



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ**  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΤΕΝΟΝΤΟΠΑΘΕΙΑ ΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΠΕΤΑΛΟΥ - Η  
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΤΙΚΟΥ  
ΥΠΕΡΗΧΟΥ. ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:**

**ΜΑΝΙΟΥΔΑΚΗ ΙΩΑΝΝΑ Α.Μ:1553**

**ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ ΠΑΥΛΟΣ Α.Μ:1534**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΑΙΓΙΟ-2022**

**PHYSICAL THERAPY INTERVENTIONS  
FOR ROTATOR CUFF TENDINOPATHY –  
EFFECTIVENESS OF SHOCKWAVE THERAPY.  
A LITERATURE REVIEW**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσουμε θερμά τον εισηγητή μας Δρ. **Κωνσταντίνο Κουτσογιάννη** για την βοήθεια, την υποστήριξη και την καθοδήγησή του για την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειές μας για την υποστήριξη όλο αυτό το διάστημα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Εισαγωγή:** Η τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου είναι μια συχνή παθολογική κατάσταση που προκαλεί πόνο και επηρεάζει σημαντικά την λειτουργικότητα του ατόμου. Η πολυπλοκότητα της πάθησης οδηγεί συχνά, σε μη ικανοποιητικά αποτελέσματα της συντηρητικής αντιμετώπισης. Η θεραπεία με κρουστικά κύματα έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε άλλες τενόντιες παθήσεις, όμως τα αποτελέσματά της στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου είναι ασαφή.

**Σκοπός:** Σκοπός της ανασκόπησης είναι να διερευνήσει την αποτελεσματικότητα των μεθόδων φυσικοθεραπείας στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου. Θα δοθεί έμφαση στην αναζήτηση στοιχείων πάνω στη χρήση της θεραπείας κρουστικών κυμάτων (ESWT).

**Μέθοδος:** Θα αναζητηθούν άρθρα σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων, μέσω μηχανών αναζήτησης όπως Pubmed, PEDro και Google Scholar, καθώς και εντοπισμός ερευνών από τις αναφορές των σχετικών άρθρων. Τα κριτήρια ένταξης θα είναι μελέτες που χρησιμοποίησαν θεραπεία εστιασμένων ή ακτινωτών κρουστικών κυμάτων σε σύγκριση με εικονική θεραπεία (sham ESWT) ή άλλες φυσικοθεραπευτικές μεθόδους σε παθήσεις του στροφικού πετάλου που συμπεριλαμβάνονται στον όρο τενοντοπάθεια.

**Συμπεράσματα:** Η θεραπεία κρουστικών κυμάτων αποτελεί μια θεραπευτική επιλογή σε ασθενείς με τενοντοπάθειες στροφικού πετάλου, που έχουν λάβει συμβατική θεραπεία χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα. Υπάρχουν ερευνητικές ενδείξεις για την υπεροχή των κρουστικών κυμάτων έναντι άλλων θεραπευτικών μέσων (θεραπευτικός υπέρηχος, θεραπεία λέιζερ χαμηλής ισχύος) (Dedes et al. 2019; Güloğlu 2021). Η θεραπευτική άσκηση βρέθηκε ανώτερη από τα κρουστικά κύματα 18 εβδομάδες μετά τη θεραπεία, ενώ τα αποτελέσματα δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές σε follow-up ενός έτους (Engbretsen et al., 2009). Η χρήση τους είναι ασφαλής, με μικρής σημασίας παροδικές παρενέργειες. Ωστόσο, τα αποτελέσματα των ελεγχόμενων κλινικών δοκιμών μέχρι αυτή τη στιγμή, στην πλειοψηφία τους, δεν έχουν δείξει στατιστικά σημαντική υπεροχή σε σύγκριση με εικονική θεραπεία. Οπότε, θα πρέπει η χρήση των κρουστικών κυμάτων στις τενοντοπάθειες του ώμου χωρίς ασβεστοποίηση να ερευνηθεί περισσότερο, για να βρεθούν ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία για την αποτελεσματικότητά τους και να προσδιοριστούν οι καταλληλότερες παράμετροι χρήσης τους.

**Λέξεις Κλειδιά :** Τενοντοπάθεια, στροφικό πέταλο, κρουστικός υπέρηχος, θεραπεία κρουστικών κυμάτων

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....</b>	<b>II</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>III</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....</b>	<b>IV</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....</b>	<b>VI</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....</b>	<b>VI</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>VII</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ανατομία ωμικής ζώνης .....	1
1.2 Αρθρώσεις ωμικής ζώνης .....	1
1.3 Ωμοβραχιόνιος ρυθμός.....	2
1.4 Ορισμός τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου.....	4
1.5 Παθογένεια της πάθησης.....	5
1.6 Αιτιολογία.....	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΕΝΟΝΤΟΠΑΘΕΙΑΣ ΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΠΕΤΑΛΟΥ. 8</b>	
2.1 Συντηρητική αντιμετώπιση .....	8
2.2 Δια χειρός θεραπεία .....	9
2.3 Θεραπευτική άσκηση.....	10
2.4 Έκκεντρη άσκηση .....	13
2.5 Θεραπεία laser.....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>20</b>
3.1 Ορισμός κρουστικών κυμάτων.....	20

3.2 Κατηγορίες κρουστικών κυμάτων .....	21
3.3 Επιδράσεις κρουστικών κυμάτων .....	22
3.4 Χρήση κρουστικών κυμάτων στην τενοντοπάθεια .....	23
3.5 Αντενδείξεις κρουστικών κυμάτων .....	24
3.6 Ενδείξεις ανά περιοχή .....	25
3.6.1 Οστικές ενδείξεις: μη ένωση, καθυστερημένη επούλωση .....	25
3.6.2 Οστεονέκρωση, οίδημα μυελού των οστών .....	25
3.6.3 Πελματιαία απονευρωσίτιδα, Αχίλλειος τενοντοπάθεια .....	26
3.6.4 Τενοντίτιδα calcarea, αβεστοποιητική τενοντίτιδα .....	26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>28</b>
4.1 Μεθοδολογία .....	28
4.2 Αποτελέσματα .....	31
4.3 Συζήτηση .....	36
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>40</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>41</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΩΜΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΠΗΓΗ:PHYSIOEXPERT.GR.....	1
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΔΙΑΤΑΣΗ ΟΠΙΣΘΙΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ (INGWERSEN ET AL., 2017) .....	111
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΙΣΟΤΟΝΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΕΡΑΚΑΝΘΙΟ (INGWERSEN ET AL., 2017) .....	122
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΙΣΟΤΟΝΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΞΩ ΣΤΡΟΦΕΙΣ ΤΟΥ ΩΜΟΥ (INGWERSEN ET AL., 2017) .....	12
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΙΣΟΤΟΝΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΩΝ ΜΥΩΝ ΤΗΣ ΩΜΟΠΛΑΤΗΣ (INGWERSEN ET AL., 2017).....	133
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΈΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΕΡΑΚΑΝΘΙΟ 0-180° ΣΕ ΩΜΟΠΛΑΤΙΑΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (ΜΑΕΝΗΟΥΤ ΕΤ ΑΛ., 2012) .....	15
ΕΙΚΟΝΑ 7. Α) Ο ΑΣΘΕΝΗΣ ΤΟΠΟΘΕΤΕΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΤΟ ΑΝΩ ΑΚΡΟ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΘΕΣΗ, Β) Ο ΑΣΘΕΝΗΣ ΕΚΤΕΛΕΙ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΤΩΝ ΕΞΩ ΣΤΡΟΦΕΩΝ ΤΟΥ ΩΜΟΥ (ΕΙΚΟΝΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΛΙΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΤΩΝ CHACONAS ET AL. (2017)) .....	16
ΕΙΚΟΝΑ 8. . ΠΗΓΗ:GALINOSPHYSIOTHERAPY.GR .....	19

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ .....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΑΝΩ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ.....	288

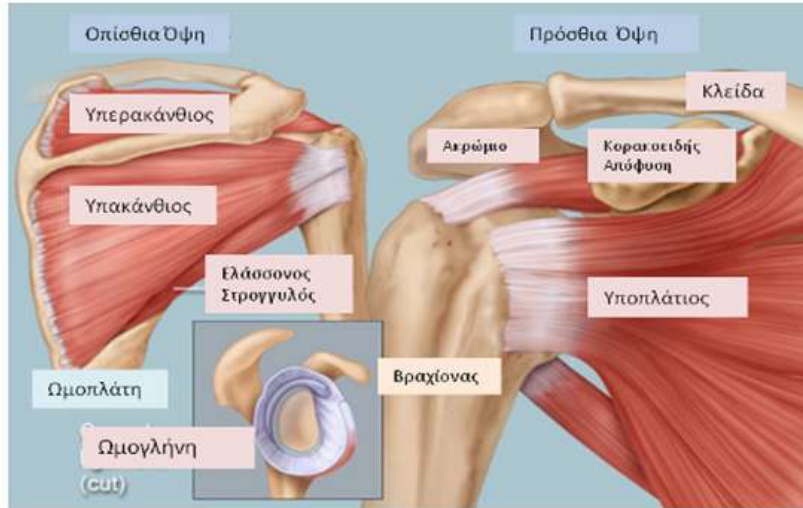
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο πόνος στον ώμο αποτελεί ένα φαινόμενο με μεγάλη συχνότητα εμφάνισης και συχνά οφείλεται σε παθολογία του τένοντα του στροφικού πετάλου και τους παρακείμενους ιστούς. Η τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου περιγράφεται ως μια συνεχιζόμενη παθολογία, με συχνά χρόνια χαρακτήρα και χαρακτηρίζεται από πόνο και μειωμένη λειτουργικότητα και ποιότητα ζωής. Η αιτιολογία της τενοντοπάθειας είναι πολυπαραγοντική και περιλαμβάνει εξωγενείς παράγοντες, ενδογενείς μηχανισμούς αλλά και συνδυασμό αυτών. Οι εξωγενείς παράγοντες περιλαμβάνουν τον τραυματισμό, την επαναλαμβανόμενη αθλητική ή εργασιακή δραστηριότητα και την εξωτερική συμπίεση του στροφικού πετάλου και οι ενδογενείς μηχανισμοί την απώλεια ελέγχου της κεφαλής του βραχιονίου και τις δομικές αλλαγές στον τένοντα (Varacallo et al., 2021). Ο ακρογωνιαίος λίθος στην αποκατάσταση της τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου είναι η συντηρητική αντιμετώπιση. Ωστόσο η αποκατάσταση της τενοντοπάθειας αποτελεί μια πρόκληση, διότι τα αποτελέσματα της συντηρητικής αντιμετώπισης δεν είναι πάντα ικανοποιητικά. Η φτωχή κατανόηση της παθογένειας της τενοντοπάθειας, είναι πιθανό να οδηγεί σε μη στοχευμένη θεραπεία και υποβέλτιστα κλινικά αποτελέσματα (Cook et al., 2016). Η χρήση των κρουστικών κυμάτων παρουσιάζει ενδιαφέρον, καθώς έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε μυοσκελετικές παθήσεις, όπως της καταφυτικής τενοντοπάθειας του αχιλλείου τένοντα. Για παράδειγμα, στην κλινική δοκιμή των Rompe, Furia και Maffuli (2008) βρέθηκαν ανώτερα κλινικά αποτελέσματα με τη χρήση κρουστικών κυμάτων, σε σύγκριση με πρωτόκολλο έκκεντρων ασκήσεων. Από την έρευνα πάνω στις επιδράσεις των κρουστικών κυμάτων σε τενόντια κύτταρα, έχουν εντοπιστεί πιθανοί θεραπευτικοί μηχανισμοί, όπως η αναλγησία και η τροποποίηση βιολογικών αποκρίσεων. Θετικά αποτελέσματα έχουν βρεθεί και στην ασβεστοποιητική τενοντίτιδα (Gerdesmeyer et al., 2003) ωστόσο, τα αποτελέσματα στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου δεν έχουν ακόμα αποδειχθεί.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

## 1.1 Ανατομία ωμικής ζώνης



Εικόνα 1. Ανατομία ωμικής ζώνης ΠΗΓΗ:PhysioExpert.gr

Όσον αφορά την κινητικότητα και τη λειτουργία, ο ώμος είναι μια σύνθετη άρθρωση με ευρύ φάσμα κινήσεων και λειτουργικών απαιτήσεων όπου ενώνει το άνω άκρο με τον κορμό. Αποτελείται από τρία οστά: την κλείδα, την ωμοπλάτη και το βραχιόνιο οστό τα οποία σχηματίζουν την άρθρωση του ώμου. Πολυάριθμα δομικά χαρακτηριστικά και ανατομικές αλληλεπιδράσεις παίζουν ρόλο στη σωστή λειτουργία του ώμου, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε δυσλειτουργία και βλάβη. Οι ασθενείς με δυσφορία στον ώμο πρέπει να υποβληθούν σε λεπτομερή φυσική εξέταση προκειμένου να διαγνωστούν σωστά. Είναι σημαντικό να ακολουθούνται οι τυπικές διαδικασίες εξέτασης για την παρατήρηση, την ψηλάφηση, την αξιολόγηση του εύρους κίνησης και της δύναμης και τον έλεγχο της ακεραιότητας του νευροβλαστικού συστήματος. Η διάγνωση απορρέει από το ιστορικό του ασθενή, την κλινική εξέταση και διαγνωστικές εξετάσεις όπως η ακτινογραφία και η μαγνητική τομογραφία (MRI). Η λήψη κλινικών αποφάσεων και οι επιλογές θεραπείας ενημερώνονται όταν η βλάβη του στροφικού πετάλου αξιολογείται με εξετάσεις (Bakhsh & Nicandri, 2018).

