράσσουν το φυσιολογικό μεταβολισμό του οστού, συχνά προκαλούν παθολογικά κατάγματα.(Αλειφερόπουλος ,2003)

2.3 ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ

Τα κατάγματα διακρίνονται σε απλά ή κλειστά και σε επιπλεγμένα ή ανοικτά ανάλογα τη κλινική τους εικόνα. Απλά ή κλειστά ονομάζονται εκείνα τα κατάγματα στα οποία δεν παρατηρείται λύση της συνέχειας του δέρματος, ενώ επιπλεγμένα ή ανοικτά ονομάζονται εκείνα στα οποία υπάρχει ταυτόχρονα η διαταραχή της συνέχειας του δέρματος και επικοινωνία του οστού με το εξωτερικό περιβάλλον.(Αλειφερόπουλος ,2003)

Ακόμα , με κριτήριο τις πληροφορίες από τις απεικονιστικές μεθόδους, τα κατάγματα διακρίνονται σε τέλεια, ατελή και συντριπτικά. Τα τέλεια κατάγματα προκαλούνται στο σώμα (διάφυση) ή στα ακραία τμήματα (επίφυση) του οστού και χαρακτηρίζονται από την πλήρη λύση της συνέχειας του οστού και το διαχωρισμό του σε δύο τουλάχιστον

τμήματα. Όσον αφορά τα κατάγματα στη διάφυση ,διακρίνονται σε εγκάρσια, λοξά και σπειροειδή, ενώ τα κατάγματα της επίφυσης διακρίνονται σε ενδαρθρικά και παραρθρικά.

Συμπιεστικά ονομάζονται τα κατάγματα που αφορούν σε οστά σπογγώδους σύστασης, τα οποία συμπιέζονται πέραν των ορίων αντοχής τους.

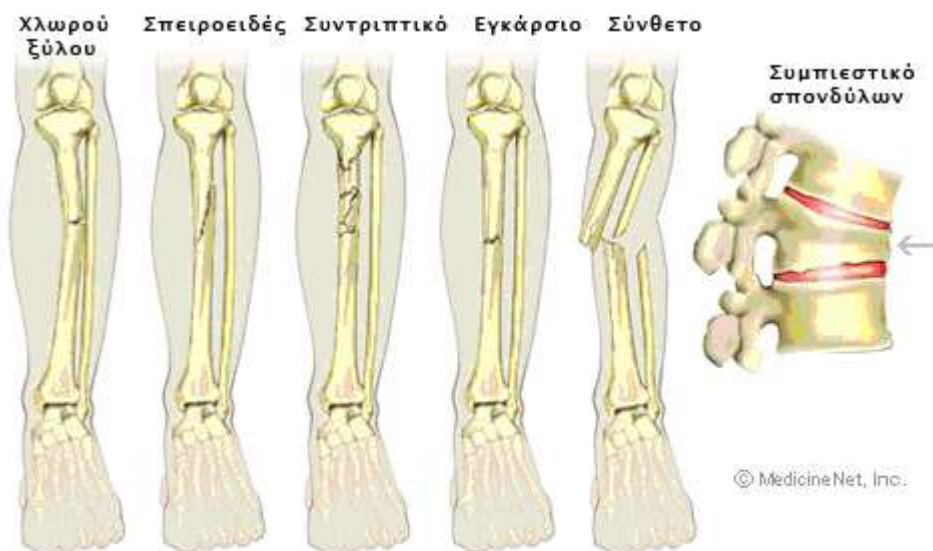
Αποσπαστικά κατάγματα προκαλούνται, όταν μετά από ξαφνική σύσπαση ενός μυ ,αποκολλείται το τμήμα του οστού όπου καταφύεται.

Εμπιεστικά κατάγματα, εμφανίζονται, όταν ένα σαφώς εντοπισμένο χτύπημα επί φλοιώδους οστού προκαλέσει την τοπική υποχώρησή του, σε σχέση με το επίπεδο του περιβάλλοντος οστού.

Ενσφηνωμένα κατάγματα εμφανίζονται όταν ασκείται ισχυρότατη βία και χαρακτηρίζονται από την ενσφήνωση του ενός τμήματος του οστού εντός του άλλου.

Διπολικά κατάγματα ονομάζονται εκείνα στα οποία το οστό έχει υποστεί κάταγμα σε δύο διαφορετικά επίπεδα.

Συντριπτικά κατάγματα χαρακτηρίζονται αυτά, στα οποία υπάρχουν περισσότερα από δύο οστικά τεμάχια. (Εικόνα 3.) (Αλειφερόπουλος ,2003)



Συνήθη κατάγματα των οστών

Εικόνα 3. Τύποι καταγμάτων.

Πηγή: http://users.sch.gr/lenaarva/files/oi_info/oi_fractures_typesI.htm

2.4 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ

Μετά από την κλινική εξέταση της περιοχής που είναι ύποπτη για κάταγμα, η μέθοδος επιλογής για την ταχύτερη ανίχνευση των καταγμάτων των οστών, είναι η κλασσική ακτινογραφία παρόλο που πλέον υπάρχει ανάπτυξη της ακτινολογικής απεικόνισης με την προσθήκη νεότερων τεχνικών απεικόνισης (υπολογιστική τομογραφία, μαγνητική τομογραφία).(Δ. Αλειφερόπουλος ,2003)

Η πιθανότητα ύπαρξης κατάγματος , ενισχύεται από σημεία και συμπτώματα όπως ο πόνος ,η απώλεια λειτουργικότητας, η παραμόρφωση λόγω δημιουργίας αιματώματος ή μυϊκής σύσπασης ή της στάσης του ασθενή που μερικές φορές είναι χαρακτηριστική. Επίσης η παράδοξη κινητικότητα και ο κριγμός αποτελούν σημαντικά κλινικά σημεία για τη διάγνωση του κατάγματος.

Η θεραπεία τους μπορεί να είναι συντηρητική η οποία περιλαμβάνει την ανάταξη και την τοποθέτηση γύψινου επιδέσμου ή να είναι χειρουργική με εφαρμογή εσωτερικής ή εξωτερικής οστεοσύνθεσης.(Λαζαρέτος ,2018)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΠΩΡΩΣΗ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ

Όταν στον ιστό υπάρξει τραυματισμός, ξεκινάει η διαδικασία επούλωσης, η οποία ολοκληρώνεται με τη δημιουργία ουλής. Στην περίπτωση που υφίσταται κάταγμα, η διαδικασία της επιδιόρθωσης δεν οδηγεί στο σχηματισμό ουλής, αλλά στο σχηματισμό οστίτη ιστού. Η διαδικασία αυτή ορίζεται ως πώρωση του κατάγματος (Bailey & Michalski, 1992).

Κατά τη πώρωση διενεργείται ,αλληλουχία βιολογικών διεργασιών που μέσω των κυττάρων συνθέτουν και απελευθερώνουν διάφορους τύπους κολλαγόνου και αυξητικούς παράγοντες. Στη διαδικασία αυτή που πραγματοποιείται επισκευή στο οστό, δημιουργούνται ενδιάμεσοι ιστοί όπως ο ινώδης ιστός , ο χόνδρινος ιστός και το άωρο πρωτογενές οστό πριν τη τελική φάση του σχηματισμού οστού. Αυτοί οι ενδιάμεσοι ιστοί, θεωρούνται απαραίτητοι για την αποκατάσταση της μηχανικής σταθερότητας στο σημείο του κατάγματος.(Einhorn ,1998) (Εικόνες 4,5)



Εικόνα 4. Επούλωση οστού -πώρος.

Πηγή:<https://www.slideshare.net/vmshashi/pathology-of-trauma>



Εικόνα 5. Επούλωση οστού -πώρος.

Πηγή: <https://www.slideshare.net/vmshashi/pathology-of-trauma>

3.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΠΩΡΩΣΗ

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της πώρωσης. Οι τοπικοί παράγοντες , όπως η συντριπτικότητα του κατάγματος ,η παρεκτόπιση και η κατάσταση των μαλακών μορίων γύρω από αυτό. (Masud et al, 2001).

Η ανεπαρκής ανάταξη, η πλημμελής σταθεροποίηση όπως και η παρέμβαση μαλακών ιστών (μύες, τένοντες, νεύρα, περιτονίες, περιόστεο) μεταξύ των άκρων του κατάγματος είναι παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά και ενδέχεται να οδηγήσουν σε καθυστερημένη πώρωση και σε ψευδάρθρωση. (Raisbeck ,2003), (Robbins et al 2001).

Στους γενικούς παράγοντες που επιδρούν στην πώρωση είναι η ηλικία. Στα παιδιά τα κατάγματα πωρώνονται γρήγορα και όσο πιο μεγάλο είναι το παιδί η επιδιορθωτική ικανότητα του οργανισμού μοιάζει με αυτή του ενηλίκου. (Summers, 2005).

Θετική είναι η επιρροή στη πώρωση από τη διατροφική πρόσληψη πρωτεϊνών και ασβεστίου. Επομένως το χρονικό διάστημα που το οστό επιδιορθώνεται θα πρέπει να υφίσταται και η κατάλληλη διατροφική υποστήριξη. Ενώ στη περίπτωση ύπαρξης διαφόρων μεταβολικών διαταραχών όπως η οστεοπόρωση ,η διαδικασία της πώρωσης επηρεάζεται αρνητικά (Gradl et al., 2005). Ειδικότερα και ο υποθυρεοειδισμός, λειτουργεί ανασταλτικά στην ενδοχόνδρινη οστεογένεση και επηρεάζει αρνητικά τη πώρωση. (Howard et al ,1989). Επίσης τα κορτικοστεροειδή επηρεάζουν αρνητικά τη

πώρωση όπως και νοσήματα σαν τον διαβήτη , τη ραχίτιδα και την υπερβιταμίνωση (Kojimoto et al , 1988).

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΩΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΓΜΑΤΟΣ

Η διαδικασία της πώρωσης του κατάγματος διανύει έξι φάσεις (Bailey & Michalski, 1992)

1. Η φάση της πρόσκρουσης γίνεται από τη στιγμή που ασκείται βία στο οστό, μέχρι τη πλήρη απορρόφηση της ενέργειας και τη πρόκληση της βλάβης (Bailey & Michalski, 1992).

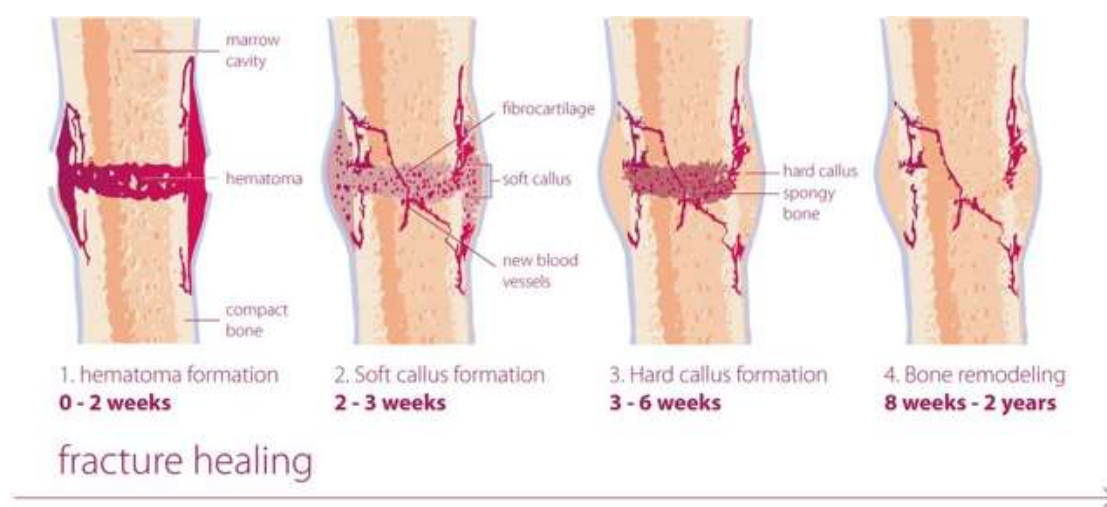
2. Η φάση της επαγωγής εκδηλώνεται από τη δημιουργία του αιματώματος του κατάγματος. Εδώ παρέχονται οι διαδικασίες της μετατροπίας και της επαγωγής που είναι απαραίτητες (Bailey & Michalski, 1992). Αυτό επιφέρει κυτταρικό θάνατο και την ελευθέρωση διάφορων ουσιών στο περιβάλλον του κατάγματος. Το αιμάτωμα φέρει χαμηλή τάση οξυγόνου, χαμηλό pH, περιλαμβάνει κινίνες, προσταγλανδίνες, και μη κολλαγονικές πρωτεΐνες οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πώρωση του κατάγματος. Η διάρκεια της επαγωγής είναι βραχεία και παύει, όταν τα φλεγμονώδη κύτταρα αρχίζουν να εμφανίζονται στο κέντρο του κατάγματος (Bailey & Michalski, 1992).