Η κατανόηση της λειτουργίας και του εύρους κίνησης του ώμου απαιτεί κατανόηση της κινησιολογίας του.

## 1.2 Αρθρώσεις ωμικής ζώνης

Η ωμική ζώνη αποτελείται από τις αρθρώσεις:

- Στερνοκλειδική,
- Ακρωμιοκλειδική
- Ωμοπλατοθωρακική
- Γληνοβραχιόνια

Επειδή τα κινούμενα οστά δεν συνδέονται άμεσα μεταξύ τους, η ωμοπλατοθωρακική δεν ταιριάζει σε καμία από τις τυπικές κατηγορίες αρθρώσεων, καθώς τα κινητά οστά δεν χωρίζονται από χόνδρο και ινώδες υλικό αλλά από μύες.

- **Στερνοκλειδική Άρθρωση**

Περιγράφεται είτε σαν μια επίπεδη σύνδεση είτε σαν μια εφιπιοειδής. Η αρθρική γλήνη είναι μια κοίλη ρηχή εντομή στο στέρνο και η κεφαλή σχηματίζεται από το στερνικό άκρο της κλείδας. Οι αρθρικές επιφάνειες καλύπτονται από ινοχόνδρινο ιστό και από το δίσκο ο οποίος στερεώνεται προς τα πάνω στην κλείδα και προς τα κάτω στο στέρνο. Ο αρθρικός θύλακος ενισχύεται από τον πρόσθιο και τον οπίσθιο στερνοκλειδικό σύνδεσμο. Οι κλείδες ενώνονται μεταξύ τους με το μεσοκλειδικό σύνδεσμο. Η στερνοκλειδική διάρθρωση έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας κινήσεων.(Platzer, 2005).

- **Ακρωμιοκλειδική Άρθρωση**

Αν και αναφέρεται ως κυρτή και κοίλη, οι αρθρικές επιφάνειες περιγράφονται ως ανώμαλες και επίπεδες. Η άρθρωση μεταξύ του ακρωμίου και του έξω χείλους της κλείδας καθώς και της ωμοπλάτης. Ο ακρωμιοκλειδικός σύνδεσμος ενισχύει από την πάνω πλευρά τον αρθρικό θύλακα και από την πίσω πλευρά ενισχύεται η άρθρωση με την απονεύρωση του τραπεζοειδή μυ καθώς και με τον δελτοειδή μυ. Ο κωνοειδής και ο τραπεζοειδής σταθεροποιούν την κλείδα στην κορακοειδή απόφυση.

- **Ωμοπλατοθωρακική Άρθρωση**

Δεν πρόκειται για κανονικές αρθρώσεις. Ο μόνος κοινός τους παρονομαστής είναι ότι επιτρέπουν την κίνηση. Γενικά, η κύρια λειτουργία της άρθρωσης είναι να ενισχύσει την κινητικότητα του καρπού, ενισχύοντας έτσι το εύρος και την ποικιλομορφία των κινήσεων από το χέρι προς τον κορμό. Όταν ένα άτομο πέφτει σε ένα εκτεταμένο χέρι, η άρθρωση και οι μύες της περιοχής απορροφούν τους κραδασμούς, τραυματίζοντας τον ώμο.

- **Γληνοβραχιόνια Άρθρωση**

Αν και η ωμική ζώνη αναφέρεται μερικές φορές ως ενιαία άρθρωση, στην πραγματικότητα αποτελείται από ένα δίκτυο τεσσάρων διασυνδεδεμένων αρθρώσεων. Οι σφαιρικές αρθρώσεις είναι οι πιο κινητές αρθρώσεις στο ανθρώπινο σώμα, επιτρέποντας ένα ευρύ φάσμα κίνησης σε όλες τις αρθρώσεις. Αυτό συμβαίνει επειδή, παρόλο που και οι δύο επιφάνειες έχουν παρόμοια σχήματα, η ωμοπλάτη είναι λιγότερο από το μισό της επιφάνειας της μεγαλύτερης αντίστοιχης επιφάνειας. Ως αποτέλεσμα αυτών των παραγόντων, δομές άλλες από τα οστά παρέχουν σταθερότητα (Oatis, 2010). Η ωμογλήνη και η βραχιόνιος κεφαλή καλύπτονται από υαλοειδή χόνδρο, όπου ο χόνδρος στην κεφαλή είναι πιο παχύς στο κέντρο ενώ η ωμογλήνη ενισχύεται επιπλέον από επιχείλιο ινώδη χόνδρο που παρέχει βάθος στην γληνοειδή κοιλότητα και την διαφυλάττει από τυχόν πρόσκρουση με την κεφαλή του βραχιονίου.(Hamilton et al. 2003)

### **1.3 Ωμοβραχιόνιος ρυθμός**

Η ωμοπλάτη εμπλέκεται σε μια μεγάλη ποικιλία κινήσεων του βραχίονα, που τοποθετεί την ωμογλήνη στην καλύτερη θέση για την κεφαλή του βραχιονίου. Ο όρος «ωμοβραχιόνιος ρυθμός» χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτή την τεχνική. Η συνεργατική κίνηση του ώμου δεν είναι μια γραμμική σύνδεση. Διαφέρει από το ένα άτομο στο άλλο και συνδέεται με τη φάση της κίνησης (Hamilton et al., 2003). Όταν πρόκειται για ρίψη, ο ωμοβραχιόνιος ρυθμός αλλάζει με την ηλικία και τη δραστηριότητα. Οι αλλαγές μπορούν να επέλθουν μεταβάλλοντας το βάρος και την ταχύτητα της κίνησης. Αυτή η

συνεργασία (ώμος-ωμοπλάτη) αναμένεται σε ένα τυπικό ενήλικο σώμα. Η ωμική ζώνη κρατά το πάνω μέρος του σώματος προσκολλημένο στα οστά. Το στέρνο και η κλείδα βρίσκονται στο μπροστινό μέρος, ενώ οι δύο ώμοι βρίσκονται στο πίσω μέρος (Hamilton et al., 2003). Αυτές οι αρθρώσεις συνδέουν το στέρνο και το ακρώμιο με κάθε κλείδα, ενώ το στερνοκλειδομαστοειδές συνδέει κάθε κλείδα με το στέρνο της σχετικής ωμοπλάτης. Σχηματίζεται ημιτελής ζώνη γιατί οι 2 ώμοι στην πλάτη δεν συναντώνται. Ανατομικά, το βραχιόνιο ή η άρθρωση του ώμου, χρησιμεύει ως ενδιάμεσο μεταξύ του άνω άκρου και της ωμικής ζώνης, γι' αυτό και το άνω άκρο συνδέεται με αυτήν την άρθρωση (Hamilton et al., 2003). Ο στερνοκλειδικός είναι ο μόνος σκελετικός σύνδεσμος μεταξύ των άνω άκρων και του κορμού, παρά το μικρότερο μέγεθός του. Ως αποτέλεσμα αυτού του ανατομικού μηχανισμού, το άνω άκρο έχει μεγάλο εύρος κίνησης και συγχρονισμού. Λόγω της σφαιρικής μορφής του ώμου, το άνω άκρο έχει μεγάλο εύρος κίνησης (ROM). Το συνεργασιακό αποτέλεσμα της ωμικής ζώνης επεκτείνει τις κινήσεις του. Η πλήρης κατανόηση της λειτουργίας και της δομής κάθε άρθρωσης είναι απαραίτητη για την κατανόηση του εύρους κίνησης του άνω άκρου προς τον κορμό, καθώς και του διαχωρισμού κάθε άρθρωσης σε κάθε κίνηση (Hamilton et al, 2003).

Σύμφωνα λοιπόν με μελέτες παρά τις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των υγιών ώμων, εκπορεύονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά :

- Κατά τη διάρκεια της ανύψωσης των ώμων, οι αρθρώσεις της ωμοπλάτης και του βραχιονίου κινούνται παράλληλα σχεδόν όλη την ώρα.
- Οι ωμοπλάτες και το βραχιόνιο εμπλέκονται στην κίνηση της κάμψης καθώς και στην απαγωγή του ώμου.
- Ως σύνολο, το χέρι και ο ώμος κινούνται ταυτόχρονα.
- Η συσχέτιση κίνησης ώμου-καρπού ποικίλλει ανάλογα με την τροχιά και τον βαθμό της κίνησης που εμπλέκεται.
- Η αναλογία κίνησης μεταξύ του βραχιονίου και της ωμοπλάτης καθορίζεται κυρίως από την ενεργοποίηση των μυών.

Όσον αφορά τη σταθεροποίηση, το πέταλο των στροφών όπου αποτελείται από τον Υπερακάνθιο, τον Υπακάνθιο, τον Υποπλάτιο και τον Ελάσσων στρογγύλο παίζει σημαντικό ρόλο.

Σύμφωνα με τον Platzner(2005,page 138-140):

Ο **Υπερακάνθιος** εκφύεται από την υπερακάνθια περιτονία και τον υπερακάνθιο βόθρο και καταφύεται στην άνω μοίρα του μείζονος βραχιονίου ογκώματος. Απάγει τον βραχίονα και νευρώνεται από το υπερπλάτιο νεύρο(A4-A6).

Ο **Υπακάνθιος** εκφύεται από τον υπακάνθιο βόθρο,την άκανθα της ωμοπλάτης και καταφύεται στο μείζον βραχιόνιο όγκωμα. Εκτελεί έξω στροφή του βραχίονα και νευρώνεται από από το υπερπλάτιο νεύρο(A4-A6).

Ο **Υποπλάτιος** εκφύεται από τον υποπλάτιο βόθρο και καταφύεται στο έλασσον βραχιόνιο όγκωμα και στην κοντινή μοίρα του της ακρολοφίας του ελάσσονος βραχιονίου ογκώματος. Εκτελεί έσω στροφή του βραχίονα και νευρώνεται από το υποπλάτιο νεύρο(A5-A8).

Ο **Ελάσσων στρογγύλος** εκφύεται από το έξω χείλος της ωμοπλάτης πάνω από την έκφυση του μείζονος στρογγύλου και καταφύεται στο μείζον βραχιόνιο όγκωμα. Πραγματοποιεί ασθενή έξω στροφή του βραχίονα και νευρώνεται από το μασχαλιαίο νεύρο(A5-A6).

Ο Υπερακάνθιος,ο Υπακάνθιος και ο Ελάσσων Στρογγύλος προστατεύουν την κεφαλή του βραχίονα και την διατηρούν σε ομοιογενή θέση κατά την κάμψη και την απαγωγή του βραχίονα. Όταν το εύρος απαγωγής είναι πάνω από 90 μοίρες, η συμβολή τους μειώνεται. Όταν η άρθρωση του ώμου βρίσκεται σε “κλειδωμένη” θέση, οι σύνδεσμοι ενεργοποιούνται σε υγιή άτομα, που είναι η σοβαρή απαγωγή που σχετίζεται με μια

περιστροφή προς τα έξω (Hamill et al., 2006). Η άρθρωση του ώμου βάσει μετρήσεων έδειξαν ότι δεν τηρεί τον κανόνα κυρτού-κοίλου. Ακόμη και μερικές ολισθήσεις των χεριών συνοδεύουν τις κινήσεις. Ανακαλύφθηκε ότι στην ουδέτερη θέση της μασχάλης, η κεφαλή γλιστράει 17 τοις εκατό προς τα εμπρός, 26 τοις εκατό προς τα πίσω και 29 τοις εκατό προς τα κάτω σε άτομα με καταστολή χωρίς δυσκολίες στους ώμους. Η διάμετρος της κεφαλής του βραχίονα ολισθαίνει ως αναλογία της διαμέτρου της ωμοπλάτης προς την κατεύθυνση της ολίσθησης. Σε υγιείς ώμους, μπορεί να κινηθεί έως και 1,5 cm σε παθητικές ολισθήσεις. Η ικανότητα ενός ατόμου να κινείται προς τα εμπρός και προς τα κάτω διακυβεύεται σε άτομα που έχουν προδιάθεση για πρόσθια αστάθεια. Η ολίσθηση αυξάνεται και στις τρεις διαστάσεις για άτομα με αστάθεια πολλαπλών κατευθύνσεων. Σε αυτό το στάδιο, η ολίσθηση της άρθρωσης του βραχιονίου είναι αρκετά τυπική (Oatis, 2015). Η άρθρωση του βραχιονίου συχνά φτάνει το άκρο σε ακραίες θέσεις στο εύρος κίνησής του λόγω των περίπλοκων και οριακών κινήσεων στο εύρος κίνησης που διεξάγει η άρθρωση του βραχίονα. Ο αρθρικός θύλακας και οι σύνδεσμοι της άρθρωσης συμπιέζονται σε αυτή την κατάσταση. Ένα εξάρθρημα ή υπεξάρθρημα είναι πιθανό να συμβεί αφού η βραχιόνια κεφαλή έχει αναγκαστεί να βρεθεί εκτός της παρυφής του γληνοειδούς χείλους (Oatis, 2015). Ο ωμοβραχιόνιος ρυθμός επηρεάζει τη δύναμη της άρθρωσης της ζώνης του ώμου. Αντί να χρησιμοποιούνται προκαθορισμένες αναλογίες ή μια μέση ποσότητα κίνησης του ώμου, είναι σημαντικό να λαμβάνονται πιο ακριβείς μετρήσεις και προσομοιώσεις της κίνησης του ώμου. Είναι δυνατή η δημιουργία εικονικών πληθυσμών, η εκτέλεση αποτελεσματικών προσομοιώσεων και η λήψη στατιστικών αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνική μοντέλου κίνησης (Flores-Hernandez et al., 2019).

#### **1.4 Ορισμός τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου**

Η δυσφορία στον ώμο επηρεάζει το 30% του πληθυσμού κάποια στιγμή στη ζωή του και το 50% του πληθυσμού έχει τουλάχιστον ένα περιστατικό πόνου στον ώμο κάθε χρόνο, σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες (Westra & Lewis, 2017). Η ενόχληση του ώμου μπορεί να προκληθεί από τενοντίτιδα του στροφικού πετάλου, η οποία αντιπροσωπεύει έως και το 80 τοις εκατό όλων των περιστατικών στη γενική περίθαλψη (Malliaras et al., 2020). Ο όρος Τενοντίτιδα χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει ένα επώδυνο πρόβλημα στο τένοντα, μια εκφύλιση αλλά η καλή γνώση της παθοφυσιολογίας του τένοντα του στροφικού πετάλου παραμένει δύσκολη παρά τη γνωστή κλινική του εμφάνιση (Littlewood et al., 2016). Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτή την πάθηση (Ketola et al., 2017). Η τενοντίτιδα είναι μια επώδυνη διαταραχή που επηρεάζει τους τένοντες και σχετίζεται με την αποδιοργάνωση και το πάχος του τένοντα που μειώνει τις ιδιότητες του. Αυτό οδηγεί σε επιδείνωση της κατάστασης και τελικά σε καταστροφή των τενόντιων (Factor & Dale, 2014).

Υπάρχουν αρκετές διαταραχές που σχετίζονται με την τενοντίτιδα του στροφικού πετάλου, συμπεριλαμβανομένου του συνδρόμου πρόσκρουσης του ώμου και της υπακρωμιακής θυλακίτιδας (Desjardins-Charbonneau et al., 2015). Η μακριά κεφαλή του δικεφάλου και οι τένοντες του ώμου μπορεί να παρουσιάσουν φλεγμονή και να εκφυλιστούν ως αποτέλεσμα της εκφύλισης του τένοντα του στροφικού πετάλου, η οποία χαρακτηρίζεται από δυσφορία και ευαισθησία στον ώμο και αυξημένη ευαισθησία πάνω από τον αγκώνα (Dedes et al., 2019). Όταν πρόκειται για δυσφορία στην περιοχή του ώμου, η πιο κοινή πηγή του προβλήματος μπορεί να είναι είτε μια χρόνια εκφυλιστική ασθένεια είτε ένα πρόβλημα κατάχρησης χωρίς να παρουσιάζει φλεγμονή (Lin et al., 2019). Ως αποτέλεσμα της τενοντίτιδας, οι χειρωνακτικοί εργάτες, οι άνθρωποι που ασχολούνται με τον αθλητισμό και

οι ηλικιωμένοι ζημιώνονται συχνότερα, καθώς η ενόχληση και η αδυναμία στον ώμο επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητά τους να συμμετέχουν σε αθλήματα, και στην καθημερινή τους ζωή (Bertrand et al., 2016). Έως και 14 τοις εκατό του γενικού πληθυσμού πάσχει από νόσο του τένοντα του στροφικού πετάλου, η οποία μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ενόχληση στους ώμους και πόνο (Littlewood et al., 2016). Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτή η ασθένεια είναι γνωστή ως «Σύνδρομο Υπακρωμιακής Πρόσκρουσης», η οποία είναι μια φράση που χρησιμοποιείται ευρέως για να αναφέρεται σε άτομα που αντιμετωπίζουν πόνο στον πρόσθιο ώμο (Dejaco et al., 2017). Παρουσιάστηκε το 1972 από τον Neer για να ορίσει μια ομάδα ασθενειών που προκαλούσαν δυσφορία στον ώμο και οι λόγοι της περιελάμβαναν θυλακίτιδα, τενοντίτιδα, ασβεστώσεις και ρήξεις του στροφικού πετάλου. Αργότερα, περιγράφηκε ως τραυματισμός του περιστροφικού πετάλου του κινητήρα στο στροφικό πέταλο καθώς και ως θύλακας όταν συμπυκνώνεται στην υπακρωμιακή περιοχή και κλινικά ορίζεται από ενοχλητική απαγωγή του ώμου, μειωμένη ενεργή κίνηση και σταδιακή απώλεια δύναμης. Τέλος, η επίδραση στον ώμο είναι η πιο κοινή εξωγενής αιτία τενοντίτιδας του στροφικού πετάλου (τενοντίτιδα του στροφικού πετάλου) (Factor & Dale, 2014).

Ωστόσο, όσον αφορά τη ρήξη του στροφικού πετάλου, αυτή είναι η πιο διαδεδομένη από όλες τις παθήσεις του ώμου σε μεσήλικες καθώς και σε ηλικιωμένους και είναι η πιο πιθανή αιτία για χειρουργική επέμβαση στις αρθρώσεις του ώμου σε αυτούς τους πληθυσμούς (Oh et al., 2018). Οι ρήξεις του στροφικού πετάλου μπορεί να αναπτυχθούν ως αποτέλεσμα μιας μόνο αιτίας ή ως αποτέλεσμα ενός μείγματος αγγειακών, εκφυλιστικών, μηχανικών και τραυματικών παραγόντων. Οι μεγαλύτερες ρήξεις έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανίσουν δυσφορία βραχυπρόθεσμα σε σύγκριση με τα μικρά κατάγματα και η αυξανόμενη αίσθηση ενόχλησης στους ώμους συνδέεται με αυξημένες ρήξεις (Mall et al., 2010). Όταν πρόκειται για τη θεραπεία των μικρών έως μεσαίου μεγέθους ρήξεων του στροφικού πετάλου της άρθρωσης του ώμου, η χειρουργική επέμβαση τενόντων και η φυσικοθεραπεία έχουν αποδειχθεί επιτυχημένες προσεγγίσεις (Moosmayer et al., 2014). Ωστόσο, ορισμένοι συγγραφείς έχουν παρατηρήσει ότι έως και το 30% των πλήρων ρήξεων του στροφικού πετάλου μπορεί να κατηγοριοποιηθούν ως μη αναστρέψιμα λόγω του μεγάλου μεγέθους της ρήξης και της εκτεταμένης μυϊκής ατροφίας, γεγονός που τα καθιστά δύσκολη την αντιμετώπισή τους (Oh et al., 2018). Το πιο σημαντικό στοιχείο σε αυτό είναι το μέγεθος της ρήξης του στροφικού πετάλου πριν από τη χειρουργική επέμβαση, το οποίο επηρεάζει τη μακροπρόθεσμη πρόγνωση της αποκατάστασης όσον αφορά το εύρος κίνησης (ROM), τη δύναμη και την ανάγκη για επιπλέον χειρουργική επέμβαση μετά την αρχική επέμβαση (Factor & Dale, 2014).

## **1.5 Παθογένεια της πάθησης**

Η τενοντοπάθεια του πετάλου των στροφικών προκαλείται από ένα μείγμα εγγενών, εξωτερικών και περιβαλλοντικών μεταβλητών (Lewis, 2009). Αρκετές ανατομικές και εμβιομηχανικές μεταβλητές έχουν ρόλο στην ανάπτυξη χρόνιου πόνου στον ώμο. Μεταξύ των ανατομικών μεταβλητών είναι της μειωμένης απόστασης του βραχίονα, το σχήμα του ακρωμίου, η πάχυνση του κορακοακρωμιακού και οι αρθρικές αλλαγές στην κινηματική του ώμου, η κακή θέση του σώματος, η δυσκαμψία των ιστών της οπίσθιας πλευράς του ώμου αλλά και του θωρακικού μυός, καθώς και η ύπαρξη σημείων πυροδότησης πόνου, που σχετίζονται με μυϊκούς σπασμούς (Dejaco et al., 2017). Οι κύριες διεργασίες της νόσου του τένοντα του στροφικού πετάλου, περιλαμβάνουν τη μορφολογία και τη λειτουργία του τένοντα, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε εκφυλιστικές αλλοιώσεις λόγω ηλικίας, κακή αιμάτωση και αγγείωση, μειωμένα τα μηχανικά χαρακτηριστικά (Dejaco et al., 2017). Η τενοντοπάθεια του τένοντα του στροφικού πετάλου εκδηλώνεται πιο συχνά ως δυσφορία

στον ώμο που επιδεινώνεται από την κίνηση, τη μυϊκή αδυναμία και τη μειωμένη λειτουργία των αρθρώσεων. Καθώς τα συμπτώματα αυξάνονται, η ενόχληση μπορεί να γίνει σοβαρή και να δυσκολέψει το άτομο να λειτουργήσει, ή να κοιμάται στον ώμο που έχει τραυματιστεί. Μπορεί να υπάρχει πόνος ηρεμίας και δυσκαμψία (Dedes et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα, η τενοντίτιδα του υπερακανθίου προκαλεί πόνο στην άνω εξωτερική πλευρά, με πιθανό αντανακλώμενο πόνο στην πλάγια πλευρά του βραχίονα και του ώμου. Η ενεργητική κίνηση, ιδιαίτερα η απαγωγή, αυξάνει την ένταση του πόνου και αυξάνει την αντίσταση στην κάμψη στην άρθρωση (Dedes et al., 2019). Οι ασθενείς μπορεί να αισθάνονται μείωση της ικανότητάς τους να κινούνται με τρόπους που απαιτούν περιστροφή, κάμψη, καθώς και απαγωγή του ώμου ως αποτέλεσμα της ενόχλησης (Dedes et al., 2019). Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι περίπου το ένα τρίτο των ατόμων με οδυνηρό τόξο (επώδυνη απαγωγή μεταξύ 70 και 120 μοιρών) αισθάνονται ενόχληση ως επακόλουθο των ανωμαλιών του υπερακανθίου τένοντα, αν και είναι επίσης συχνές εκφυλιστικές αλλοιώσεις εντός της ακρωμιοκλειδικής άρθρωσης (Razavi & Jansen, 2004). Τέλος, εντός του στροφικού πετάλου, η περιοχή του τένοντα του υπερακανθίου (80 τοις εκατό των περιπτώσεων) είναι η πιο συχνά κατεστραμμένη περιοχή, συνοδευόμενη από το κάτω μέρος του υπερακανθίου (15 τοις εκατό των περιπτώσεων) και την προβολή του υποπλατίου τένοντα (5 ποσοστό των περιπτώσεων) (Chianca et al., 2018).