3. Η φάση της φλεγμονής ξεκινάει μέσα σε 48 ώρες από τη πρόσκρουση και έχει διάρκεια έως την εμφάνιση χόνδρου και οστού. Κλινικά παρουσιάζεται η ανάπτυξη οιδήματος (κοινώς πρήξιμο) και άλγους (πόνου) όπου παύουν, όταν τα συμπτώματα εξασθενούν. Στο κέντρο του κατάγματος φθάνουν κύτταρα : πολυμορφοπύρηνα, ουδετερόφιλα, μακροφάγα, μαστοκύτταρα καθώς και οστεοκλάστες που ξεκινούν την αποσύνθεση του νεκρού οστού (Bailey & Michalski, 1992). Στη συνέχεια παρουσιάζονται ινοβλάστες, και εισδύοντα τριχοειδή. Οπότε, το αιμάτωμα αντικαθίσταται ταχέως από κοκκιώδη ιστό που απαρτίζεται από φλεγμονώδη κύτταρα, ινοβλάστες και εισδύοντα τριχοειδή (Bailey & Michalski, 1992).

4. Στη φάση του μαλακού πώρου το κενό ανάμεσα στα κατάγματα άκρα καλύπτεται με αυξημένη αγγείωση. Η παραγωγή νέου οστού γίνεται κοντά στο κενό και μέσα σε αυτό παρουσιάζονται οι χονδροβλάστες, οι οποίοι μεταλλάσσουν με χόνδρο ένα μέρος του ινοαγγειακού ιστού. Κλινικά παρουσιάζεται μείωση του άλγους και του οιδήματος και η κίνηση στο κέντρο του κατάγματος παύει να υπάρχει (Bailey & Michalski, 1992).

5. Στη φάση του σκληρού πώρου ο ινο - χόνδρινος πώρος μεταβάλλεται με τον ενδομεμβρανώδη και με την ενδοχόνδρινη οστεογένεση, σε πρωτογενή σπογγώδη οστίτη ιστό ή σε ανώριμο οστού. Πλέον το κάταγμα θεωρείται παρωμένο (Bailey & Michalski, 1992).

6. Η τελευταία φάση της πώρωσης είναι η φάση της ανακατασκευής. Ο ανώριμος πιά οστίτης ιστός, θα μεταβληθεί σε πεταλιώδη οστίτη ιστό, ο μυελικός αυλός θα ξανανοίξει και η διάμετρος του οστού θα γίνει φυσιολογική. Η διαδικασία αυτή δύναται να κρατήσει μερικούς μήνες ή και χρόνια. Έτσι γίνεται η αποκατάσταση της φυσιολογικής αντοχής το οστού που υπέστη το κάταγμα (Bailey & Michalski J, 1992) (Εικόνα 5).



Εικόνα 5 .Φάσεις πώρωσης.

Πηγή: <https://www.tobig.eu/bone-101/fracture-healing/>

3.4 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΠΩΡΩΣΗ

Ιστολογικά, η πώρωση έχει διαιρεθεί σε πρωτογενής και δευτερογενής.

Η πρωτογενής πώρωση επιτυγχάνεται μετά από συμπιεστική οστεοσύνθεση με πλάκα και βίδες, όταν δηλαδή η ανάταξη είναι ιδανική και σταθερή. Τότε η ένωση επιτυγχάνεται με τον απευθείας σχηματισμό οστίτη ιστού από φλοιό σε φλοιό. Οι οστεοκλάστες προετοιμάζουν τη περιοχή για να συνεχίσουν αγγεία και οστεοβλάστες, οι οποίοι κάνουν αμέσως οστίτη ιστό. Ακτινολογικά δε διακρίνεται πώρος εξωτερικά και η γραμμή του κατάγματος βαθμιαία εξαφανίζεται. (Karantana et al ,2006). Η

δημιουργία εξωτερικού πόρου που πραγματοποιείται μετά από ένα κατάγμα, όταν ανάμεσα στα καταγματικά τμήματα υπάρχει ένα μικρό κενό ή μερική επαφή ή μικρή εφίπτευση καλείται δευτερογενής πόρωση (Karantana et al 2006).

3.5 ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ ΣΤΗ ΠΩΡΩΣΗ

Κατά τη διεργασία δημιουργίας πόρου ,μπορεί να υπάρξουν επιπλοκές. Αν υπάρξει παράταση του χρόνου της πόρωσης πέραν του αναμενόμενου αλλά ο οργανισμός συνεχίζει τις διεργασίες , τότε υπάρχει καθυστερημένη πόρωση. Αίτια γι' αυτό το φαινόμενο μπορεί να είναι η ανεπαρκής αιματική παροχή ,η ανεπαρκής ακινητοποίηση ή κάποια φλεγμονή.

Επίσης μπορεί να δημιουργηθεί ψευδάρθρωση .Μπορεί να εμφανιστεί μετά από καθυστερημένη πόρωση .Στην εστία του κατάγματος υπάρχει κινητικότητα , χωρίς παρουσία άλγους. Διακρίνεται σε υπερτροφική όταν υπάρχει παρουσία πόρου και ατροφική όταν απουσιάζει ο πόρος.

Ακόμα όταν τα άκρα του κατάγματος πορώνονται σε μη αποδεκτή γωνίωση ,στροφή ή βράχυνση τότε υπάρχει πόρωση σε πλημμελή θέση. Οφείλεται σε κακή ανάταξη και συνήθως παρατηρείται παραμόρφωση.(Λαζαρέτος ,2018)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

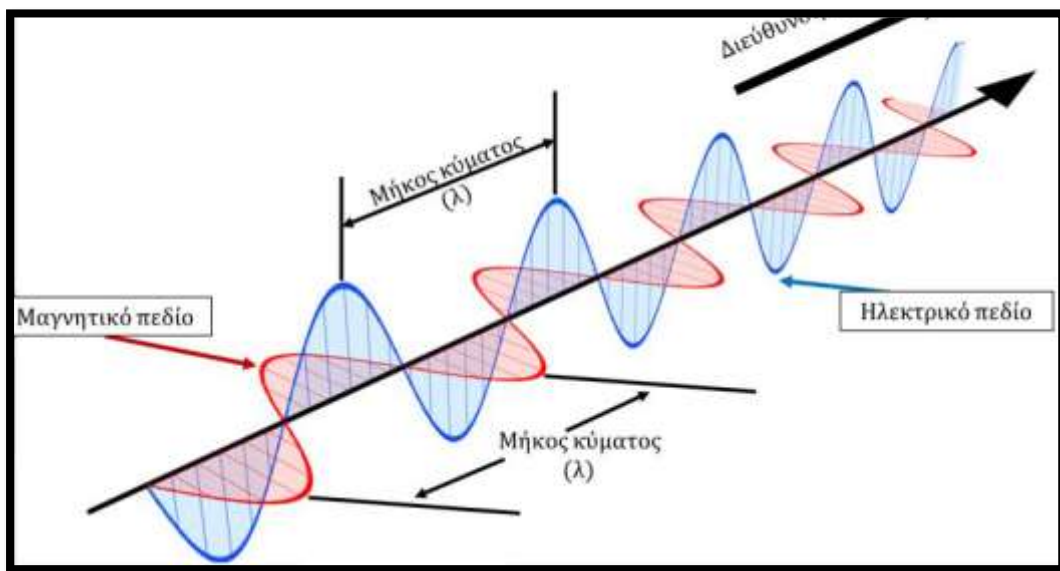
4.1. ΟΡΙΣΜΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ, ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος που περιβάλλει ένα ηλεκτρικό φορτίο και μέσα σε αυτόν ασκούνται δυνάμεις σε άλλα ηλεκτρικά φορτισμένα αντικείμενα. Όσο μεγαλώνει η τάση τόσο ισχυρότερο είναι το πεδίο που δημιουργείται καθώς τα ηλεκτρικά πεδία δημιουργούνται από διαφορά της τάσης.

Μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ροή του ρεύματος, τόσο υψηλότερη είναι και η ένταση του μαγνητικού πεδίου, καθώς δημιουργούνται μαγνητικά πεδία, όταν υπάρχει ροή ηλεκτρικού ρεύματος.(Αδαμοπούλου,2016)

Η Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι το μέγεθος το οποίο μας δείχνει πόσο ισχυρό είναι το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα σημείο και συμβολίζεται με E . Για το μαγνητικό πεδίο που περιγράφεται από την έντασή του, χρησιμοποιούμε τον συμβολισμό H και η μαγνητική επαγωγή συμβολίζεται με B . Όταν το πεδίο αλλάζει μέτρο και φορά τότε το ονομάζουμε μεταβαλλόμενο ή εναλλασσόμενο, εάν όμως η ένταση του πεδίου παραμένει σταθερή στον χρόνο, το πεδίο ονομάζεται στατικό (Αδαμοπούλου,2016).

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι η ταυτόχρονη διάδοση ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός $c=3 \cdot 10^8$ m/s. Σε όλα τα υλικά διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα (ΗΜ) είναι ένα σύνθετο κύμα που αποτελείται από δύο εγκάρσια κύματα (ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό) κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος τα οποία βρίσκονται σε συμφωνία φάσης και διαδίδονται με την ίδια ταχύτητα (τη ταχύτητα του φωτός). Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δε χρειάζεται μέσο διάδοσης (Μουστάκας ,Σταθόπουλος ,2019)(Εικόνα 6.).



Εικόνα 6 .Ηλεκτρομαγνητικά κύματα .

Πηγή:<https://www.eef.edu.gr/media/4672/fos-kyma-i-somatidio-eisagogi-se-basikes-ennoies-tis-kbantikis-fysikis.pdf>

4.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Ταξιδεύουν στο κενό ή σε ομογενές μέσο ευθύγραμμα με την ταχύτητα του φωτός. Η ταχύτητα τους στο κενό είναι 3×10^8 m/s, ενώ μέσα στα διάφορα υλικά η ταχύτητα τους είναι μικρότερη από την ταχύτητα αυτή. Ακόμα ανακλώνται στις επιφάνειες διαφόρων υλικών που είναι ηλεκτρικοί αγωγοί π. χ μέταλλα και διαθλώνται σε διάφορα υλικά, με τους ίδιους νόμους που ανακλάται το φως από τους συνηθισμένους καθρέφτες και διαθλάται σε διάφορα διαφανή υλικά. Τα μεταλλικά πιάτα των δορυφορικών κεραιών λειτουργούν όπως οι καθρέφτες για το φως και αντανακλούν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Είναι εγκάρσια κύματα (Κοκκίνη,2008).

Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών: η ιοντίζουσα και η μη ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Ιοντίζουσα χαρακτηρίζεται η ακτινοβολία η οποία έχει μικρό μήκος κύματος, συχνότητα μεγαλύτερη από το ορατό φως και μεταφέρει ενέργεια υψηλότερη από 10eV. Αυτή μπορεί εύκολα να εισχωρεί στην ύλη και να διασπάει βίαια χημικούς δεσμούς προκαλώντας έτσι σοβαρές βλάβες στα κύτταρα των ζωντανών οργανισμών. Τέτοιου είδους ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες είναι οι X (χρησιμοποιούνται στις

ακτινογραφίες, στον αξονικό τομογράφο και αλλού) οι γ ακτινοβολίες, η κοσμική ακτινοβολία και η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία. Όταν κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού εκτίθενται σε αυτήν, προκαλεί ιοντισμό του DNA. Ο ιοντισμός είναι επικίνδυνος, οδηγεί σε αλλοιώσεις του γενετικού κώδικα και είναι αιτία καρκίνου.

Μη ιοντίζουσα ακτινοβολία χαρακτηρίζεται η ακτινοβολία που μεταφέρει σχετικά μικρή ποσότητα ενέργειας, η οποία είναι ανίκανη κατά την άλλη επίδραση να προκαλέσει άμεσα ιοντισμό, αλλά μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές επιδράσεις στα κύτταρα. Κάποιες φορές οι επιδράσεις είναι ευεργετικές και άλλες βλαβερές για τη λειτουργία τους. Τέτοιου είδους ακτινοβολίες είναι η ορατή ακτινοβολία, η υπέρυθρη, η υπεριώδης, τα μικροκύματα, τα ραδιοκύματα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπουν οι ηλεκτρικές συσκευές, οι ακτίνες laser και άλλες. Η κυριότερη βιολογική της επίδραση, είναι η αύξηση της θερμότητας των ιστών (μικροκύματα) οι οποίοι υποβάλλονται σε αυτή κάτω από ορισμένες συνθήκες (Κοκκίνη,2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

Τα μαγνητικά πεδία αποτελούνται από τις περιοχές ενέργειας που παράγονται από το μόνιμο μαγνήτη και δημιουργούνται από την κίνηση των ηλεκτρονίων στο άτομο του μαγνητικού υλικού όπως ο σίδηρος ή το νικέλιο. Αυτά τα πεδία παραμένουν σταθερά και δεν είναι παλμικά στην φύση, όπως με τον ηλεκτρομαγνητισμό, ο οποίος συνδυάζει συνεχώς κινούμενα ή παλμικά ηλεκτρικά ρεύματα με μαγνητισμό.