## 1.6 Αιτιολογία

Η τενοντίτιδα του στροφικού πετάλου μπορεί να εκδηλωθεί ως οξεία πάθηση μετά από ατύχημα, αλλά μπορεί επίσης να εκδηλωθεί ως χρόνια ασθένεια, αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενης δραστηριότητας στην εργασία ή ακόμα και συμμετοχής σε αθλήματα (Varacallo et al., 2021).

- Οξεία τενοντίτιδα στροφικού πετάλου

Ο οξύς τραυματισμός του ώμου είναι συνέπεια ενός άμεσου τραυματισμού του ώμου, ο οποίος εμφανίζεται συχνότερα κατά τη διάρκεια αθλημάτων επαφής (ράγκμπι), είτε λόγω κακής τεχνικής κατά τη ρίψη αντικειμένου με κίνηση των άνω άκρων πάνω από το κεφάλι (μπέιζμπολ) είτε πτώσης με τεντωμένο το άνω άκρο (Varacallo et al., 2021).

- Χρόνια Τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου

Η εξωτερική συμπίεση και οι εσωτερικές διεργασίες είναι δύο τύποι μηχανισμών που μπορεί να προκαλέσουν την ανάπτυξη χρόνιας ασθένειας του τένοντα του στροφικού πετάλου αργότερα, παρά ως αποτέλεσμα τραυματισμού (Varacallo et al., 2021).

- Εξωτερική συμπίεση

Η επαναλαμβανόμενη ζημιά στο πέταλο προκαλείται από μηχανική προστριβή και ακατάλληλη επαφή μεταξύ της κάτω επιφάνειας του ακρωμίου και του στροφικού πετάλου. Αυτή η κατάσταση προκαλείται από τένοντες του στροφικού πετάλου που έχουν υποστεί ήδη βλάβη ή ακόμη και ρήξη στο παρελθόν. Η φθορά του θύλακα της άρθρωσης στην ακρωμιακή ώθηση καθώς και σε ακρωμιακές μορφολογίες που προδιαθέτουν την μηχανική συμπίεση (όπως το ακρώμιο τύπου αγκίστρου) (Varacallo et al., 2021).

- Ενδογενείς μηχανισμοί

Η συνολική σταθερότητα της άρθρωσης του βραχιονίου τίθεται σε κίνδυνο από την εκφύλιση του στροφικού πετάλου. Ο υπακρωμιακός χώρος μειώνεται όταν η κεφαλή του βραχίονα μετατίθεται προς τα πάνω ως απόκριση σε κίνδυνο. Οι δευτερεύουσες εξωτερικές πιεστικές τάσεις μπορούν στη συνέχεια να προκαλέσουν εκφυλισμό, παθολογία του τένοντα και τελικά ρήξη τένοντα λόγω της αυξημένης ευαισθησίας του ώμου (Varacallo et al., 2021).

- Αγγειακές αλλαγές

Οι επαναλαμβανόμενες έκκεντρες πιέσεις, οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για να εξουδετερώνεται το περιστροφικό πέταλο, προκαλούν δευτερεύουσες εστιακές αγγειακές προσαρμογές. Τα αιμοφόρα αγγεία απουσιάζουν στην αρθρική πλευρά του απώτερου άκρου του τένοντα του υπερακανθίου. Σε σύγκριση με τους προηγούμενους μηχανισμούς πρόσκρουσης, οι φθαρμένες περιοχές εμφανίζονται σε δεύτερο χρόνο. Εάν τα αιμοφόρα αγγεία είναι κατεστραμμένα, μπορεί να εμφανιστεί ισχαιμία, νέκρωση των τενοκυττάρων και σοβαρή τενοντοπάθεια. Μπορεί επίσης να συμβεί τραυματισμός πετάλου, ρήξη τένοντα και νέκρωση (Varacallo, et al.2021).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Αντιμετώπιση τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου**

### **2.1 Συντηρητική αντιμετώπιση**

Ο ακρογωνιαίος λίθος της διαχείρισης της τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου, είναι η συντηρητική αντιμετώπιση. Η χειρουργική αντιμετώπιση για την τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου περιλαμβάνει διαδικασίες χειρουργικού καθαρισμού, υπακρωμιακής αποσυμπίεσης και ακρωμιοπλαστικής. Η χειρουργική θεραπεία παρότι αποτελεσματική, δεν προτείνεται καθώς, έχει δείξει παρόμοια αποτελέσματα με ένα δομημένο πρόγραμμα προοδευτικής άσκησης σε μακροχρόνιο follow-up (2, 5 και 12 χρόνια) (Ketola, Lethinen & Arnala, 2017). Από το σύγχρονο μοντέλο της συνεχιζόμενης παθολογίας της τενοντοπάθειας προκύπτει, ότι παρεμβάσεις που στοχεύουν αποκλειστικά στην μείωση του πόνου, δεν οδηγούν τον τένοντα σε θετικό αποτέλεσμα, διότι δεν απευθύνονται σε δυσλειτουργίες όπως ο κινητικός περιορισμός, τα ελλείμματα σε δύναμη ή στην ικανότητα διαχείρισης φορτίων του τένοντα (Cook et al., 2016). Παράλληλα, παρεμβάσεις που στοχεύουν στην βελτίωση της δομής του τένοντα, δεν θα αντιμετωπίσουν επαρκώς λειτουργικά ελλείμματα και ο τένοντας είναι πιθανό να μείνει ευάλωτος σε επανατραυματισμό. Συνεπώς, παρεμβάσεις που στοχεύουν σε αναλγησία και βελτίωση της τενόντιας δομής (αναλγητικά, μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη (ΜΣΑΦ), θεραπεία Laser, ESWT), είναι καταλληλότερες για τα πρώιμα στάδια της πάθησης (αντιδραστική τενοντοπάθεια), όπου η υψηλή φόρτιση αντενδείκνυται (Cook et al., 2016). Σε προχωρημένο στάδιο τενοντοπάθειας, όπου η ικανότητα εξυγίανσης του εκφυλισμένου μέρους του τένοντα είναι περιορισμένη, προτείνεται η θεραπεία να στοχεύει στην αύξηση της λειτουργίας και την ικανότητα διαχείρισης φορτίων (Cook et al., 2016).

Η θεραπεία του οξέως σταδίου της τενοντοπάθειας περιλαμβάνει την αποφόρτιση του τένοντα με σχετική ξεκούραση, την ενημέρωση/ εκπαίδευση του ασθενούς και την χρήση αναλγητικών μέσων (Parle et al., 2016). Η χρήση μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών (ροφεκοξίμη, Δικλοφαινάκη) έχει δείξει βραχυπρόθεσμα καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με πλασίμπο, στα συμπτώματα επώδυνης τενοντίτιδας στροφικού πετάλου. Η χρήση τους όμως προτείνεται στις πρώτες μέρες από την έναρξη των συμπτωμάτων (Dougados et al., 2007). Η χρήση παγοθεραπείας και ισομετρικών συσπάσεων (3-5 φορές την ημέρα) μπορεί να βοηθήσει στον πόνο και την ανάκτηση της δύναμης για την πρώτη εβδομάδα (Parle et al., 2016). Η παγοθεραπεία επιπλέον, μπορεί να μειώσει την διόγκωση του υπακρωμιακού ορογόνου θύλακα. Σε αυτό το στάδιο, επιπλέον στόχοι της θεραπείας είναι η επανεκπαίδευση των φυσιολογικών μοτίβων κίνησης, η απόκτηση πλήρους εύρους τροχιάς, η χαλάρωση σφιγτών ή βραχυμένων δομών και η αύξηση θρεπτικών συστατικών των κολλαγόνων ιστών (Böhmer, Staff & Brox, 1998). Για τη επίτευξη αυτών των στόχων μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυσικά μέσα, θεραπεία manual και υποβοηθούμενες ασκήσεις καθοδηγούμενες από το φυσικοθεραπευτή ή με χρήση συστήματος ανάρτησης. Σε αυτό το σημείο η θεραπεία προτείνεται να είναι εξατομικευμένη και έμφαση πρέπει να δοθεί στην αναγνώριση και αντιμετώπιση δυσλειτουργιών της ωμοπλατοθωρακικής και γληνοβραχιόνιας άρθρωσης (Engebretsen et al., 2009). Το δεύτερο στάδιο του προγράμματος ξεκινάει μόλις ο κινητικός έλεγχος της ωμοπλάτης και της κεφαλής του βραχιονίου αποκτηθούν σε ικανοποιητικό επίπεδο, ώστε να προστεθούν ασκήσεις αύξησης της αντοχής με χαμηλή ελαστική αντίσταση (Böhmer, Staff & Brox, 1998). Ο στόχος αυτού του σταδίου είναι η προοδευτική αύξηση της δύναμης του στροφικού πετάλου και των ωμοπλατιαίων μυών. Στο πρόγραμμα μπορούν να συμπεριληφθούν ασκήσεις αυξανόμενης αντίστασης σε ανοιχτή και



κλειστή κινητική αλυσίδα, πλειομετρικές και ασκήσεις δυναμικής σταθεροποίησης ωμοπλάτης (Engebretsen et al., 2009).

## 2.2 Δια χειρός θεραπεία

Η δια χειρός θεραπεία χρησιμοποιείται για να ενισχύσει τα αποτελέσματα στην φυσικοθεραπευτική αντιμετώπιση της τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου. Οι τεχνικές που δύναται να χρησιμοποιηθούν σε παθήσεις του στροφικού πετάλου είναι μάλαξη μαλακών ιστών, μάλαξη εγκάρσιας τριβής, τεχνικές κινητοποίησης γληνοβραχιόνιας και ωμοπλατοθωρακικής άρθρωσης και τεχνικές κινητοποίησης ΑΜΣΣ και ΘΜΣΣ. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτές οι τεχνικές δεν χρησιμοποιούνται αυτοδύναμα αλλά σε συνδυασμό και εντάσσονται σε ένα θεραπευτικό πρόγραμμα που συνήθως περιλαμβάνει άσκηση και άλλα θεραπευτικά μέσα (Şenbursa, Baltacı & Atay, 2011).

Η μάλαξη εγκάρσιας τριβής περιλαμβάνει χειρισμούς εν τω βάθει μάλαξης, ακριβώς πάνω από τον θεραπευόμενο τένοντα, με κατεύθυνση κάθετα προς τις ίνες του και χωρίς να ολισθαίνει το χέρι του θεραπευτή στο δέρμα του ασθενούς (Φουσέκης, 2015). Όταν η τεχνική εφαρμόζεται σε τενόντιο ιστό θα πρέπει το σύστημα του μυ-τένοντα να βρίσκεται σε διάταση, ώστε η δύναμη που ασκείται να μην απορροφάται από την ελαστικότητα του μυός (Pitsillides & Stasinopoulos, 2019). Οι πιθανοί μηχανισμοί επίδρασης στον τένοντα που έχουν προταθεί, είναι η αυξημένη αιματική ροή στους ιστούς, η απελευθέρωση των συμφύσεων μετά από ένα τραυματισμό και ο ερεθισμός των μηχανοϋποδοχέων (Joseph et al., 2012). Οι Pitsillides & Stasinopoulos (2019) πρότειναν σε τενόντιες εφαρμογές, η συχνότητα της μάλαξης εγκάρσιας τριβής, να περιορίζεται σε μια φορά ανά τρεις ημέρες, ώστε να εξασφαλίζεται η ισορροπία μεταξύ σύνθεσης και αποδόμησης του κολλαγόνου και να επουλώνονται μικρο-τραυματισμοί που δημιουργούνται λόγω της τεχνικής.

Η μάλαξη μαλακών ιστών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επώδυνες παθήσεις του ώμου με θετικά αποτελέσματα στον πόνο, το εύρος τροχιάς και λειτουργικότητας βραχυπρόθεσμα (Van den Dolder et al., 2003). Η μάλαξη εφαρμόζεται στους πρόσθιους και οπίσθιους μύες της περιοχής του ώμου. Οι μηχανισμοί που βοηθάει η μάλαξη, όπως έχουν προταθεί από την αρθρογραφία, είναι η βελτίωση της ιξωδοελαστικότητας των μυών, η βελτίωση της βιομηχανικής της κίνησης του ώμου και η μείωση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών. Παρότι η μάλαξη εφαρμόζεται πολύ συχνά στην κλινική πράξη, από κλινικές δοκιμές σε ασθενείς με πόνο στον ώμο, δεν φαίνεται να έχει σημαντικά αποτελέσματα ως επιπρόσθετη θεραπεία με ενεργητικές μορφές θεραπείας όπως η άσκηση (Van den Dolder, Ferreira & Refshauge, 2015).

Η αρθρογραφία προτείνει τη χρήση τεχνικών κινητοποίησης στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου. Οι τεχνικές αυτές παρέχουν αναλγησία μέσω μηχανικής τροφοδότησης και μείωσης της συσσώρευσης παραπροϊόντων φλεγμονής. Επιπλέον μπορούν να κινητοποιήσουν τον ινώδη ιστό και να μειώσουν την εναπόθεση γεφυρών κολλαγόνου και συμφύσεων γύρω από τον τένοντα (Barbosa et al., 2008). Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν παθητικές κινητοποιήσεις στις βοηθητικές κινήσεις των αρθρώσεων, όπως προσθιοπίσθια και ουριαία ολίσθηση της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης, παθητική κινητοποίηση της ωμοπλάτης (Surenkok, Aydar, & Baltacı, 2009) και οπισθοπρόσθιες ολισθήσεις της άνω θωρακικής (Θ1-Θ8) και κάτω αυχενικής σπονδυλικής (Α5-Α7) στήλης για την βελτίωση της έκτασης (Bennell et al., 2010). Στην κλινική δοκιμή των Barbosa et al. (2008) η προσθήκη τεχνικών κινητοποίησης (γληνοβραχιόνια, ακρωμιοκλειδική και

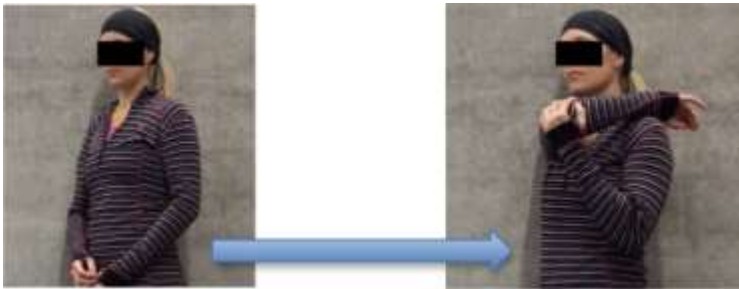
στερνοκλειδική άρθρωση) σε θεραπευτικό πρόγραμμα έκκεντρων ασκήσεων και θεραπευτικού υπερήχου, οδήγησε σε ανώτερα αποτελέσματα στη λειτουργικότητα μετά από 10 συνεδρίες. Οι Şenbursa, Baltacı & Atay, (2011) βρήκαν ταχύτερη βελτίωση στον νυχτερινό πόνο με την προσθήκη τεχνικών χειροθεραπείας, όπως μάλαξη εγκάρσιας τριβής και τεχνικές κινητοποίησης σε πρόγραμμα ασκήσεων στις 4 εβδομάδες. Από την ελεγχόμενη κλινική δοκιμή των Bergman et al. (2004) φαίνεται ότι η προσθήκη manual θεραπειών σε πρόγραμμα συμβατικής φυσικοθεραπείας, σε ασθενείς με πόνο στον ώμο που παρουσιάζουν δυσλειτουργία ή περιορισμό κίνησης στην σπονδυλική στήλη, οδηγεί σε καλύτερα θεραπευτικά αποτελέσματα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν manipulations (μικρής-εμβέλειας, μεγάλης ταχύτητας χειρισμοί) και Mobilizations (μεγάλης-εμβέλειας, μικρής ταχύτητας χειρισμοί) στην θωρακική και αυχενική μοίρα και στις παρακείμενες πλευρές, σε κατά μέσο όρο 3,8 συνεδρίες των 23 λεπτών. Η μελέτη είχε μεγάλο follow-up (12, 26, 52 εβδομάδες) και οι ασθενείς της ομάδας διερεύνησης διατήρησαν τα ανώτερα αποτελέσματα στον πόνο, τη λειτουργικότητα και την αυτοαναφερούμενη βελτίωση μέχρι την τελευταία μέτρηση.

### 2.3 Θεραπευτική άσκηση

Η άσκηση έχει ωφέλιμα αποτελέσματα στην κλινική εικόνα της τενοντοπάθειας, αλλά οι μηχανισμοί της επίδρασής της δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Οι μηχανισμοί που έχουν προταθεί στην αρθρογραφία, ότι βοηθάνε στα συμπτώματα της τενοντοπάθειας, είναι η αντιμετώπιση των ελλειμμάτων δύναμης και κινητικού ελέγχου (Cook et al., 2016), οι δομικές αλλαγές μέσα στον τένοντα (restructuring), οι βιοχημικές αλλαγές και η μείωση στην ευαισθησία του κεντρικού και περιφερικού νευρικού συστήματος (Heron et al., 2017). Η μείωση του πάχους στον παθολογικό τένοντα θεωρείται σημαντική δομική αλλαγή μετά από πρόγραμμα θεραπευτικής άσκησης (Ingwersen et al., 2017). Υπάρχουν ενδείξεις ότι υψηλές δοσολογίες θεραπευτικής άσκησης για 2,5 μήνες, μπορούν να αντιστρέψουν την πάχυνση και τις εκφυλιστικές αλλοιώσεις στην απεικόνιση υπερηχογραφήματος, στον τένοντα του υπερακανθίου. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να παρατηρηθούν ακόμα και σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας με μακροχρόνια συμπτώματα, όμως θέλουν μεγάλο διάστημα για να εγκατασταθούν (Torstensen et al., 1994). Η προοδευτική άσκηση υψηλής αντίστασης 3 μηνών βρέθηκε να έχει καλύτερα αποτελέσματα στην μείωση του πάχους του τένοντα και της νεοαγγείωσης, αλλά παρόμοια κλινική βελτίωση, σε σύγκριση με την άσκηση χαμηλής αντίστασης (Ingwersen et al., 2017). Κάποιοι συγγραφείς δεν βρήκαν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ κλινικής βελτίωσης των συμπτωμάτων και θετικών αλλαγών στο MRI, μετά από υψηλής δοσολογίας θεραπευτικής άσκησης 3 μηνών (Østerås et al., 2010). Οπότε οι δομικές αλλαγές στον τένοντα μετά από πρόγραμμα ασκήσεων, είναι πιο πιθανό να συμβούν μετά από άσκηση υψηλής αντίστασης, αλλά δεν είναι ξεκάθαρο αν απαιτούνται για την βελτίωση των συμπτωμάτων.

Διαφορετικά πρωτόκολλα ασκήσεων έχουν χρησιμοποιηθεί για την θεραπεία της τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου αλλά δεν είναι ξεκάθαρο αν ένας τύπος άσκησης έχει ανώτερα αποτελέσματα. Πριν από την έναρξη της ενδυνάμωσης είναι σημαντικό ο ασθενής να έχει ανακτήσει ικανοποιητικό εύρος τροχιάς και φυσιολογική κίνηση στην ωμοπλατοθωρακική και γληνοβραχιόνια άρθρωση (Bøhmer, Staff & Brox, 1998). Για την ανάκτηση του εύρους τροχιάς μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρχικά υποβοηθούμενες ασκήσεις με τη χρήση ανάρτησης ή ράβδου και στη συνέχεια ενεργητικά μόνο με την αντίσταση της βαρύτητας. Οι ασκήσεις αυτές προτείνονται στην αρχή του θεραπευτικού

προγράμματος, ωστόσο δεν φορτίζουν επαρκώς τον τένοντα ώστε να υπάρξουν τα μέγιστα θεραπευτικά αποτελέσματα (Heron, Woby, & Thompson, 2017). Κάποιοι παράγοντες που είναι πιθανό να εντοπιστούν σε ασθενείς με παθολογία στο στροφικό πέταλο και σχετίζονται με τη δυσκινησία του ώμου είναι η κακή (κυφωτική) στάση σώματος, η δυσκαμψία του οπίσθιου διαμερίσματος (θυλακική ή μυϊκή) και η δυσκινησία της ωμοπλάτης (McClure, Greenberg & Kareha, 2012). Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση διάτασης, στοχευμένης ενδυνάμωσης και νευρομυϊκής επανεκπαίδευσης. Οι διατάσεις που χρησιμοποιούνται συχνότερα στα θεραπευτικά προγράμματα είναι του οπίσθιου θύλακα (εικόνα 2), ελλάσων θωρακικού και άνω τραπεζοειδή (Carrascosa et al., 2018). Σε ασθενείς που παρουσιάζουν πρόσκρουση ή δυσκινησία στην ωμοπλάτη, η προσθήκη ασκήσεων σταθεροποίησης ωμοπλάτης σε πρόγραμμα που περιλαμβάνει διάταση και ενδυνάμωση, μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη βελτίωση της δύναμης στους ωμοπλατιαίους μύες και ανάκτηση του ωμοβραχιόνιου ρυθμού (Başkurt et al., 2011). Οι ασκήσεις αυτές στοχεύουν την ενεργοποίηση του πρόσθιου οδοντωτού, μέσου και κάτω τραπεζοειδή για τον έλεγχο της ωμοπλάτης. Παραδείγματα τέτοιων ασκήσεων είναι τα push-ups τοίχου, τα ωμοπλατιαία «ρολόγια», οι ολισθήσεις τοίχου και οι ασκήσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (PNF) (Başkurt et al., 2011).