Η κατεύθυνση στην οποία τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται στο άτομο καθορίζει την πολικότητα ή το φορτίο του μαγνήτη και αναφέρεται ως “θετικό” η “αρνητικό” και ως “βόρειο” ή “νότιο”. Όταν τα ηλεκτρόνια στρέφονται προς τα δεξιά δημιουργείται μία βόρεια πολικότητα και μία αρνητική φόρτιση ενώ όταν στρέφονται προς τα αριστερά δημιουργείται μία νότια πολικότητα και μία θετική φόρτιση (Ratterman et al,2002).

Όλοι οι μαγνήτες αποτελούνται από δύο πόλους στους οποίους οι ομόσημοι πόλοι αποκλίνουν ο ένας τον άλλον ενώ οι ετερόσημοι πόλοι προσελκύουν. Οι πόλοι αυτοί πιστεύεται ότι έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στο ανθρώπινο σώμα.

Ο βόρειος πόλος θεωρείται ότι έχει αρνητική μαγνητική ενέργεια και πιστεύεται ότι ομαλοποιεί και ηρεμεί το σώμα. Ορισμένες από τις πολλές ενέργειες που έχει η βόρεια πολικότητα περιλαμβάνουν την μείωση της κατακράτησης υγρών, την αύξηση του οξυγόνου των κυττάρων, τη μείωση της φλεγμονής και την εξισορρόπηση των οξέων.

Ο νότιος πόλος, ο οποίος αποτελείται από θετική μαγνητική ενέργεια, πιστώνεται για την πρόκληση αντιδράσεων υπερδιέγερσης. Οι επιδράσεις της νότιας πολικότητας στο σώμα θεωρείται ότι αντιτίθενται σε αυτές της βόρειας, όπως η αύξηση του ενδοκυττάριου οιδήματος, η μείωση του οξυγόνου των κυττάρων, η αύξηση της φλεγμονής και η αύξηση της οξύτητας στα επίπεδα του pH (Ratterman et al,2002).

Η δύναμη ενός μαγνήτη μετριέται σε μονάδες που αναφέρονται ως Gauss το οποίο αντιπροσωπεύει “τον αριθμό γραμμών μαγνητικής δύναμης που διέρχεται από μία περιοχή ενός τετραγωνικού εκατοστού”. Η επιφάνεια της γης διαθέτει μαγνητικό πεδίο περίπου 0.5 Gauss, ενώ ένας μαγνήτης ψυγείου συνήθως διαθέτει από 35-200 Gauss. Οι μαγνήτες που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία του πόνου έχουν εύρος από 300-5000 Gauss. οι μαγνητικοί τομογράφοι χρησιμοποιούν παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία φτάνουν έως τα 200000 Gauss (Ratterman et al,2002).

5.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Μαγνητικό πεδίο χαρακτηρίζεται ο χώρος, μέσα στον οποίο, αν φέρουμε μαγνητικά στοιχεία, ασκούνται δυνάμεις πάνω σε κινούμενα ηλεκτρικά φορτία (ιόντα). Από την αρχαιότητα, ιδιαίτερα στην αιγυπτιακή ιατρική, ήταν γνωστές οι θεραπευτικές ιδιότητες του φυσικού μαγνήτη (Fe_3O_4), όπως και ο όρος “μαγνητισμός”. Γύρω στο 200 μ.Χ., οι Έλληνες θεραπευτές χρησιμοποιούσαν το ήλεκτρο για να σταματούν τις αιμορραγίες και, όπως επαναλήφθηκε και στο πρόσφατο παρελθόν, μαγνητικά βραχιόλια για την ανακούφιση της αρθρίτιδας (Mourino, 1992).

Το 1843 ο Eydam έκανε τις πρώτες προσπάθειες θεραπευτικής εφαρμογής των μαγνητικών πεδίων στο ανθρώπινο σώμα (Macklis, 1993). Ο James Clerk Maxwell (1831-1879) το 1872 δημοσίευσε το βιβλίο του “ A Treatise on Electricity and Magnetism” στο οποίο παρουσίασε τις ονομαζόμενες έκτοτε ‘Εξισώσεις Maxwell’ (Φραγκοράπτης, 1994). Στην εργασία αυτή του Maxwell μεταξύ άλλων : συνενώνονται όλες οι γνώσεις της εποχής περί ηλεκτρομαγνητισμού, που στηρίζονται σε πειραματισμούς και γνώσεων από εμπειρίες 150 χρόνων, σε μια ομάδα απλών εξισώσεων .Ακόμα θεμελιώνεται θεωρητικά για πρώτη φορά η ύπαρξη του φυσικού φαινομένου που σήμερα ονομάζουμε ηλεκτρομαγνητικά κύματα, και διατυπώνεται η θεωρία ότι κάθε ροή ρεύματος προκαλεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τον αγωγό, από τον οποίο ρέει το ηλεκτρικό ρεύμα.

Για την οστεογένεση στοχευμένα , και την επίδραση των μαγνητικών πεδίων σε αυτά άρχισαν να γίνονται πειράματα την δεκαετία του 50. Ο φυσικός W. Krauss, σε συνεργασία με τον ορθοπεδικό χειρουργό F. Lechner, εφάρμοσαν πρώτοι μια μέθοδο ηλεκτρικής διέγερσης του οστού με την εμφύτευση μικρού πηνίου στα μεταλλικά υλικά της οστεοσύνθεσης. Άλλη μελέτη αργότερα από τους Krauss και Basset, υποστηρίζει ότι τα μαγνητικά πεδία με χαμηλή συχνότητα έχουν άμεση επίδραση στους βιολογικούς ιστούς και προσπάθησαν να το εφαρμόσουν για την ταχύτερη αποκατάσταση των ρωγμωδών καταγμάτων, συντηρητικά.

Η ανάπτυξη της θεραπείας με τη χρήση μαγνητών γενικότερα άρχισε στην Ιαπωνία αμέσως μετά το δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο με την εισαγωγή τόσο των μαγνητικών όσο και των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην κλινική πρακτική. Στην Ιαπωνία οι συσκευές εφαρμογής μαγνητικών πεδίων χρησιμοποιήθηκαν ευρέως , κυρίως μέσω των προσπαθειών του Kyochi Nakagawa (Markov,2015).

Κατά την περίοδο του 1960-1985 σχεδόν όλες οι Ευρωπαϊκές χώρες σχεδίασαν και δημιούργησαν τα δικά τους μαγνητοθεραπευτικά συστήματα, που χρησιμοποιούσαν διάφορα μαγνητικά συστήματα και μαγνητικά/ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Οι συσκευές αυτές συνεχώς εξελίσσονται.(Εικόνα 7και 8)



Εικόνα 7.Συσκευή μαγνητικών πεδίων.

Πηγή : <https://www.medicaexpo.com/prod/asa/product-67650-510917.html>



Εικόνα 8 : Φορητή συσκευή μαγνητικών πεδίων.

Πηγή : <https://www.medicaexpo.com/prod/asa/product-67650-510915.html>

Οι πρόσφατες και πιο διαδεδομένες συσκευές παλμικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (PEMF) χρησιμοποιούν μη επεμβατική επαγωγική σύζευξη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί με κάθε μέθοδο στερέωσης κατάγματος (Kooistra, et al, 2009).

Η διέγερση του παλμικού ηλεκτρομαγνητικού πεδίου έχει αποδειχθεί ότι έχει επίδραση στην επιδιόρθωση των οστών μέσω ενός αριθμού διαφορετικών μηχανισμών. Πρώτον, το PEMF έχει αποδειχθεί ότι διεγείρει την ασβεστοποίηση στο διάστημα μεταξύ των οστών τμημάτων. Δεύτερον, η αυξημένη παροχή αίματος που προκύπτει λόγω των επιδράσεων του PEMF στα ιοντικά κανάλια ασβεστίου έχει εμπλακεί ως πηγή βελτιωμένης επούλωσης των οστών. Τρίτον, το PEMF έχει προταθεί ότι έχει ανασταλτική επίδραση στην αναρροφητική φάση στην επιδιόρθωση του τραύματος, οδηγώντας στον αρχικό σχηματισμό των οστεοειδών και των κάλων (Darendeliler and Sinclair, 1997). Ακόμα το PEMF θεωρείται ότι έχει επίδραση στην επιδιόρθωση των οστών είναι μέσω της επιρροής του στην αύξηση του ρυθμού σχηματισμού οστών από οστεοβλάστες (Luben, 1991).

Φαίνεται ότι η εισαγωγή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στη θέση κατάγματος μπορεί να διεγείρει το οστό με τρόπο παρόμοιο με το μηχανικό φορτίο (Victoria et al, 2009). Ωστόσο, υπάρχει ακόμη συνεχής συζήτηση σχετικά με τον μηχανισμό δράσης του PEMF σε κυτταρικό και μοριακό επίπεδο. Επιπλέον, όταν οι οστεοβλάστες διεγείρονται από PEMF, εκκρίνουν διάφορους αυξητικούς παράγοντες (Assiotis et al, 2012)

5.3 ΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

Τα μαγνητικά πεδία εφαρμόζονται ως προς την επικουρική θεραπεία και συγκεκριμένα για τη θεραπεία μιας ποικιλίας μυοσκελετικών τραυματισμών. Υπάρχει μία μεγάλη ποσότητα βασικών επιστημών και κλινικών ενδείξεων ότι τα χρονικά μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία μπορούν να επηρεάζουν τις λειτουργίες των μορίων, των κυττάρων και των ιστών με φυσιολογικό και κλινικά σημαντικό τρόπο (Markov, 2015).

Στη θεραπεία με εφαρμογή μαγνητικών πεδίων βελτιώνονται σημαντικά οι κυτταρικές λειτουργίες μέσω της εκπομπής παλμικών κυμάτων. Σε νοσούντα ή κατεστραμμένα κύτταρα το δυναμικό ηρεμίας τους είναι μεταβλητό, έτσι η εφαρμογή παλμικών μαγνητικών πεδίων επηρεάζει τη κίνηση των ιόντων. Είναι γνωστό ότι η ανταλλαγή

ιόντων που συμβαίνει στην κυτταρική μεμβράνη είναι υπεύθυνη για την οξυγόνωση του κυττάρου (Markov,2015).

Η κυτταρική μεμβράνη είναι μία θέση αλληλεπίδρασης των χαμηλού επιπέδου μαγνητικών πεδίων, τα οποία επηρεάζουν τον ρυθμό δέσμευσης των ιόντων ασβεστίου. Οποιαδήποτε αλλαγή στο ηλεκτρικό μικροπεριβάλλον του κυττάρου μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη δομή της επιφανείας των ηλεκτροποιημένων περιοχών. Μεταβάλλουν τη συγκέντρωση ενός ειδικά δεσμευμένου ιόντος ή δίπολου, το οποίο μπορεί να συνοδεύεται από διαφοροποιήσεις στην διαμόρφωση των μοριακών στοιχείων (όπως λιπίδια, πρωτεΐνες και ένζυμα στη δομή της μεμβράνης) (Markov,2007).

Οι αλληλεπιδράσεις των ιόντων στις ηλεκτρικά φορτισμένες διασυνδέσεις ενός κυττάρου είναι ένα παράδειγμα μιας δυναμικής ή εξαρτώμενης τάσης διεργασίας, σημαντική για την κατανόηση της φύσης της μαγνητικής και της ηλεκτρομαγνητικής διέγερσης καθώς, κάθε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο αλληλεπιδρά με μία ηλεκτρικά φορτισμένη επιφάνεια ή μακρομόριο. Σε τραυματισμένους ιστούς οι κυτταρικές μεμβράνες καταστρέφονται ή τροποποιούνται. Τα μαγνητικά πεδία αλλάζουν τη δομή του διπλού ηλεκτρικού στρώματος γύρω από την κυτταρική μεμβράνη καθώς, και ξεκινούν την ανακατανομή των επιφανειακών ηλεκτρικών φορτίων στη μεμβράνη (Markov,2007).

Η κίνηση των ιόντων μέσα στο κύτταρο προκαλείται από το μαγνητικό πεδίο, που οδηγεί σε υπερπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης. Με αυτό τον τρόπο επιταχύνεται η διαδικασία του μεταβολισμού, και συγκεκριμένα διεγείρονται οι ενεργειακές διαδικασίες του οργανισμού αυξάνοντας την οξυγόνωση των κυττάρων. Τέτοιες αλλαγές ενεργοποιούν τις διαδικασίες του πολλαπλασιασμού ή της απόπτωσης. Το μαγνητικό πεδίο έχει ευεργετική επίδραση σε μηχανισμούς που δρουν αναγεννητικά στους ιστούς και ενεργοποιεί την ανοσοποιητική δραστηριότητα ολόκληρου του οργανισμού, αυξάνοντας επίσης τις ορμονικές και ενζυματικές αντιδράσεις (Zwolinska et al,2016).