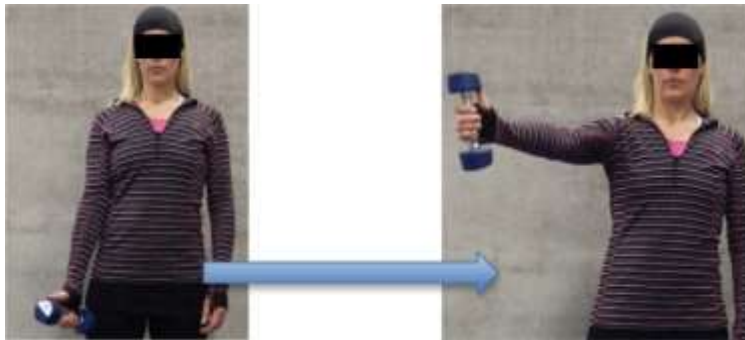
Εικόνα 2. Διάταση οπίσθιου διαμερίσματος (Ingwersen et al., 2017)

Τα προγράμματα αποκατάστασης συχνά συμπεριλαμβάνουν ενδυνάμωση των μυών που επιδρούν στο σύστημα του ώμου και πιο συγκεκριμένα το στροφικό πέταλο και τους ωμοπλατιαίους μύες (εικόνες 3, 4 και 5). Τα προγράμματα ενδυνάμωσης που έχουν χρησιμοποιηθεί στις κλινικές δοκιμές στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου, παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιογένεια στον τύπο άσκησης, στο μέγεθος αντίστασης, στη δοσολογία και στις ασκήσεις που επιλέγονται. Βασικές αρχές στην εφαρμογή της άσκησης είναι (Ingwersen et al., 2017):

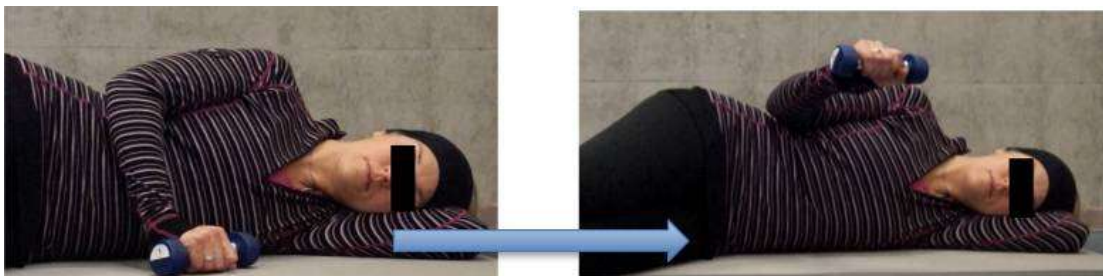
- Η προοδευτική αύξηση της αντίστασης στη διάρκεια του θεραπευτικού προγράμματος.
- Οι επαναλήψεις θα πρέπει να γίνονται με αργό και ελεγχόμενο τρόπο.
- Το σετ θα πρέπει να τερματίζεται όταν ο ασθενής φτάνει σε κόπωση ή μεταβάλλεται η ποιότητα της κίνησης.
- Η αντίσταση θα πρέπει να προσαρμόζεται αν η ένταση του πόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης υπερβεί τα 5mm στην κλίμακα VAS, ή αν ο ασθενής δεν μπορεί να πετύχει τις στοχευόμενες επαναλήψεις.

Σχετικά με τον τύπο άσκησης, δεν έχουν φανεί σημαντικές διαφορές στην βελτίωση της λειτουργικότητας (SPADI) μεταξύ προγραμμάτων ανοιχτής και κλειστής κινητικής αλυσίδας και ασκήσεων εύρους τροχιάς στις 6 εβδομάδες (Heron et al., 2017). Παρομοίως, τα προγράμματα που βασίζονται σε έκκεντρη φόρτιση έχουν φανεί εξίσου αποτελεσματικά με προγράμματα σύγκεντρων συστολών με διάρκεια 6 εβδομάδων (Blume et al., 2015) και με προγράμματα ισοτονικών ασκήσεων με διάρκεια 12 εβδομάδων (Dejaco et al. 2017). Η χρήση της έκκεντρης άσκησης στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου, θα αναλυθεί

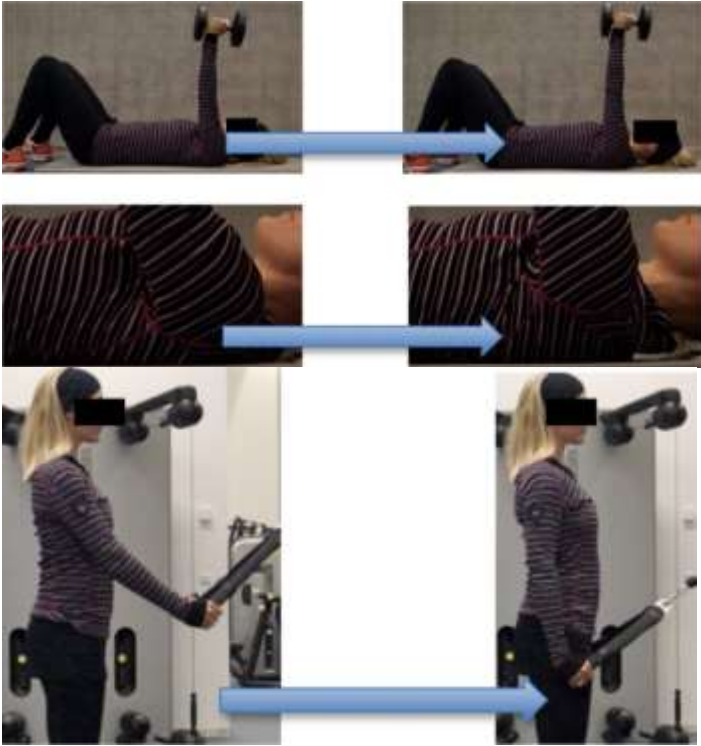
περισσότερο στο κεφάλαιο 2.4. Σημαντικός παράγοντας στην αποτελεσματικότητα έχει φανεί η προσθήκη ασκήσεων αντίστασης στο θεραπευτικό πρόγραμμα (Holmgren et al., 2012). Ωστόσο, το μέγεθος της αντίστασης δεν βρέθηκε ότι επηρεάζει την αποτελεσματικότητα (Ingwersen et al., 2017). Η δοσολογία των ασκήσεων μπορεί να κυμανθεί από 3 σετ των 6-15 επαναλήψεων αν πρόκειται για ασκήσεις υψηλής αντίστασης, έως 3 σετ των 20-30 επαναλήψεων αν πρόκειται για ασκήσεις μέτριας-χαμηλής αντίστασης (Ingwersen et al., 2017). Σχετικά με τη συχνότητα του προγράμματος προτείνεται 1-2 φορές καθημερινά για τα προγράμματα έκκεντρης ενδυνάμωσης (Holmgren et al., 2012) και 3 φορές την εβδομάδα αν πρόκειται για ισοτονική ενδυνάμωση (Ingwersen et al., 2017). Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν βρέθηκαν στοιχεία για την ανωτερότητα κάποιας συγκεκριμένης προσέγγισης σχετικά με την δοσολογία, συχνότητα και αριθμό ασκήσεων.



Εικόνα 3: Ισοτονική άσκηση ενδυνάμωσης για τον υπερακάνθιο (Ingwersen et al., 2017)



Εικόνα 4. Ισοτονική άσκηση ενδυνάμωσης για τους έξω στροφείς του ώμου (Ingwersen et al., 2017)



Εικόνα 5. Ισοτονικές ασκήσεις ενδυνάμωσης σταθεροποιών μυών της ωμοπλάτης (Ingwersen et al., 2017)

## 2.4 Έκκεντρη άσκηση

Τα τελευταία χρόνια η έκκεντρη φόρτιση έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την θεραπεία διάφορων τενοντοπαθειών όπως αυτές του αχίλλειου και του επιγονατιδικού τένοντα. Η έκκεντρη άσκηση περιλαμβάνει την χρήση ελεγχόμενων έκκεντρων συσπάσεων, για να επωφεληθεί τα αποτελέσματά τους στην φυσιολογία του μυοσκελετικού συστήματος. Έκκεντρες είναι οι συσπάσεις, όπου η παραγόμενη ροπή από τον εμπλεκόμενο μυ είναι μικρότερη από την εξωτερική αντίσταση, με αποτέλεσμα να υπάρχει αύξηση του μήκους του μυός. Βασικά γνωρίσματα των έκκεντρων συσπάσεων είναι ότι έχουν λιγότερες μεταβολικές απαιτήσεις από τις σύγκεντρες συσπάσεις, για ένα σταθερό παραγόμενο έργο, και μπορούν να παράγουν μεγαλύτερη ροπή (Douglas et al. 2016).

Υπάρχουν αποδείξεις ότι η έκκεντρη άσκηση έχει σημαντικά ανώτερα αποτελέσματα, σε σύγκριση με θεραπευτικό πρωτόκολλο βασισμένο σε σύγκεντρες συσπάσεις, σε τενοντοπάθεια αχίλλειου (Mafi, Lorentzon και Alfredson, 2000). Ωστόσο, πιο πρόσφατα οι Beyer et al. (2015) βρήκαν παρόμοια βελτίωση σε ασθενείς με τενοντοπάθεια αχίλλειου που

ακολούθησαν πρόγραμμα 12 εβδομάδων έκκεντρης άσκησης, είτε ισοτονικό πρόγραμμα υψηλής αντίστασης με αργές επαναλήψεις. Οι Beyer et al. υποστηρίζουν ότι οι επιδράσεις στους ινοβλάστες και στην έκφραση του κολλαγόνου είναι παρόμοιες και στους δύο τύπους συστολής. Συνεπώς, μεγαλύτερη σημασία έχει το μέγεθος του φορτίου και το εύρος τροχιάς παρά η κατεύθυνση της κίνησης, στις ωφέλιμες επιδράσεις στον τένοντα.

Οι Blume et al. (2015) σύγκριναν ένα πρόγραμμα έκκεντρων και σύγκεντρων ασκήσεων σε ασθενείς με σύνδρομο υπακρωμιακής προστριβής και βρήκαν παρόμοια αποτελέσματα στην λειτουργικότητα, ισομετρική δύναμη και ενεργητικό εύρος τροχιάς στους 8 μήνες που διήρκεσε η μελέτη. Στην πιλοτική μη ελεγχόμενη έρευνα των Jonsson et al. (2005) χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα έκκεντρης άσκησης των απαγωγών σε empty-can θέση για 12 εβδομάδες, σε ασθενείς με σύνδρομο πρόσκρουσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ικανοποιητική βελτίωση στον πόνο και τη λειτουργικότητα στην πλειοψηφία των συμμετεχόντων και μείωσαν την ανάγκη για χειρουργική θεραπεία. Στην κλινική δοκιμή των Dejasco et al. (2017) η έκκεντρη άσκηση δεν βρέθηκε ανώτερη για την βελτίωση της λειτουργικότητας και του πόνου σε σύγκριση με ένα συμβατικό πρωτόκολλο προοδευτικής ενδυνάμωσης του στροφικού πετάλου και των σταθεροποιών μυών της ωμοπλάτης, σε follow up 12 και 26 εβδομάδων. Μετά το τέλος του προγράμματος άσκησης 12 εβδομάδων δεν παρατηρήθηκε περαιτέρω βελτίωση στο CMS μέχρι το επόμενο follow up στις 26 εβδομάδες σε καμία ομάδα. Σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε χαμηλής αντίστασης έκκεντρη άσκηση με επιτυχία στον πόνο και τη λειτουργικότητα. Ωστόσο, για την αύξηση της δύναμης προτείνεται υψηλής αντίστασης έκκεντρη άσκηση καθώς οι χαμηλού φορτίου ασκήσεις αντοχής δεν έχουν σημαντικά αποτελέσματα στην αύξηση της δύναμης. Οι Chaconas et al. (2017), βρήκαν την έκκεντρη άσκηση ανώτερη από ένα γενικό πρόγραμμα ασκήσεων βασισμένο σε ενεργητικές κινήσεις χωρίς αντίσταση, σε όλα τα μέτρα αξιολόγησης (πόνος, λειτουργικότητα, δύναμη). Στην κλινική δοκιμή των Maenhout et al. (2013) η προσθήκη υψηλής αντίστασης έκκεντρης άσκησης δεν έδειξε επιπλέον όφελος στον πόνο και τη λειτουργικότητα, αλλά μόνο στην αύξηση της δύναμης, σε σύγκριση με συμβατικό πρωτόκολλο ασκήσεων. Η αύξηση της δύναμης αποτελεί κύριο στόχο του θεραπευτικού προγράμματος, όμως δεν είναι ξεκάθαρο αν έχει κλινικά σημαντικά αποτελέσματα καθώς δεν είναι ικανή να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στο ερωτηματολόγιο SPADI (Maenhout et al., 2013).

Υπάρχει συμφωνία μεταξύ των ερευνητών σχετικά με τον πόνο κατά τη διάρκεια των έκκεντρων ασκήσεων. Η ελεγχόμενη έκθεση του ασθενή σε επώδυνη έκκεντρη άσκηση αρκετών εβδομάδων, οδηγεί σε εξοικείωση του ασθενή στον πόνο και έχει προταθεί ως πιθανός μηχανισμός για την επιτυχία της έκκεντρης άσκησης (Murtaugh και Ihm, 2013). Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι οι υψηλότερες φορτίσεις στον τένοντα, μπορεί να οδηγήσουν σε καλύτερη ιστική απόκριση στους μηχανισμούς ανακατασκευής (Carrascosa et al., 2018). Ο πόνος κατά τη διάρκεια άσκησης με υψηλά φορτία είναι αναπόφευκτος και δεν πρέπει να αποτελεί αντένδειξη ως προς τη συνέχιση του προγράμματος. Οι Maenhout et al. (2013) πρότειναν η δοσολογία των έκκεντρων ασκήσεων να είναι βασισμένη στην παρακολούθηση του πόνου και να πληροί τις εξής προϋποθέσεις:

1. Ο ασθενής θα πρέπει να νιώθει πόνο κατά τη διάρκεια του τελευταίου σετ της συνεδρίας που μπορεί να ξεπερνάει τον πόνο ηρεμίας εφόσον δεν ξεπερνάει το 5 στην κλίμακα VAS (0-10).
2. Ο πόνος μετά την άσκηση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5 στην κλίμακα VAS (0-10) και θα πρέπει να υποχωρεί μέχρι την επόμενη ημέρα.

3. Ο πόνος δεν θα πρέπει να αυξάνεται προοδευτικά κατά τη συνέχιση του προγράμματος.

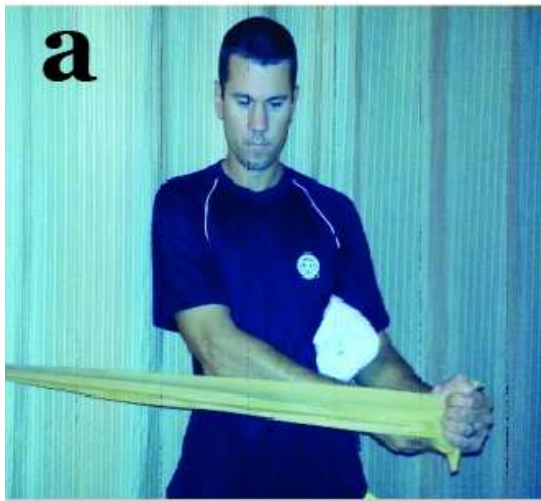
Στην περίπτωση που δεν εμφανίζεται πόνος στο τελευταίο σετ της συνεδρίας προτείνεται η αύξηση της αντίστασης κατά μικρό ποσό. Ωστόσο, οι Carrascosa et al. (2018) σύγκριναν την επίδραση επώδυνης και ανώδυνης έκκεντρης άσκησης σε ασθενείς με υπακρωμιακό σύνδρομο και βρήκαν ότι δεν είχαν σημαντικές διαφορές στον πόνο, την λειτουργικότητα και το ενεργητικό εύρος τροχιάς στις 4 εβδομάδες.

Στην τενοντοπάθεια/ υπακρωμιακό σύνδρομο χρησιμοποιείται έκκεντρη ενδυνάμωση των κινήσεων της ωμογληνοβραχιόνιας άρθρωσης όπως είναι η απαγωγή σε full ή empty can θέσεις, η έσω και έξω στροφή, η οριζόντια απαγωγή και η έκταση. Τα πρωτόκολλα που έχουν χρησιμοποιηθεί παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 1. Ο υπερακάνθιος και οι έξω στροφείς αποτελούν τους πιο συχνά στοχευόμενους μύες (εικόνες 6 και 7). Για την ενδυνάμωση του υπερακάνθιου είναι καταλληλότερη η full can θέση (έξω στροφή ώμου) σε ωμοπλατιαίο επίπεδο, διότι έχει δείξει μεγαλύτερη ενεργοποίηση στον υπερακάνθιο με τη μικρότερη δυνατή ενεργοποίηση στον δελτοειδή (Maenhout et al., 2013). Επιπλέον, η full can θέση είναι ασφαλέστερη για την υγεία του στροφικού πετάλου, σε σύγκριση με την empty can, γιατί το μείζων βραχιόνιο όγκωμα απεγκλωβίζεται από την κάτω επιφάνεια του ακρωμίου, αυξάνοντας τον υπακρωμιακό χώρο (Jonsson et al., 2005).

Συμπερασματικά, τα προγράμματα έκκεντρων ασκήσεων βρέθηκαν ωφέλιμα στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου για τον πόνο, τη λειτουργικότητα, την δύναμη και το ενεργητικό εύρος τροχιάς (πίνακας 1). Σχετικά με τον πόνο και τη λειτουργικότητα δεν βρέθηκαν ανώτερα σε σύγκριση με συμβατικό πρόγραμμα ισοτονικών ή σύγκεντρων ασκήσεων, αλλά ανώτερα από ενεργητικές ασκήσεις χωρίς επιπλέον αντίσταση. Η προσθήκη υψηλής αντίστασης έκκεντρη ενδυνάμωση στο συμβατικό πρόγραμμα φυσικοθεραπείας, έχει ανώτερα αποτελέσματα για την ισομετρική δύναμη. Ο πόνος κατά την άσκηση έως 5 στην κλίμακα VAS (0-10) δεν αντενδείκνυται, αλλά η επώδυνη έκκεντρη άσκηση βρέθηκε το ίδιο αποτελεσματική με την ανώδυνη έκκεντρη άσκηση μέχρι τις 4 εβδομάδες για τον πόνο, τη λειτουργικότητα και το ενεργητικό εύρος τροχιάς. Για την έκκεντρη φόρτιση του υπερακάνθιου η θέση full can σε ωμοπλατιαίο επίπεδο είναι καταλληλότερη. Σχετικά με τη συχνότητα της έκκεντρης φόρτισης προτείνεται δύο φορές την ημέρα από 3 σετ, με αργές επαναλήψεις. Οι Dejaco et al. (2017) πρότειναν τα προγράμματα άσκησης στη τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου να έχουν διάρκεια τουλάχιστον 12 εβδομάδες καθώς είναι πιο ωφέλιμα σχετικά με τις προσαρμογές του τένοντα.



Εικόνα 6. Έκκεντρη άσκηση για τον υπερακάνθιο 0-180° σε ωμοπλατιαίο επίπεδο (Maenhout et al., 2012)



Εικόνα 7. a) Ο ασθενής τοποθετεί παθητικά το άνω άκρο στην αρχική θέση, b) ο ασθενής εκτελεί έκκεντρη άσκηση για την ενδυνάμωση των έξω στροφών του ώμου (εικόνα τροποποιημένη από την κλινική δοκιμή των Chaconas et al. (2017))

### Πίνακας 1: Πρωτόκολλα έκκεντρης άσκησης

Ερευνητές	Πρωτόκολλο έκκεντρων ασκήσεων	Σχόλια
Dejaco et al. (2017)	<p><u>Άσκηση 1:</u> Έξω στροφή του ώμου από θέση 90° απαγωγής.</p> <p><u>Άσκηση 2:</u> empty-can (0-90°) σε ωμοπλατιαίο επίπεδο.</p> <p>Προοδευτική αύξηση της</p>	<p>Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα για VAS, CMS σε σύγκριση με συμβατικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης στις 12 και 26 εβδομάδες.</p>



	<p>δυσκολίας (3 σετ x 8-15 επαναλήψεις/ 6-8 δευτερόλεπτα ανά επανάληψη), 2 φορές την ημέρα για 12 εβδομάδες. Επιτρεπόμενος πόνος 0-5/10</p>	
Jonsson et al. (2005)	<p><u>Άσκηση 1: empty-can (0-90°)</u> σε ωμοπλατιαίο επίπεδο με αργό ρυθμό. Προοδευτική αύξηση της δυσκολίας (3 σετ x 15 επαναλήψεις) 2 φορές τη μέρα για 12 εβδομάδες. Επιτρεπόμενος πόνος.</p>	<p>Η έρευνα ήταν πιλοτική, μη-ελεγχόμενη. 12 και 52 εβδομάδες: 5 ασθενείς από τους 9 έμειναν ικανοποιημένοι από τη θεραπεία και δεν αναζήτησαν χειρουργική θεραπεία. Οι ασθενείς αυτοί είχαν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στο CMS (<math>p&gt;0,043</math>) και VAS (<math>p&gt;0,043</math>).</p>
Maenhout et al. (2013)	<p><u>Άσκηση 1: full can (0-180°)</u> σε ωμοπλατιαίο επίπεδο. (3 σετ x 15 επαναλήψεις) 5'' ανά επανάληψη, 2 φορές τη μέρα για 12 εβδομάδες. Επιτρεπόμενος πόνος 0-5/10.</p>	<p>Η προσθήκη έκκεντρης άσκησης σε συμβατικό πρόγραμμα φυσικοθεραπείας έδειξε στατιστικά σημαντική βελτίωση στη δύναμη αλλά όχι στον πόνο και τη λειτουργικότητα στις 12 εβδομάδες.</p>
Carrascosa et al. (2018)	<p><u>Άσκηση 1: έκκεντρη άσκηση για τον υπερακάνθιο full can (0-45°)</u> σε ωμοπλατιαίο επίπεδο (3 σετ x 10 επαναλήψεις) αργές επαναλήψεις, 5 φορές την εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Επιτρεπόμενος πόνος &lt;4/10.</p>	<p>Η προσθήκη έκκεντρης άσκησης για τον υπερακάνθιο με πόνο ή χωρίς πόνο σε ένα συμβατικό πρόγραμμα ασκήσεων, δεν είχε σημαντικές διαφορές για CMS, VAS και AROM στις 4 εβδομάδες.</p>
Blume et al. (2015)	<p>7 έκκεντρες ασκήσεις με βάρακια: • Full can • έσω/ έξω στροφή, απαγωγή και οριζόντια απαγωγή από πλάγια θέση • απαγωγή ωμοπλατών από ύπτια θέση. • έκταση ώμου από πρηγή θέση. (3 σετ x 12 επαναλήψεις, 70% 1RM), 2 φορές την εβδομάδα για 6 εβδομάδες.</p>	<p>Η ομάδα που εκτέλεσε έκκεντρες συστολές και η ομάδα που εκτέλεσε τις ίδιες Ασκήσεις με μόνο σύγκρεντρες συστολές είχαν παρόμοια αποτελέσματα στη λειτουργικότητα, ισομετρική δύναμη και AROM.</p>
Chaconas et al. (2017)	<p><u>Άσκηση 1: έκκεντρη άσκηση έξω στροφών (3 σετ x 15 επαναλήψεις) 3 δευτ.</u> Ανά επανάληψη, καθημερινά για 6 εβδομάδες.</p>	<p>Η προσθήκη έκκεντρης ενδυνάμωσης έξω στροφών σε πρόγραμμα γενικών ασκήσεων είχε καλύτερα αποτελέσματα στον πόνο, τη δύναμη και τη λειτουργικότητα σε ασθενείς με σύνδρομο υπακρωμιακού πόνου.</p>

## 2.5 Θεραπεία laser

Η θεραπεία laser είναι μια μη επεμβατική θεραπεία που χρησιμοποιείται τακτικά τις τελευταίες δεκαετίες σε μυοσκελετικές παθήσεις. Ο όρος λέιζερ προέρχεται από το αγγλικό ακρωνύμιο LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ή ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας στα ελληνικά. Η θεραπεία λέιζερ ονομάζεται και θεραπεία φωτοβιοδιαμόρφωσης (Photobiomodulation).