5.4 ΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΘΗ ΧΡΗΣΗ

Τα μαγνητικά πεδία μπορούν να δράσουν στον οστίτη ιστό και στον συνδετικό ιστό. Ηλεκτρικά ρεύματα που προκαλούνται στον ιστό μπορεί να επηρεάσουν τις ιδιότητες των υλικών, προκαλώντας μηχανική παραμόρφωση, η οποία διεγείρει το σχηματισμό του τύλου παρεμποδίζοντας την επούλωση των οστών. Η εφαρμογή του για θεραπευτικούς σκοπούς βασίζεται σε μελέτες που επιβεβαίωσαν την αντι-φλεγμονώδη, αποιδηματική, αγγειοδιασταλτική και αγγειογόνο δράση του. Η μαγνητοθεραπεία έχει επίσης αναλγητικά αποτελέσματα, επιδρά στην τάση των μυών και διεγείρει την αναγέννηση των ιστών. (Zwolinska, et al,2016).

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες για την αξιολόγηση των επιδράσεων των στατικών μαγνητικών πεδίων σε διαφορετικούς τύπους ιστών (Zhang, et al,2014). Τα μαγνητικά πεδία που εφαρμόζονται μέσω του δέρματος μπορεί να ενεργοποιήσουν άτομα σιδήρου στην αιμοσφαιρίνη, επηρεάζοντας τη μεταφορά οξυγόνου και να διεγείρουν την οστεογένεση με την ενεργοποίηση των οστεοβλαστών και οδηγώντας σε αύξηση της ροής του αίματος στα οστά (Costantino et al ,2007; Puricelli et al,2009) . Επιπλέον, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα μαγνητικά πεδία μπορεί να αυξήσουν τη συγκέντρωση των αυξητικών παραγόντων, επιταχύνοντας τη διαδικασία επισκευής των οστών (Aaron et al ,2005). Η μαγνητική θεραπεία μπορεί να είναι μια επιλογή θεραπείας, δεδομένου ότι το στατικό μαγνητικό πεδίο έχει θετική επίδραση στον μεταβολισμό των οστών (Bock ,et al,2010).

Το στατικό μαγνητικό πεδίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μέσο στη φυσικοθεραπεία για τη διατήρηση της υγείας των οστών και τη θεραπεία διαταραχών των οστών (Troock, 2000).

Κατά τη εφαρμογή των μαγνητικών πεδίων στους ιστούς , θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και να υπάρχει σχολαστική μέριμνα για την ορθή χρήση και σωστή συντήρησή τους από τον φυσικοθεραπευτή που εφαρμόζει την θεραπεία στον ασθενή. Η παρατεταμένη χρήση της συσκευής οδηγεί σταδιακά σε μηχανικές αστοχίες ή προβλήματα στη συσκευή που μπορεί να μη γίνουν αντιληπτά από τον χειριστή της συσκευής. Η μη καλή λειτουργία του μηχανήματος δεν έχει την ζητούμενη απόδοση στον ασθενή κατά την διαδικασία της εφαρμογής του στη θεραπεία ,οπότε υπάρχει αναποτελεσματικό αντίκτυπο στην ολοκλήρωση της διαδικασίας θεραπείας σε

μεγάλο ποσοστό συγκεκριμένων κλινικών καταστάσεων. Εάν η κατάσταση λειτουργίας της συσκευής είναι τεχνικά εκτός λειτουργίας ή σε κατάσταση υπερβολικής δραστηριότητας, οι χειριστές αναζητούν κυρίως λύσεις εξετάζοντας την κλινική περίπτωση του ασθενούς. Αυτό εξαλείφει τη συμβολή τους στο αρχικό θεραπευτικό σχέδιο ή αυξάνει τις συνεδρίες θεραπείας. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2019 ,διερευνήθηκε το θέμα της χρηστικότητας και συντήρησης των μαγνητοθεραπευτικών συσκευών σε συνδυασμό με μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο χώρο εφαρμογής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ισχύς των μαγνητικών πεδίων που μετριέται είναι σύμφωνη με τη νομοθεσία αλλά ταυτόχρονα αποκάλυψε έλλειψη συντήρησης των συσκευών και ανάγκη δημιουργίας πρωτοκόλλων ασφάλειας ποιότητας σχετικά με τη χρήση της μαγνητοθεραπείας , ώστε να υπάρχει υψηλότερη απόδοση των υπηρεσιών θεραπευτικής αποκατάστασης σε ασθενείς (Koutsojannis et al, 2019).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Ο ΟΡΟΣ LASER

Ο όρος λέιζερ είναι το ακρωνύμιο για την Ενίσχυση του Φωτός μέσω Εξαναγκασμένης Εκπομπής Ακτινοβολίας (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Ο όρος «λείζερ» χρησιμοποιείται για τη συσκευή η οποία παράγει τις ακτίνες λέιζερ, όσο και για την ίδια την ακτινοβολία λέιζερ, την οποία παράγει η συσκευή. Χαρακτηριστικό των ακτίνων λέιζερ, είναι ότι σε αντίθεση με όλα τα άλλα είδη φυσικού ή τεχνητού φωτός που είναι γνωστά, οι ακτίνες λέιζερ είναι αποτέλεσμα εξαναγκασμένης εκπομπής και όχι αυθόρμητης εκπομπής. Με αυτό τον όρο εννοούμε τη διάταξη η οποία παράγει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και χαρακτηρίζεται από ορισμένες ιδιαίτερες και μοναδικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές περιλαμβάνουν την μονοχρωματικότητα, την κατευθυντικότητα, τη λαμπρότητα και τη συμφωνία. Η ακτινοβολία laser δύναται να βρίσκεται στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ή στο υπεριώδες, ή στο υπέρυθρο ή σε άλλη περιοχή, ενώ σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να βρίσκεται στην περιοχή του υπεριώδους κενού, των ακτίνων X κ.α. (Cotler et al., 2015) (Εικόνα 8).

(α)



(β)



Εικόνα 8 :Συσκευές laser.(α) (β)

Πηγή:(α)https://www.medi-shop.gr/el/physiotherapy-laser/mectronic-ilux?search_query=laser&results=34

(β)https://www.medi-shop.gr/el/physiotherapy-laser/laser-pr-999?search_query=laser&results=34

6.2 LASER ΧΑΜΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Η θεραπεία χαμηλού επιπέδου λέιζερ (Low Level Laser Therapy) χρησιμοποιείται στη φυσικοθεραπεία για τη θεραπεία διαφόρων μυοσκελετικών παθήσεων. Παράγει ένα μοναδικό μήκος κύματος φωτός και αποτελεί μη επεμβατική θεραπεία πηγής φωτός η οποία δεν εκπέμπει θερμότητα, ήχο ή κραδασμούς. Η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου (LLLT) είναι η εφαρμογή του φωτός σε ένα βιολογικό σύστημα που προωθεί την αναγέννηση των ιστών, μειώνει τη φλεγμονή και ανακουφίζει από τον πόνο. Σε αντίθεση με άλλες ιατρικές διαδικασίες λέιζερ, το LLLT δεν έχει αφαιρετικό ή θερμικό μηχανισμό, αλλά μάλλον φωτοχημικό αποτέλεσμα που σημαίνει ότι το φως απορροφάται και προκαλεί χημική αλλαγή. Ο λόγος για τον οποίο η τεχνική ονομάζεται χαμηλό επίπεδο είναι ότι στα βέλτιστα επίπεδα ενέργειας η πυκνότητα που παρέχεται είναι χαμηλή και δεν είναι συγκρίσιμη με άλλες μορφές θεραπειών με λέιζερ όπως εφαρμόζεται για την αφαίρεση, την κοπή και την πήξη θερμικού ιστού (Shirin et al,2014).

Στη φωτοβιολογία ο πρώτος νόμος εξηγεί ότι ένα ορατό φως χαμηλής ισχύος για να έχει οποιαδήποτε επίδραση σε ένα ζωντανό βιολογικό σύστημα, τα φωτόνια πρέπει να απορροφηθούν από ηλεκτρονικές ζώνες απορρόφησης που ανήκουν σε ορισμένους μοριακούς φωτοϋποδοχείς, οι οποίοι ονομάζονται χρωμοφόρα. Η αποτελεσματική διείσδυση ιστού του φωτός στα 650 nm έως 1200 nm μεγιστοποιείται. Η απορρόφηση και η σκέδαση του φωτός στον ιστό είναι και οι δύο πολύ υψηλότερες στην μπλε περιοχή του φάσματος από το κόκκινο, επειδή τα κύρια χρωμοφόρα ιστών (αιμοσφαιρίνη και μελανίνη) έχουν υψηλές ζώνες απορρόφησης σε μικρότερα μήκη κύματος και η σκέδαση φωτός ιστού είναι υψηλότερη σε μικρότερα μήκη κύματος. Το νερό απορροφά έντονα το υπέρυθρο φως σε μήκη κύματος μεγαλύτερο από 1100 nm. Επομένως, η χρήση του LLLT σε ζώα και ασθενείς χρησιμοποιεί αποκλειστικά κόκκινο και σχεδόν υπέρυθρο φως (600-1100 nm) (Shirin et al,2014).

6.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το 1917 ο Einstein διατυπώνει την υπόθεσή του για την εξαναγκασμένη εκπομπή φωτονίων. Βασιζόμενος στην κβαντική θεώρηση του φωτός όπου η ηλεκτρομαγνητική

ακτινοβολία διαδίδεται σε πακέτα ενέργειας που ονομάζονται κβάντα φωτός (φωτόνια). Ο Landberg πιστοποιεί το 1928 τη θεωρία εξαναγκασμένης εκπομπής σε ηλεκτρικές εκκενώσεις αερίων. Το 1954 ο Townes κατασκευάζει τη γεννήτρια μικροκυμάτων MASER (Microwave amplification by stimulated emission of radiation) που ενισχύει μικροκύματα μέσω εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας. Το 1960 η επιστήμη εξελίσσεται όταν ο Mainman κατασκευάζει το πρώτο laser από κρύσταλλο ρουμπινιού. Η ακτινοβολία εκείνης της πρώτης πηγής είχε μήκος κύματος τα 694 νανόμετρα. Ένα χρόνο μετά, το 1961 φτιάχνεται και το πρώτο laser αερίου γνωστό και ως laser Ηλίου-Νέου. Το 1964 ο Patel κατασκευάζει το πρώτο laser διοξειδίου του άνθρακα που χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικές και ιατρικές εφαρμογές. Το 1971 ο Basov αναπτύσσει το laser υπεριώδους ακτινοβολίας γνωστό με την ονομασία excimerlaser, ενώ το 1990 το laser βρίσκει εφαρμογή στις τηλεπικοινωνίες οπτικών ινών αλλά και χρησιμοποιούνται εκτενέστερα στους βιολογικούς ιστούς. Το 2005 το νόμπελ φυσικής απονέμεται στον Χανσκ για την έρευνα του στην ανάπτυξη της φασματοσκοπίας μέσω laser και το 2016 χρησιμοποιούνται laser για να στείλουν ενέργεια σε διαστημικά οχήματα που σκοπό έχουν την εξερεύνηση του σύμπαντος. Η λογική βασίζεται στην μεταφορά ενέργειας αλλά και στη θεωρία πίεσης της ακτινοβολίας στα σωματίδια των διαστημικών οχημάτων εξαιτίας ανάκλασης ή απορρόφησης ακτινοβολίας (Κορασίδη, Φραγκούλης, 2016).

6.4 ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ LASER ΧΑΜΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΤΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

Σημαντικές παρουσιάζονται οι επιδράσεις του laser με κυριότερη την επούλωση των ιστών αφού υπάρχουν συστηματικές ανασκοπήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητά του, αντιμετωπίζει επίσης αρθροπάθειες, μυοσκελετικές διαταραχές και συμβάλλει στην αναλγησία της πάσχουσας περιοχής.

Η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου (LLLT) είναι μια βιοφυσική μορφή παρέμβασης στη διαδικασία αποκατάστασης κατάγματος, η οποία, μέσω πολλών μηχανισμών, επιταχύνει την επούλωση των καταγμάτων και ενισχύει το σχηματισμό πόρων. Η επίδραση του λέιζερ στην επούλωση του κατάγματος είναι αμφιλεγόμενη. Μερικοί συγγραφείς επιβεβαιώνουν ότι το LLLT μπορεί να επιταχύνει το σχηματισμό οστών αυξάνοντας την οστεοβλαστική δραστηριότητα.

Τα σημαντικότερα κλινικά αποτελέσματα της LLLT γενικότερα στο ανθρώπινο σώμα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα: περιορισμός της φλεγμονής, ελάττωση του πόνου, πιο γρήγορη επούλωση των δερματικών τραυμάτων και των τραυμάτων τενόντων και μυών, επιτάχυνση της πόρωσης των καταγμάτων, διέγερση της αγγειογένεσης, βακτηριοστατική και αγγειοδιασταλτική δράση (Chou et al,2007).

Η LLLT επιταχύνει την αποκατάσταση του συνδετικού ιστού ,πιστεύεται ότι επηρεάζει τη λειτουργία των συνδετικών ιστών (ινοβλάστες), και δρα ως αντιφλεγμονώδης παράγοντας. Λείζερ με διαφορετικά μήκη κύματος, που κυμαίνονται από 632 έως 904 nm, χρησιμοποιούνται στη θεραπεία μυοσκελετικών διαταραχών (Cotler et al., 2015).

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970 υπήρχαν αρκετές αναφορές στη βιβλιογραφία που περιγράφουν τις επιπτώσεις της ηλεκτρικής ενέργειας στην ανάπτυξη των οστών και την επισκευή του κατάγματος (Victoria et al, 2009). Έκτοτε, έχει αναπτυχθεί μια ποικιλία συσκευών για την παραγωγή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο σημείο θραύσης.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται έρευνες που έχουν διεξαχθεί για την επίδραση των μαγνητικών πεδίων στα κατάγματα των οστών. Αναφέρονται μελέτες που διενεργήθηκαν σε ζώα και σε ανθρώπους. Η αναζήτηση των σχετικών ερευνών και άρθρων πραγματοποιήθηκε μέσω έγκυρων ηλεκτρονικών βάσεων δεδομένων όπως Pub Med και μηχανών αναζήτησης όπως Google Scholar.

Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση ήταν : επίδραση μαγνητικών πεδίων (effect of magnetic fields), ηλεκτρομαγνητικά πεδία (electromagnetic fields), κάταγμα οστού (bone fracture), επούλωση οστού (bone healing), οστική αναγέννηση (bone regeneration).

Βρέθηκαν αρκετά άρθρα σχετικά με το θέμα της εργασίας από τα οποία επιλέχθηκαν 12 γιατί οι μελέτες αφορούσαν την επίδραση των μαγνητικών πεδίων σε κατάγματα σε ζώα ή ανθρώπους τα οποία αναλύονται παρακάτω.

7.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ

7.1.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΖΩΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ

Υπάρχουν αρκετές κλινικές μελέτες σχετικά με τη θεραπεία με μαγνήτες, αλλά ορισμένες μελέτες έχουν διεξαχθεί σε ζώα για να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα των στατικών μαγνητικών πεδίων στην ανάπτυξη των οστών. Μια τέτοια μελέτη καταγράφεται σε μια ανασκόπηση η οποία εξετάζει την επίδραση των μαγνητικών πεδίων στα οστά.(Jian et al, 2014). Σε γενικές γραμμές, οι περισσότερες μελέτες χρησιμοποιούν χαμηλές αντοχές πεδίου και μεγάλους χρόνους έκθεσης για την εφαρμογή στατικών μαγνητικών πεδίων χρησιμοποιώντας μαγνήτες. Αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι το στατικό μαγνητικό πεδίο των μαγνητών μπορεί να συμβάλει στο σχηματισμό οστών και στη διαδικασία επούλωσης των οστών, σε αρουραίους που έχουν υποβληθεί σε οστεοτομία. Δεν παρατηρήθηκαν παρενέργειες ή ανεπιθύμητες ενέργειες. Όλες οι μελέτες σε ζώα συνοψίζονται στο πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μελέτες για την επίδραση των μαγνητικών πεδίων σε κατάγματα σε ζώα.

Ζώο	Τελικός στόχος	Πυκνότητα μαγνητικής ροής	Διάρκεια έκθεσης	Αποτελέσματα	Αναφορά
Θηλυκοί αρουραίοι SD	Σχηματισμός οστών	Ολόκληρη η έκθεση του σώματος με ένα ζευγάρι ορθογώνιων μαγνητικών πλακών 30–80 mT	12 εβδομάδες	Η πυκνότητα οστών των αρουραίων ΑΑ που εκτέθηκαν σε ΣΜΠ ήταν σημαντικά υψηλότερη από εκείνη των αρουραίων ΑΑ που δεν είχαν εκτεθεί σε ΣΜΠ.	Taniguchi et al., 2004
Αρσενικοί αρουραίοι Wistar	Θεραπεία κατάγματος	Εμφυτευμένες μαγνητικές ροδέλες 41 Γκαους	15-60 ημ.	Η επούλωση των οστών βελτιώθηκε.	Puricelli et al., 2006
Σκύλοι	Θεραπεία κατάγματος	1000 Gauss	8 εβδομάδες	Η επούλωση των οστών βελτιώθηκε.	Saifzadeh et al., 2007
Αρσενικοί αρουραίοι-δημιουργία οστικού κενού στο	Ανάπτυξη των οστών	Εμφυτευμένες μαγνητικές ροδέλες 41 Γκαους	15-60 ημ.	Ο νέος οστικός σχηματισμός αυξήθηκε πολύ γύρω από τα μοσχεύματα	Puricelli et al., 2009

δεξιό μηριαίο και τοποθέτηση οστικού εμφυτεύματος				οστών.	
κουνέλια της Νέας Ζηλανδίας-μηριαία οστεοτομία	επούλωση των οστών	Εμφυτευμένες μαγνητικές ράβδους 220-260 Gauss	2 εβδομάδες	Η επούλωση των οστών βελτιώθηκε.	Aydin and Bezer 2011
Λευκά κουνέλια της Νέας Ζηλανδίας-οστεοτομία κνήμης	Σχηματισμός οστών	Εμφυτευμένες μαγνητικές ροδέλες 15 mT	3–6 εβδομάδες	Ενεργοποιήθηκε ταχύτερος σχηματισμός οστού με εμφύτευμα	Leesungbok et al., 2013

Πηγή:(Elsevier, progress in biophysics and molecular biology)

Review. The effects of static magnetic fields on bone

7.1.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΟΣΤΩΝ

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, μια ανασκόπηση του A.T. Barker και M J Lunt, σχετικά με τις επιδράσεις των παλμικών μαγνητικών πεδίων στον ερεθισμό της επούλωσης των οστικών καταγμάτων , δείχνουν ότι η κύρια εντύπωση που έλαβαν οι συγγραφείς κατά τη σύνταξη αυτής της μελέτης είναι η έλλειψη τεχνικών δεδομένων στις κλινικές μελέτες και η πλήρης απουσία ελεγχόμενων δοκιμών. Κανένα πείραμα δεν είχε αποδείξει ότι υπάρχει επίδραση από το ίδιο το μαγνητικό πεδίο. Για εκείνη την

εποχή δεν υπήρχε κλινική μελέτη που να έδειχνε ένα άμεσο θεραπευτικό όφελος που οφείλεται αποκλειστικά στην εφαρμογή του μαγνητικού πεδίου ως θεραπεία. Τα πειράματα in vivo σε ζώα υποδήλωναν ότι μπορεί να υπήρχαν αποτελέσματα λόγω των μαγνητικών πεδίων που χρησιμοποιούνταν, αλλά τα αποτελέσματα ήταν πολύ σπάνια σε σύγκριση με τα δεδομένα από την διέγερση συνεχούς ρεύματος.. Συμπερασματικά, οι συγγραφείς πιστεύαν ότι η θεραπεία των καταγμάτων με παλμικό μαγνητικό πεδίο δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς και, αν και μερικά από τα πειράματα σε ζώα υποδήλωναν σημαντικές επιπτώσεις το όφελος της χρήσης μαγνητικών πεδίων στην κλινική διαχείριση δεν είχε αποδειχθεί. (Barker and Lunt ,1983).

Σε μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2012 στο “ Journal of Orthopedic Surgery and Research” με θέμα“ Τα παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία στη θεραπεία της καθυστερημένης πώρωσης της κνήμης ” ,οι ερευνητές εφάρμοσαν σε 44 ασθενείς (27 άνδρες) με μέσο όρο ηλικίας $49,6 \pm 18,4$ ετών που έλαβαν θεραπεία με παλμικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα λόγω καθυστερημένης πώρωσης ή μη πώρωσης του κατάγματος. Σε όλες τις περιπτώσεις, το διάκενο κατάγματος στη κνήμη ήταν μικρότερο από 1 cm και υπήρχε απουσία λοίμωξης ή μαλακών ιστών. Οι ασθενείς εφάρμοσαν μια συσκευή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο σημείο του κατάγματος της κνήμης .Η εφαρμογή γινόταν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κάθε ημέρα για συγκεκριμένες εβδομάδες και αξιολογήθηκε με ακτινογραφία . Το κάταγμα θεωρήθηκε ότι επουλώθηκε όταν παρατηρήθηκαν ακτινογραφικές ενδείξεις γεφύρωσης του σχηματισμού πώρων σε τουλάχιστον τρεις φλοιούς. Η πώρωση κατάγματος επιτεύχθηκε σε 34 από τις 44 περιπτώσεις(77,3%). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διέγερση με παλμικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι μια αποτελεσματική μη επεμβατική μέθοδος για την αντιμετώπιση των καταγμάτων της κνήμης χωρίς μόλυνση. Η επιτυχία του δεν σχετίζεται με συγκεκριμένα κατάγματα ή σχετικές με τον ασθενή μεταβλητές και δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί σαφώς ένα εξαρτώμενο από το χρόνο φαινόμενο.(Kooistra et al,2009).

Σε ανασκόπηση του 2015 σχετικά με την επίδραση των μαγνητικών πεδίων στην επούλωση των καταγμάτων , αναφέρεται ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και η εφαρμογή τους στην επούλωση των οστών έχει ήδη μελετηθεί εκτεταμένα με τις περισσότερες μελέτες να υποδεικνύουν βελτίωση στην επούλωση των οστών. Τα περισσότερα δεδομένα αφορούσαν στοιχεία σχετικά με τη σπονδυλική στήλη, τον

μηρό και την κνήμη, αλλά υπήρχαν και θετικές ενδείξεις για τη χρήση τους στο πόδι και στον αστράγαλο.(Jeremy et al, 2015).

Σε άλλη μια σχετική ανασκόπηση που δημοσιεύθηκε το 2018 , από τους Daish et al έχει διερευνηθεί η εφαρμογή των παλμικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην επούλωση των οστικών καταγμάτων. Δεδομένα από in vivo, in vitro και κλινικές μελέτες, έδειξαν ότι τα παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (PEMFs) έχουν μεγάλη επιρροή στη διαδικασία επούλωσης του κατάγματος. Ενώ οι υποκείμενοι μηχανισμοί που ενεργούν είτε για την αναστολή ή την πρόοδο των φυσιολογικών διεργασιών δεν έχουν ακόμη οριστεί , έχουν αναπτυχθεί αρκετές μη επεμβατικές συσκευές χρήσης για την κλινική θεραπεία καταγμάτων. Με την πολυπλοκότητα της διαδικασίας επιδιόρθωσης, που περιλαμβάνει πολλά εξαρτήματα που δρουν σε διαφορετικά χρονικά στάδια, ήταν μια πρόκληση να καθοριστεί ποιες παράμετροι έκθεσης PEMF (δηλαδή, συχνότητα πεδίου, ένταση πεδίου και δόση) θα παράγουν την βέλτιστη θετική επίδραση.(Daish et al ,2018).

Σε μια πρόσφατη έρευνα που διεξήχθη στο εργαστήριο Φυσικοθεραπείας του περιφερειακού Νοσοκομείου J. Stru, στο Πόζναν της Πολωνίας, σε συνεργασία με τμήματα του Πανεπιστημίου , αναζητήθηκαν οι επιδράσεις των παλμικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων κατά τη διάρκεια της ακινητοποίησης με γύψο σε ασθενείς με περιφερικό κάταγμα άνω άκρου κερκίδας (κάταγμα Colles).

Για να εκτιμηθεί εάν η παλμική ηλεκτρομαγνητική θεραπεία κατά τη διάρκεια της ακινητοποίησης των καταγμάτων έχει ευεργετικά αποτελέσματα σχετικά με τη λειτουργία του πόνου και των άκρων, η μελέτη περιλάμβανε 52 ασθενείς (μέση ηλικία $60,8 \pm 15,0$ έτη) με κατάγματα άνω άκρου κερκίδας (κάταγμα Colles).Οι ασθενείς εκχωρήθηκαν σε ομάδα παλμικού ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (n 27) και σε ομάδα ελέγχου (n 25). Αξιολογήθηκαν , πόνος καρπού και περιφέρεια βραχίονα εύρος κίνησης , αναπηρία του χεριού, του ώμου και της βαθμολογίας χεριών. Επίσης η αίσθηση αφής την ημέρα της εφαρμογής του γύψου και 3 και 6 εβδομάδες μετά. Σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, η ομάδα που εφαρμόστηκε η θεραπεία με τα παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία , ανέφερε σημαντικές αλλαγές μετά από 3 και 6 εβδομάδες θεραπείας: χαμηλότερα επίπεδα πόνου (p 0,0052, p <0,0001, αντίστοιχα), μεγαλύτερη κινητικότητα των αρθρώσεων του άνω άκρου, βελτίωση της αίσθησης και μείωση της αναπηρίας του άνω άκρου (αναπηρίες του βραχίονα, του ώμου και του χεριού) (p 0,0003, p <0,0001, αντίστοιχα). Τα αποτελέσματά έδειξαν ότι η πρόωρη προσθήκη

θεραπείας με ηλεκτρομαγνητικά πεδία , κατά τη διάρκεια της ακινητοποίησης των καταγμάτων της κερκίδας , έχει ευεργετικά αποτελέσματα στον πόνο, την εξωληπτική αίσθηση, το εύρος κίνησης και την καθημερινή λειτουργία των ασθενών.(Krzyz' an' ska, et al , 2020) .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται έρευνες που έχουν διεξαχθεί για την επίδραση του laser στα κατάγματα των οστών. Αναφέρονται μελέτες που διενεργήθηκαν σε ζώα και σε ανθρώπους. Η αναζήτηση των σχετικών ερευνών και άρθρων πραγματοποιήθηκε μέσω έγκυρων ηλεκτρονικών βάσεων δεδομένων όπως Pub Med και μηχανών αναζήτησης όπως Google Scholar.

Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση ήταν : επίδραση laser (effect of laser), κάταγμα οστού (bone fracture) , επούλωση οστού (bone healing) ,οστική αναγέννηση (bone regeneration) .

Βρέθηκαν αρκετά άρθρα σχετικά με το θέμα της εργασίας από τα οποία επιλέχθηκαν 15 γιατί οι μελέτες αφορούσαν την επίδραση του laser σε κατάγματα σε ζώα ή ανθρώπους τα οποία αναλύονται παρακάτω.

8.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ LASER ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ

8.1.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΖΩΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ LASER ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ

Το 2007 διεξήχθη μελέτη με θέμα έρευνας « Η επίδραση της θεραπείας με χαμηλού επιπέδου laser στο κάταγμα κνήμης κουνελιού».

Ο σκοπός της μελέτης ήταν να δείξει τις βιολογικές επιδράσεις της θεραπείας με λέιζερ χαμηλού επιπέδου (LLLT) σε κατάγματα κνημιαίων οστών χρησιμοποιώντας ακτινογραφικές, ιστολογικές και οστικές εξετάσεις. Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν δεκατέσσερα λευκά κουνέλια της Νέας Ζηλανδίας με μεσαία κνημιαία οστεοτομία. Επτά ανατέθηκαν σε μια ομάδα που έλαβε LLLT (LLLT-A) και οι υπόλοιπες επτά χρησίμευαν ως ομάδα ελέγχου με ψευδή θεραπεία (LLLT-C). Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μια συσκευή λέιζερ χαμηλής ενέργειας με μήκος κύματος 830 nm και ένα ψεύτικο λέιζερ (παρόμοιος σχεδιασμός χωρίς διόδους λέιζερ). Η θεραπεία ξεκίνησε αμέσως μετά τη χειρουργική επέμβαση και συνεχίστηκε μία φορά την ημέρα για 4 εβδομάδες. Ακτινογραφικά ευρήματα δεν αποκάλυψαν στατιστικά σημαντική διαφορά πάχους κάλους κατάγματος μεταξύ των ομάδων LLLT-A και LLLT-C ($p > 0,05$). Συμπέρασμα: Η μελέτη υποδηλώνει ότι το LLLT μπορεί να επιταχύνει τη

διαδικασία επισκευής του κατάγματος ή να προκαλέσει αύξηση του όγκου των πύρων και της οστικής πυκνότητας BMD, ειδικά στα αρχικά στάδια της απορρόφησης του αιματώματος και της αναδιαμόρφωσης των οστών. Οι επιστήμονες κατέληξαν ότι απαιτείται περαιτέρω μελέτη για την ποσοτικοποίηση αυτών των ευρημάτων (Xuecheng et al,2007)

Αυτός ήταν και ο στόχος της μελέτης των Shakouri et al , που πραγματοποίησαν στην εργασία τους «η επίδραση του χαμηλού επιπέδου laser στη διαδικασία επούλωσης κατάγματος». Σκοπός της μελέτης ήταν να αξιολογηθεί η επίδραση της θεραπείας με λέιζερ στην επούλωση κατάγματος. Τριάντα κουνέλια υποβλήθηκαν σε τομές κνημιαίου οστού που σταθεροποιήθηκαν με εξωτερικούς σταθεροποιητές. Τα ζώα χωρίστηκαν σε δύο ομάδες μελέτης: ομάδα λέιζερ και ομάδα ελέγχου. Η ανάπτυξη των πύρων και η οστική πυκνότητα αξιολογήθηκαν ποσοτικά με CT. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αυξανόμενος ρυθμός οστικής πυκνότητας ήταν υψηλότερος στην ομάδα λέιζερ (L) από ό, τι στην ομάδα ελέγχου (C). Το αποτέλεσμα της μελέτης έδειξε ότι η χρήση λέιζερ θα μπορούσε να ενισχύσει την ανάπτυξη πύρου στο αρχικό στάδιο της διαδικασίας επούλωσης, με αμφίβολη βελτίωση στις βιομηχανικές ιδιότητες του υποθεραπεία οστού.(Shakouri et al,2010).

Υπάρχουν αρκετές , πιο πρόσφατες μελέτες ,που δίνουν μια εικόνα για την αποτελεσματικότητα του χαμηλού επιπέδου laser στην επούλωση οστών κατά την εφαρμογή του σε ζώα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Μελέτες για την επίδραση του laser σε κατάγματα σε ζώα.

wavelength: λ (Nanometer); Φ : power (Watt); f: frequency (Hertz); H: energy density (Joules); ER: power density (W/cm^2).

Όνομα 1 ^ο συγγραφέα και έτος	Είδος ζώου και βλάβη οστού	Παρέμβαση /σκοπός	λ & Φ (W)& f(Hz)	H (J/cm^2)or ER (W/c m^2)	Κύρια αποτελέσματα /Συμπεράσματ α
---	-------------------------------------	----------------------	-------------------------------------	---	--

1. Tim et al., 2016a, Tim et al., 2016b	Αρουραίοι -Βλάβη οστού διαμέτρου 3,0 mm στη κνήμη αρουραίων -ομάδα έκθεσης και ομάδα ελέγχου	Παραγωγή κολλαγόνου στα αρχικά στάδια της επούλωσης του κατάγματος	830 nm,30 mW	100J/cm ² 1W/cm ²	Το LLLT προκάλεσε αύξηση στα γονίδια κολλαγόνου
2. Tim, 2015	Αρουραίοι -βλάβες στη κνήμη αρουραίων	Αξιολόγηση μορφολογικών αλλαγών και διέγερση γονιδίων που σχετίζονται με τον πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση των οστών.	830 nm,30 mW	0.6 mm beam diameter, 94 s, 2.8 J	Το LLLT επιτάχυνε την ανάπτυξη νεοσχηματισμένου οστού .
3. Marques, 2015	Αρουραίος , Ελαττωματικό οστό πλήρους πάχους στο κρανίο	Δημιουργία νέου πρωτόκολλου LLLT	830 nm, 50 mW	16J/cm ²	Η άμεση επίδραση LLLT επιτάχυνε τη διαδικασία επούλωσης των οστών.
4. Briteño-Vázquez,	Αρουραίοι-κάταγμα	Επίδραση LLLT στη	830 nm, 100 mW	8J/cm ²	Το LLLT μπορεί να

2015	κνήμης στη κνήμη με μηχανικό τρυπάνι	σταθεροποίηση των οστών			επιταχύνει την αποκατάσταση των οστών
5. Sella, 2015	Αρουραίοι-δημιουργία κατάγματα χειρουργικά με αφαίρεση μέρους οστού 2mm	Επίδραση του LLLT σε κάταγμα χωρίς ένωση	808 n m,	37 J/cm ²	Το LLLT παίζει ζωτικό ρόλο στην ενίσχυση του σχηματισμού ιστού των οστών.
6. Tim, 2014	Αρουραίοι-κάταγμα κνήμης	Επίδραση LLLT στον σχηματισμό οστών	830 n m, 100 m W,	120J/cm ² 3.57W/cm ²	Η LLLT βελτίωσε την επούλωση των οστών
7. Barbosa, 2014	Αρουραίοι, μηριαία οστεοτομία	Να διερευνήσει, με ψηφιακή ακτινολογία, τη διαδικασία αναγέννησης των οστών	660 n m & 830 n m 100 m W	4J/cm ²	Το LLLT με 830 n m έδειξε πληρέστερη αναγέννηση των οστών
8. Fernandes, 2013	Αρουραίοι-δημιουργία κατάγματα	Επίδραση LLLT στην έκφραση γονιδίων που σχετίζονται με	830 n m, 30 m W	100 J/cm ²	Το LLLT διαμόρφωσε τη φλεγμονώδη διαδικασία και επιτάχυνε την

	κνημιαίου οστού μη κρίσιμου μεγέθους	πολλαπλασιασμό οστικών κυττάρων			επιδιόρθωση των οστών
9. Barbosa, 2013	Αρουραίοι-μηριαία οστεοτομία	για την αξιολόγηση της επισκευής των οστών σε αρουραίους που υποβλήθηκαν σε LLLT με οστική πυκνότητα	660-690 nm, 790-830 nm, 100 m W	140 J/cm ²	Η επίδραση LLLT στην επισκευή των οστών εξαρτάται από το χρόνο και το μήκος κύματος
10. Peccin, 2013	Κουνέλια,- δημιουργία καταγμάτων σε κνήμη και μηριαίο οστό	He-Ne laser επίδραση στην επισκευή των οστών	632 nm	6J/cm ²	ο σχηματισμός των οστών αυξήθηκε μόνο στην κνήμη

Πηγή: Elsevier, **Comparison of effects of LLLT and LIPUS on fracture healing in animal models and patients: A systematic review**

Progress in Biophysics and Molecular Biology, Volume 132, January 2018, Pages 3-22

8.1.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΕ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ LASER ΣΤΑ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΟΣΤΩΝ

Γενικά, έχει διεξαχθεί λίγη έρευνα για τον προσδιορισμό της επίδρασης του LLLT στη θεραπεία καταγμάτων ανθρώπινων οστών. Σε μια ελεγχόμενη μελέτη, το 2014 από τον Wen -Dien Changetal, διερευνήθηκαν τα θεραπευτικά αποτελέσματα της θεραπείας με λέιζερ χαμηλού επιπέδου (LLLT) σε κλειστά κατάγματα οστών (CBFs) στον καρπό και το χέρι. Ιστορικά στοιχεία: Η έρευνα σε ζώα επιβεβαίωσε ότι το LLLT αυξάνει την ποσότητα των οστεοκυττάρων.

Πενήντα ασθενείς με κλειστά κατάγματα οστών (CBF) στον καρπό και στο χέρι, οι οποίοι δεν είχαν λάβει χειρουργική θεραπεία, μοιράστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Η ομάδα λέιζερ υποβλήθηκε σε πρόγραμμα θεραπείας στο οποίο χορηγήθηκαν 830 nm LLLT (μέση ισχύς 60 mW, μέγιστη ισχύς 8 W, 10 Hz, 600 sec και 9,7 J / cm² ανά θέση κατάγματος) πέντε φορές την εβδομάδα για 2 εβδομάδες. Οι συμμετέχοντες σε μια ομάδα εικονικού φαρμάκου έλαβαν ψευδή θεραπεία με λέιζερ. Ο πόνος, η λειτουργική αναπηρία, η αντοχή στη λαβή και οι ακτινογραφικές παράμετροι των συμμετεχόντων αξιολογήθηκαν πριν και μετά τη θεραπεία και σε παρακολούθηση 2 εβδομάδων. Αποτελέσματα: Μετά τη θεραπεία και κατά την παρακολούθηση, η ομάδα λέιζερ παρουσίασε σημαντικές αλλαγές σε όλες τις παραμέτρους σε σύγκριση με τη βασική γραμμή ($p < 0,05$). Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των δύο ομάδων μετά τη θεραπεία και κατά την παρακολούθηση έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ ομάδων μεταξύ όλων των παραμέτρων ($p < 0,05$). Συμπεράσματα: Το LLLT μπορεί να ανακουφίσει τον πόνο και να βελτιώσει τη διαδικασία επούλωσης των CBF στον ανθρώπινο καρπό και το χέρι. (Wen-Dien et al, 2014).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το ερευνητικό άρθρο που έχει δημοσιευθεί πρόσφατα στο « International Journal of Pain Management », και αναφέρεται σε παιδιατρικούς ασθενείς. Ο πληθυσμός της μελέτης αποτελούνταν από 17 ασθενείς με μέση ηλικία 12 ετών (εύρος 9 έως 16 ετών) που παρουσίαζαν κλινική καθυστερημένη ενοποίηση κατάγματος άνω ή κάτω άκρου παρά την εφαρμογή γύψου από ορθοπεδικούς χειρουργούς σε δημόσια νοσοκομεία. Όλοι οι ασθενείς είχαν ανεπαρκή απόκριση οστικής αποκατάστασης σε ακτινολογικές αξιολογήσεις. Σε όλους τους ασθενείς που συμμετείχαν στη μελέτη δόθηκε η επιλογή της χειρουργικής επέμβασης, αλλά αρνήθηκαν οι γονείς. Όλοι οι γονείς των παιδιών συμφώνησαν στη χρήση του LLLT

καθώς και στη λειτουργική στήριξη του Sarmiento ως η μοναδική μέθοδος θεραπείας. Τα κριτήρια αποκλεισμού περιλάμβαναν ιστορικό χειρουργικής επέμβασης του ίδιου προσβεβλημένου οστού, ιστορικό κατάγματος του ίδιου προσβεβλημένου οστού, ανοιχτό κάταγμα, σημαντική σχετιζόμενη βλάβη μαλακού ιστού, ενεργή λοίμωξη κοντά τη θέση κατάγματος.

Η μελέτη χρησιμοποίησε LLLT μήκους κύματος 810 nm που από συσκευή λέιζερ ημιαγωγού GaAlAs με 5,4 J ανά σημείο και χρησιμοποιήθηκε πυκνότητα ισχύος 20 mW / cm². Η ακτινοβολία πραγματοποιήθηκε σε καθημερινή βάση. Δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου σε αυτή τη μελέτη, γιατί κανένας από τους γονείς των ασθενών δεν συναίνεσε στην ιδέα ότι μέρος της θεραπείας θα εφαρμοζόταν με πηγή ψευδούς φωτός.

Αυτή η έρευνα σε κλινικές περιπτώσεις ασθενών που παρουσίασαν καθυστερημένη ενοποίηση καταγμάτων που εμπλέκουν τα άνω και κάτω άκρα στον παιδιατρικό πληθυσμό έδειξαν ότι η θεραπεία με λέιζερ χαμηλού επιπέδου εάν χορηγηθεί σωστά μπορεί αφενός να ξεκινήσει τη διαδικασία επούλωσης των οστών, μειώνοντας έτσι τον χρόνο για την ένωση του κατάγματος, αλλά και το LLLT μπορεί στην πραγματικότητα να προωθήσει την αναδιάταξη του κατάγματος επίσης. Όλοι οι ασθενείς ανέχονται πολύ καλά αυτήν τη μη επεμβατική μορφή συντηρητικής διαχείρισης .

Σε άλλη μια μελέτη το 2016 ,οι Chauhan και Sarin κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το LLLT φαίνεται να είναι ευεργετικό στη θεραπεία των καταγμάτων κόπωσης στη μελέτη που πραγματοποίησαν αν και υπάρχει ανάγκη μεγαλύτερης έρευνας (Chauhan and Sarin, 2006).

Στη συγκεκριμένη μελέτη συμμετείχαν 68 ασθενείς με κάταγμα κόπωσης κνήμης που είχε διαγνωστεί βάση ιστορικού, κλινικής εξέτασης και ακτινογραφίας. Οι ασθενείς χωρίστηκαν τυχαία σε 2 ομάδες , A (ομάδα ελέγχου)και B (ομάδα δοκιμής). Διερευνήθηκαν και άλλοι παράμετροι ,όπως πχ. πόνος. Όσον αφορά την επίδραση του laser στην θεραπεία των καταγμάτων κόπωσης , τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη του χαμηλού επιπέδου laserστο πρωτόκολλο θεραπείας είχε ως αποτέλεσμα ταχύτερη απουσία συμπτωμάτων και οι ασθενείς μπόρεσαν να ενεργοποιηθούν νωρίτερα. Επίσης υπήρξαν λιγότερα περιστατικά υποτροπής όταν οι ασθενείς επέστρεψαν στις δραστηριότητες που είχαν πριν ασθενήσουν. Γενικότερα βέβαια θεώρησαν ότι θα ήταν επιθυμητή μια μεγαλύτερη μελέτη για να αποδειχθεί ο ρόλος του χαμηλού επιπέδου laserστην πρόωγη επούλωση των καταγμάτων κόπωσης.(Chauhan and Sarin, 2006).

8.1.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΚΑΙ LASER

Εδώ μπορεί να αναφερθεί και η μελέτη που έχει συνδυάσει εφαρμογή μαγνητικών πεδίων και laser κατά την οστεογένεση μετά από κάταγμα κάτω γνάθου σε κουνέλια. (Angelo et al, 2016).

Αυτή η μελέτη αξιολόγησε τη χρήση της θεραπείας με λέιζερ χαμηλού επιπέδου (LLLT) και την έκθεση σε μαγνητικό πεδίο (MF) κατά τη διάρκεια της οστεογένεσης .

Το δείγμα αποτελούνταν από 18 κουνέλια χωρισμένα σε 3 ομάδες των 6 ζώων το καθένα: ομάδα μάρτυρας , ομάδα σε έκθεση μαγνητικών πεδίων (εν συντομία, μαγνητισμένες ροδέλες με επίστρωση χρυσού τοποθετήθηκαν δίπλα στις καταγματικές επιφάνειες) και ομάδα σε έκθεση με χαμηλού επιπέδου laser (830 nm εφαρμόστηκε κάθε 48 ώρες σε 4 σημεία [δόση, 5 J / cm²] κατά την περίοδο πώρωσης του κατάγματος). Το ίδιο πρωτόκολλο χρησιμοποιήθηκε και στις 3 ομάδες (0,5 mm κάθε 12 ώρες για 1 εβδομάδα).

Η ποσοτική μικροσκοπική ανάλυση των τομών ,έδειξε μια στατιστικά σημαντική διαφορά στην ποσότητα του νεοσυσταθέντος οστού στην ομάδα της έκθεσης στα μαγνητικά πεδία σε σύγκριση με την ομάδα έκθεσης σε χαμηλού επιπέδου laser (P = 0,006). Ο αριθμός των κυττάρων με περισσότερες από 3 αργυρόφιλες πυρηνικές περιοχές οργανωτή ήταν επίσης σημαντικά διαφορετικός μεταξύ των ομάδων LLLT και μαρτύρων (P = 0,038).

Το συμπέρασμα αυτής της έρευνας ήταν ότι η ομάδα σε έκθεση με χαμηλού επιπέδου laser LLLT παρουσίασε μεγαλύτερη ποσότητα νεοσυσταθέντος οστού και μεγαλύτερο αριθμό οστεοβλαστών στη φάση διαίρεσης των κυττάρων, αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σχετική σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Angelo et al,2016).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι φυσικοθεραπευτές χρησιμοποιούν τις ευεργετικές ιδιότητες των φυσικών μέσων εδώ και πολλά χρόνια ώστε να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας που εφαρμόζουν στους ασθενείς. Τα κατάγματα των οστών είναι ένα από τα συχνότερα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι φυσικοθεραπευτές.

Στη παρούσα πτυχιακή έγινε προσπάθεια να συλλεχθούν στοιχεία σχετικά με την επίδραση των μαγνητικών πεδίων και του laser στα κατάγματα. Πριν 40 χρόνια οι μελέτες που είχαν διεξαχθεί σχετικά με την επίδραση των μαγνητικών πεδίων στα κατάγματα ,έδειξαν μια θετική επιρροή σε κάποιες μελέτες σε ζώα ,όμως υπήρχε αμφισβήτηση για το πραγματικό όφελός τους ,λόγω έλλειψης τεχνικών δεδομένων στις κλινικές μελέτες και λόγω απουσίας ελεγχόμενων δοκιμών.

Οι μελέτες σε ζώα τη τελευταία δεκαετία ,έδειξαν θετικά στοιχεία για την επίδρασή τους κυρίως γιατί παρατηρήθηκε βελτίωση στην επούλωση των οστών ,επισημάνθηκε υψηλότερη πυκνότητα οστού ,και ενεργοποιήθηκε ταχύτερα ο σχηματισμός του οστού.

Μελέτες τη τελευταίας δεκαετίας σε ανθρώπους , έδειξαν ότι η διέγερση του σημείου κατάγματος του οστού με παλμικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι αποτελεσματική και επηρεάζει θετικά τη διαδικασία επούλωσης .Επίσης μειώνει τον πόνο και βελτιώνει την αίσθηση.

Οι περισσότερες μελέτες για το laser αφορούν την επίδραση του χαμηλού επιπέδου laser.Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν τη τελευταία δεκαετία σε ζώα δείχνουν ότι το LLLT προκαλεί επιτάχυνση στη διαδικασία επισκευής του κατάγματος , μπορεί να προκαλέσει αύξηση του όγκου των πόρων και της οστικής πυκνότητας.

Από τις υπάρχουσες μελέτες σε ανθρώπους σημειώνονται θετικές επιδράσεις στη διαδικασία επούλωσης των κλειστών καταγμάτων , βελτίωση και ανακούφιση από τον πόνο. Επίσης αναφέρεται προώθηση στην ανακατασκευή των οστών σε περιπτώσεις καταγμάτων άνω και κάτω άκρων σε παιδιατρικό πληθυσμό. Σε κατάγματα κόπωσης σημειώθηκαν επίσης θετικές επιδράσεις.

Για την επίδραση του laser στα κατάγματα των οστών ,υπάρχουν επι το πλείστων μελέτες σε ζώα ενώ στον άνθρωπο δεν έχει μελετηθεί αρκετά η επίδρασή του. Αυτή η ανασκόπηση , αναδεικνύει την έλλειψη έρευνας στην επίδραση του laser σε κατάγματα στον άνθρωπο. Επίσης έλλειψη υπάρχει και στην έρευνα για την επίδραση αυτών των μέσων όταν εφαρμόζονται συνδυαστικά στα κατάγματα.

Στο μέλλον θα ήταν χρήσιμη η ανάπτυξη ερευνών μεμονωμένα για την επίδραση του laser σε κατάγματα σε ανθρώπους .Ενδιαφέρουσα θα ήταν και η εκτενέστερη έρευνα για την επίδραση των μαγνητικών πεδίων στοχευμένα σε ανθρώπους , αλλά και για την επίδραση στα κατάγματα από την εφαρμογή και των δύο μέσων συνδυαστικά. Ακόμα θα ήταν χρήσιμη η έρευνα για την επίδρασή τους σε συγκεκριμένου τύπου κατάγματα όσο και σε συγκεκριμένη οστική δομή . Καθώς και μελέτες για το βαθμό επίδρασης αυτών των μέσων στο κάθε στάδιο που βρίσκεται η διαδικασία επούλωσης του κατάγατος (π .χ φάση μαλακού πόρου ή φάση ανακατασκευής) έτσι ώστε ο φυσικοθεραπευτής να γνωρίζει την αποτελεσματικότητα τους και να τα εφαρμόζει ανάλογα στα στάδια που βρίσκονται οι ασθενείς του. Τα συμπεράσματα αυτών των μελετών θα μπορούσαν να ορίσουν τις αποτελεσματικότερες τιμές των χαρακτηριστικών (π. χ ένταση , χρόνος) που θα πρέπει να ορίζονται στις συσκευές μαγνητικών πεδίων και laser στην εφαρμογή τους από το φυσικοθεραπευτή.

Η περαιτέρω ερευνητική μελέτη, θα ενισχύσει τις θετικές απόψεις για αυτά τα συμπεράσματα ή μπορεί να θέσει νέα ερωτήματα και αμφισβητήσεις για την αποτελεσματικότητά της εφαρμογής αυτών των μέσων. Σε κάθε περίπτωση , ο φυσικοθεραπευτής θα πρέπει να ενημερώνεται για νέα δεδομένα βασισμένα σε αξιόπιστες έρευνες ώστε να μπορεί να χρησιμοποιεί όσο καλύτερα μπορεί τις θετικές ιδιότητες αυτών των μέσων στη διάρκεια της θεραπείας των καταγμάτων συνδυαστικά με όλο το φυσιοθεραπευτικό πρόγραμμα που εφαρμόζει.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. **Αδαμοπούλου Μαρία.** Πάτρα 2016. «Μελέτη ανάπτυξης και διαφοροποίησης κυτταρικών πληθυσμών μετά από επίδραση μικρορευμάτων και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων». Πανεπιστήμιο Πατρών. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία
2. **Αλειφερόπουλος Δημήτρης** «Οστά & Αρθρώσεις για Τεχνολόγους – Ακτινολόγους» 2003 Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας
3. **Καφαντάρη Ελένη, Ιωάννινα,** 2000 “Μελέτη του κολλαγόνου σε παθήσεις των οστών”, Διδακτορική διατριβή, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων,.
4. **Κοκκίνη Ελευθερία.** Κρήτη, 2008 «Μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ηλεκτρονικών συσκευών». Πτυχιακή εργασία ΑΤΕΙ Κρήτης. Τμήμα εφαρμοσμένης πληροφορικής και πολυμέσων.
5. **Κορασίδη Βαρβάρα, Φραγκούλης Ελευθέριος.** Αίγιο-2016 : Προσομοίωση αλληλεπίδρασης δέσμης LASER με ανθρώπινο οφθαλμό. ΤΕΙ Αιγίου. Πτυχιακή εργασία.
6. **Παπακίτσου Ευαγγελία Φ.** Ηράκλειο, 2003.“Η χρήση των νεότερων διφωσφονικών (Alendronate) στη θεραπεία και πρόληψη της οστεοπόρωσης”, Διδακτορική διατριβή, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Κρήτης,
7. **Φραγκάκη Παναγιώτα.** Λαμία ,2018 «Υπολογιστικά υποβοηθούμενη επεξεργασία και ανάλυση ακτινογραφιών για τον εντοπισμό καταγμάτων» .Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
8. **Φραγκοράπτης Ε.** Θεσσαλονίκη, Αύγουστος 1994. Θεωρία και πράξη μεθόδων ηλεκτροθεραπείας, Εκδόσεις Πετρούλα,

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

9. **Aaron RK, Boyan BD, Ciombor DM, Schwartz Z, Simon BJ.** (2005) Stimulation of growth factor synthesis by electric and electromagnetic fields. Clin Orthop Relat Res. 2005;(419):30–37.
10. **Aggelos Assiotis, Nick P Sachinis and Byron E Chalidis** (2012) *Pulsed electromagnetic fields for the treatment of tibial delayed unions and nonunions. A prospective clinical study and review of the literature. June 2012 Journal of Orthopaedic Surgery and Research 7(1, article 24):24
11. **Arthur A. Pilla** .(2013). Nonthermal electromagnetic fields: From first messenger to therapeutic applications „Journal“<Electromagnetic Biology and Medicine> Volume 32, 2013 - Issue 2.
12. **Ashutosh Chauhan P Sarin** .(2006).Low Level Laser Therapy in Treatment of Stress Fractures Tibia: A Prospective Randomized Trial , , Medical Journal Armed Forces India
13. **A T Barker and M J Lunt,** (1983). The effects of pulsed magnetic fields of the type used in the stimulation of bone fracture healing, IOP Science publishing Ltd.
14. **Bailey MM, Michalski J.** (1992) Close - up on Colles fracture. Nursing. Oct;22(10):47

15. **Bock N, Riminucci A, Dionigi C, Russo A, Tampieri A, Landi E, et al.** (2010) A novel route in bone tissue engineering: magnetic biomimetic scaffolds. *Acta Biometer*. 2010; 6:786–796.
16. **C. Daish et al,** (2018) The Application of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFs) for Bone Fracture Repair: Past and Perspective Findings. (. C .Daish et al ,2018)
17. **Constantinos Koutsojannis, Andreas Andrikopoulos, Ioannis Seimenis, Adam Adamopoulos,** (2019), Magneto-therapy in physiotherapy units: introduction of quality control procedure due to lack of maintenance. *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 185, Issue 4, December 2019, Pages 532–541
18. **Costantino C, Pogliacomi F, Passera F, Concari** (2007). G. Treatment of wrist and hand fractures with natural magnets: preliminary report. *Acta Biomed*. 2007;78(3):198–203.
19. **Cotler HB, Chow RT, Hamblin MR, Carroll J.** (2015). The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MOJ Orthop Rheumatol*;2(5): 00068).
20. **Einhorn T. A:** (1998) The cell and molecular biology of fracture healing. *Clin OrthopRelat Res* 1998;(355): S7-S21.
21. **Gratl G, Jupiter J, Gierer P, Mittlmeier T.** (2005) Fractures of the distal radius treated with a nonbridging external fixation technique using multiplanar K-wires. *J Hand Surg* 30:960–8.
22. **Griffiths, D. J.** “Introduction to Electrodynamics”. Prentice Hall. p. 58, 1999.
23. **Howard PW, Steward HD, Hind RE, Burke FD.** (1989) External fixation or plaster for severely displaced comminuted Colles fractures? *J Bone Joint Surg Br* 71:68–73.
24. **Ibrahim Elhakim,** (2019). Enhanced Healing and Bone Re-Modelling by Low-Level Laser Therapy for Rapid Pain Control in Pediatric Fractures. *International Journal of Pain Management*, ISSN: 2688-5328, FRCS FHKCOS FHKCOS (Rehabilitation) FHKAM (Ortho Surg), Wellness Pain Centre Hong Kong. Ain Shams University, Egypt. Published 09 Apr 2019;
25. **J Jian Zhang ,Chong Ding, Li Ren, Yimin Zhou, Peng Shang** .(2014)The effects of static magnetic fields on bone. Key Laboratory for Space Bioscience and Biotechnology, Institute of Special Environmental Biophysics, School of Life Sciences, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China
26. **J Angelo Luiz Freddo PhD * Caroline Comis Giongo MS †Deise Ponzoni PhD‡ Adriana Corsetti PhD § Edela Puricelli PhD ¶.**(November 2016), Influence of a Magnetic Field and Laser Therapy on the Quality of Mandibular Bone During Distraction Osteogenesis in Rabbits . *journal of Oral and Maxillofacial Surgery* Volume 74, Issue 11, (November 2016), Pages 2287.e1-2287.e8
27. **Jeremy J Cook ,N Jake Summers ,Emily A Cook** Healing in the new millennium: bone stimulators: an overview of where we’ve been and where may be heading ,
28. **Karantana A, Downs - Wheeler MJ, Webb K, Pearce CA, Johnson A, Bannister GC.** (2006) The effects of Scaphoid and Colles casts on hand function. *J Hand Surg [Br]*. Aug;31(4):436-8
29. **Kojimoto H, Yasui N, Goto T.:** (1988) Bone lengthening in rabbits by callus distraction: The role of periosteum and endosteum. *J Bone Joint Surg* 70B: 543-549.
30. **Kooistra BW, Jain A, Hanson BP.** Electrical stimulation: Nonunions. *Indian J Orthop*. 2009;43:149–155. doi: 10.4103/0019-5413.50849. - DOI - PMC –

31. **Lucyna Krzyżan'ska, Anna Straburzy'ska – Lupa, Patrycja Ra,glewska, and Leszek Romanowski Hindawi** (2020)., Beneficial Effects of Pulsed Electromagnetic Field during Cast Immobilization in Patients with Distal Radius Fracture. *BioMed Research International* Volume 2020 Article ID 6849352
32. **Macklis RM.** (1993) Magnetic healing, quackery, and the debate about the health effects of electromagnetic fields. *Annals of Internal Medicine*, 1993; 118:376-83.
33. **M. A. Darendeliler, and P. M. Sinclair,** (1997), "Effects of Static Magnetic and Pulsed Electromagnetic Fields on Bone Healing," *International Journal of Adult Orthodontic and Orthognathic Surgery*, 12, 1, pp. 43-53.
34. **Markov, M.** (2015) XXIst century magnetotherapy, *Electromagnetic Biology and Medicine*, 34:3, 190-196.
35. **Markov, M.,** (2007). Magnetic Field Therapy: A Review. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 26, 1-23.
36. **Masud T, Jordan D, Hosking DJ.** (2001) Distal forearm fracture history in an older community - dwelling population: the Nottingham Community Osteoporosis (NOCOS) study. *Age Ageing*. May;30(3):255-8
37. **Mohammad Bayat et al.,** (2018)."Comparison of effects of LLLT and LIPUS on fracture healing in animal models and patients: A systematic review," *Progress in Biophysics and Molecular Biology* Volume 132, January 2018, Pages 3-22,
38. **Mourino MR.** (1991) From Thales to Lauterbur, or from the lodestone to MR imaging: magnetism and medicine. *Radiology* 1991; 180:593-612.
39. **Puricelli E, Dutra NB, PonzoniD.** (2009), Histological evaluation of the influence of magnetic field application in autogenous bone grafts in rats. *1Head FaceMed*. 2009;5
40. **Raisbeck CC.** (2003) Closed reduction of Colles fractures. *J Bone Joint Surg Am*. Aug;85A (8):1614
41. **R. A. Luben,** (1991)"Effects of Low-energy Electromagnetic Fields (pulsed and DC) on Membrane Signal Transduction Processes in Biological Systems, " *Health Physics*, 61, 1, 1991, pp.15-28.
42. **Ratterman, R., Secrest, J., Norwood, B., Ch'ien, A.** (2002), Magnet Therapy: What's the Attraction? *JOURNAL OF THE AMERICAN ACADEMY OF NURSE PRACTITIONERS*, 14(8).
43. **Robbins, JA, Hirsch, C, Whitmer, R et al** (2001) The association of bone mineral density and depression in an elderly population. *J Am Geriatric Soc* 49:732–736
44. **Roger Chou , Amir Qaseem, Vincenza Snow, Donald Casey, J Thomas Cross Jr, Paul Shekelle, Douglas K Owens,** American College of Physicians (2007). Clinical Guidelines «Diagnosis and Treatment of Low Back Pain: A Joint Clinical Practice Guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society» *Annals of Internal Medicine*.
45. **Seyed Kazem Shakouri , Jafar Soleimanpour , Yagob Salekzamani, Mohammad Reza Oskuie ,**2010.Effect of low-level laser therapy on the fracture healing process
46. **Shirin Fariva Talieh Malekshahab I Rez a Shiari** *J Lasers Med Sci*. 2014 Biological Effects of Low-Level Laser Therapy
47. **Summers A.** (2005) Recognising and treating type fractures in emergency care settings. *Emerg Nurse*. Oct;13(6):26-33

48. **Trock**, (2000) Electromagnetic fields and magnets. Investigational treatment for musculoskeletal disorders Rheum. Dis. Clin. North Am., 26 (2000), pp. 51-62
49. **Victoria G, Petrisor B, Drew B, Dick D**. Bone stimulation for fracture healing: What's all the fuss? Indian journal of orthopaedics. 2009; 43:117–120. doi: 10.4103/0019-5413.50844. - DOI - PMC
50. **Wen-Dien ChangJih -Huah Wu ,Hui-Ju Wang and Joe-Air Jiang** . Published Online: 3 Apr 2014. Therapeutic Outcomes of Low-Level Laser Therapy for Closed Bone Fracture in the Human Wrist and Hand. Photomedicine and Laser Surgery VOL. 32, NO .. 4 | Original Research
51. **Xuecheng Liu¹, Roger Lyon, Heidi T Meier, John Thometz, Steven T Haworth** ,(2007).Effect of lower-level laser therapy on rabbit tibial fracture
52. **Zhang J, Ding C, Ren L, Zhou Y, Shang P**. (2014) The effects of static magnetic fields on bone. Prog Biophys Mol Biol. 2014;114(3):146–152.
53. **Zwolińska, J., Gašior, M., Śnieżek, E., & Kwolek, A.** (2016), The use of magnetic fields in treatment of patients with rheumatoid arthritis. Review of the literature. Reumatologia, 54(4), 201.

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

54. **Λαζαρέτος Ιωάννης**. Εισαγωγή στην ορθοπαιδική . e-class, τμήμα φυσικοθεραπείας Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Διαθέσιμο από <https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/PHYS196/02%20%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%AC%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20-%20%CE%A6%CE%A5%CE%A3.pdf> (πρόσβαση 29 Αυγούστου 2020)
55. **Μουστάκας Κωνσταντίνος ,Δημήτριος Σταθόπουλος** 2019. Ίδρυμα Ευγενίδου' Φως ,Κύμα ή σωματίδιο ; Εισαγωγή σε βασικές έννοιες της κβαντικής φυσικής » .Πρόγραμμα για εκπαιδευτικούς Φυσικής, Πληροφορικής και Τεχνολογίας της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης .Διαθέσιμο από : <https://www.eef.edu.gr/media/4672/fos-kyma-i-somatidio-eisagogi-se-basikes-ennoies-tis-kbantikis-fysikis.pdf> (πρόσβαση 25 Αυγούστου 2020).

ΜΕΤΑΦΡΑΣΜΕΝΑ ΒΙΒΛΙΑ

56. **Carol A Oatis, 2012, Σταθόπουλος Θ. Ιωάννης**. Κινησιολογία Ι-ΙΙ. "Η μηχανική και παθομηχανική της ανθρώπινης κίνησης". Μετάφραση από Αγγλικά. 3^η έκδοση. Εκδόσεις Gotsis. Μέρος 1. Εμβιομηχανική των οστών. σελ. : 46-54.
57. **Hougloum 2016, Μανδαλίδης Δημήτριος, Μαυρομούστακος Σάββας, Στριμπάκος Νικόλαος, Φουσέκης Κωνσταντίνος**. Κινησιοθεραπεία , θεραπευτικές ασκήσεις για μυοσκελετικές παθήσεις. Εκδόσεις Πασχαλίδη. 2018, σελ. : 64-65.

58. W. Platzer -W. Kahle – H. Leonhardt, εγχειρίδιο ανατομικής του ανθρώπου με έγχρωμο άτλαντα, τόμος 1, μυοσκελετικό σύστημα, συνδετικός και ερειστικός ιστός, σελ. 14.