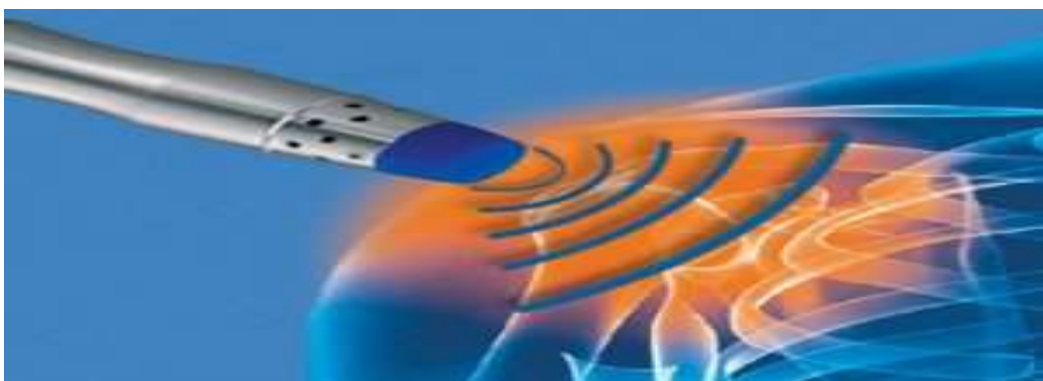
Η θεραπεία laser βασίζεται στη θεωρία, ότι η μονοχρωματική ακτινοβολία φωτός μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στην κυτταρική και ιστική λειτουργία οι οποίες εξαρτώνται από τα φυσικά χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας αυτής (Santamanto et al., 2009). Η θεραπεία laser έχει αναλγητικές, αντιφλεγμονώδεις και αναπλαστικές ιδιότητες. Η απορρόφηση της ενέργειας laser από τα χρωμοφόρα μόρια που βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη των μιτοχονδρίων, κυρίως της οξειδάσης του κυττοχρώματος c, βελτιώνει την οξειδωτική αντίδραση των μιτοχονδρίων και κατά συνέπεια αυξάνει την παραγωγή τριφωσφορικής αδενοσύνης DNA και RNA (Elsodany et al., 2018). Σε ιστοχημικό επίπεδο, οι Marques et al. (2016) έδειξαν ότι η θεραπεία λέιζερ αύξησε τη σύνθεση κολλαγόνου τύπου I και III, μείωσε την έκφραση των μεταλλοπρωτεϊνάσων MMP-3 και MMP-9 και αύξησε την έκφραση του Αγγειακού Ενδοθηλιακού αυξητικού παράγοντα (VEGF) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, σε γηραιά ποντίκια με τενοντοπάθεια. Επιπλέον, σε in vivo μελέτη σε ανθρώπινους αχίλλειους τένοντες, βρέθηκε βραχυπρόθεσμη αναλγησία και καταστολή της φλεγμονής μέσω μείωσης του δείκτη Προσταγλαδίνη E2, μετά από εφαρμογή θεραπείας laser (Bjordal et al., 2006).

Για την θεραπεία της τενοντοπάθειας στροφικού πετάλου έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες εφαρμογές laser όπως υψηλής και χαμηλής έντασης. Τα χαμηλής ισχύος laser είναι αυτά που παράγουν ισχύ έως και 500 mW, ενώ τα υψηλής έντασης αυτά που παράγουν πάνω από 500 mW. Η εφαρμογή του laser για την τενοντοπάθεια γίνεται σε επιλεγμένα επώδυνα σημεία όπως στον υπακρωμιακό χώρο, στον τένοντα του στροφικού πετάλου, στο μείζων και ελάσσων βραχιόνιο όγκωμα, στον πρόσθιο και οπίσθιο αρθρικό θύλακα (Bal et al., 2009) καθώς και σε σημεία πυροδότησης πόνου στην ευρύτερη περιοχή (Elsodany et al., 2018) όπως του δελτοειδή, άνω τραπεζοειδή και ελλάσων θωρακικού (Santamanto et al., 2009). Η θεραπεία laser συχνότερα εφαρμόζεται συμπληρωματικά μαζί με θεραπευτική άσκηση ή σε πλήρες πρόγραμμα φυσικοθεραπείας (Eslamian et al., 2011).

Διάφορες παράμετροι μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας laser όπως το θεραπευτικό πρωτόκολλο και οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν, όπως το μήκος κύματος, δοσολογία (J), πυκνότητα ενέργειας ( $J/cm^2$ ), ισχύς (W), τύπος λειτουργίας (συνεχής ή παλμική εκπομπή) και συχνότητα (Hz). Οι Eslamian et al. (2011) σε διπλά τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή σε ασθενείς με τενοντίτιδα στροφικού πετάλου, βρήκαν ότι η εφαρμογή laser χαμηλής ισχύος, επιπρόσθετα σε πρωτόκολλο φυσικοθεραπείας, είχε καλύτερα αποτελέσματα μετά την θεραπεία στον πόνο και τη λειτουργικότητα (SDQ), αλλά όχι στο ενεργητικό εύρος τροχιάς. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν 10 συνεδρίες με laser Ga-Al-As (830 nm, 100mW) σε ένταση 4  $J/cm^2$  και εφαρμογή 20 δευτερολέπτων σε 10 επώδυνα σημεία. Θετικά αποτελέσματα βρήκαν και οι Otadi et al. (2012) όπου η προσθήκη 10 συνεδριών με laser Ga-Al-As (830 nm, 30mW,

1J/cm<sup>2</sup>) σε θεραπεία με άσκηση και θεραπευτικό υπέρηχο είχε καλύτερα αποτελέσματα στον πόνο, τη λειτουργικότητα και τη δύναμη βραχυπρόθεσμα, σε ασθενείς με τενοντίτιδα στροφικού πετάλου. Οι Abrisham et al. (2011) στην έρευνά τους, βρήκαν ότι η θεραπεία με παλμικό laser (890 nm, 2-4 J/cm<sup>2</sup>) συνδυαστικά με θεραπευτική άσκηση, είχε καλύτερα αποτελέσματα βραχυπρόθεσμα στον πόνο και το εύρος τροχιάς, σε σύγκριση με εικονικό laser και άσκηση. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της θεραπείας laser έχει αμφισβητηθεί, καθώς στις ελεγχόμενες τυχαίοποιημένες κλινικές δοκιμές των Bal et al. (2009) και Yeldan et al. (2009) δεν βρέθηκε ουσιαστικό όφελος στην προσθήκη Laser 904nm, με δοσολογία 1,6 J και 3 J ανά σημείο αντίστοιχα, σε πρόγραμμα θεραπευτικής άσκησης.

Τα Laser που εκπέμπουν σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, στην υπέρυθρη ακτινοβολία, και με υψηλή ισχύ, θεωρητικά διεισδύουν σε μεγαλύτερο βάθος (Saunders, 2003). Τα laser αυτά είναι καταλληλότερα για την θεραπεία εν τω βάθει ιστών, όπως ο τένοντας του στροφικού πετάλου. Επιπλέον, η παλμική εκπομπή με πολύ σύντομη διάρκεια παλμού, επιτρέπει την εν τω βάθει δράση στους βιολογικούς ιστούς (3-4 εκ.) χωρίς την υπέρμετρη θέρμανση αυτών (Santamanto et al., 2009). Οι Elsodany et al. (2018) σε μονή τυφλή τυχαίοποιημένη κλινική δοκιμή εφάρμοσαν θεραπεία παλμικού λέιζερ υψηλής ισχύος (Νεοδυμίου: ύττριου-αλουμινίου-γρανάτη, 1064 nm) σε ασθενείς με τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου. Οι συμμετέχοντες δέχθηκαν 12 συνεδρίες Laser ή εικονικής θεραπείας επιπρόσθετα σε πρόγραμμα ασκήσεων στο σπίτι κάθε μέρα, για περίοδο 4 εβδομάδων. Η εφαρμογή του λέιζερ περιλάμβανε συνολική ενέργεια 2050 J και διήρκησε 15 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θεραπεία με παλμικό Nd:YAG Laser ήταν στατιστικά ανώτερη, σε σύγκριση με την εικονική θεραπεία, για τον πόνο (VAS), λειτουργικότητα (SPADI), παθητικό και ενεργητικό εύρος τροχιάς στους 3 και 6 μήνες μετά τη θεραπεία. Στην συγκριτική κλινική δοκιμή των Santamanto et al. (2009) πάνω στο σύνδρομο πρόσκρουσης, η θεραπεία με υψηλής ισχύος παλμικό λέιζερ Nd:YAG (2050 J συνολική ενέργεια ανά συνεδρία), βρέθηκε ανώτερη για τον πόνο, το εύρος τροχιάς, τη λειτουργικότητα και τη δύναμη, μετά από 3 εβδομάδες εφαρμογής, σε σχέση με την εφαρμογή θεραπευτικού υπέρηχου. Αν και η θεραπεία με υψηλή ισχύος laser έχει δείξει υποστηρικτικά στοιχεία, η αποτελεσματικότητά του, θα πρέπει να επιβεβαιωθεί στο μέλλον, καθώς οι κλινικές δοκιμές πάνω στη τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου είναι περιορισμένες.



Εικόνα 8. . ΠΗΓΗ:galinosphysiotherapy.gr

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Θεραπεία κρουστικών κυμάτων

### 3.1 Ορισμός κρουστικών κυμάτων

Ένα κρουστικό κύμα είναι ένα κύμα ακουστικής πίεσης που παράγεται σε οποιοδήποτε ελαστικό μέσο όπως αέρας, νερό ή ακόμα και στερεά ουσία. Τα κρουστικά κύματα διαφέρουν από τα ηχητικά κύματα στο ότι το μέτωπο του κύματος, όπου λαμβάνει χώρα η συμπίεση, είναι μια περιοχή ξαφνικής αλλαγής της τάσης και της πυκνότητας. Εξαιτίας αυτού, τα κρουστικά κύματα διαδίδονται με διαφορετικό τρόπο από αυτόν των συνηθισμένων ακουστικών κυμάτων. Συγκεκριμένα, τα κρουστικά κύματα ταξιδεύουν ταχύτερα από τον ήχο και η ταχύτητά τους αυξάνεται καθώς αυξάνεται το πλάτος. Ωστόσο, η ένταση ενός κρουστικού κύματος μειώνεται επίσης ταχύτερα από εκείνη ενός ηχητικού κύματος επειδή μέρος της ενέργειας του κρουστικού κύματος δαπανάται για να θερμάνει το μέσο στο οποίο ταξιδεύει (Siebert & Buch, 2012). Κατά συνέπεια, τα κρουστικά κύματα χαρακτηρίζονται από

- (1) υψηλή θετική πίεση κορυφής (P+), μερικές φορές μεγαλύτερη από 100 MPa αλλά πιο συχνά περίπου 50 έως 80 MPa,
- (2) μια γρήγορη αρχική αύξηση της πίεσης (Tr) κατά τη διάρκεια μιας περιόδου μικρότερης από 10 ns,
- (3) χαμηλό πλάτος εφελκυσμού (P-, έως 10 MPa),
- (4) σύντομο κύκλο ζωής (I) περίπου 10 μs, και
- (5) ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, συνήθως στην περιοχή από 16 Hz έως 20 MHz (Ogden et al., 2001).

Ο μετρούμενος χρόνος ανόδου του κρουστικού κύματος είναι στην περιοχή των 30 ns όταν προσδιορίζεται από περιορισμένη χρονική ανάλυση του υδροφώνου καταγραφής πίεσης (Ogden et al., 2001). Το πλάτος θετικής πίεσης ακολουθείται από ένα κύμα εφελκυσμού που προκαλείται από τη διάθλαση διάρκειας λίγων μικροδευτερόλεπτων.

Η εξωσωματική λιθοτριψία με κρουστικό κύμα (ESWL) χρησιμοποιείται ευρέως για τη διαχείριση λίθων στην ουρολογία. Τα κύματα πίεσης που εφαρμόζονται στη διαχείριση της πέτρας πληρούν τα χαρακτηριστικά που ορίζονται από τον φυσικό ορισμό των κρουστικών κυμάτων που παρέχεται παραπάνω (Rassweiler et al., 2011). Ο γρήγορος αρχικός χρόνος ανόδου της πίεσης και η υψηλή θετική πίεση προκαλούν μια διαβάθμιση πίεσης στους νεφρικούς λίθους που, όταν έχει επαρκή ενέργεια, μπορεί να κατακερματίσει τους λίθους (Zhong et al., 1994). Τα ESWT και RSWT είναι παραπροϊόντα της τεχνολογίας λιθοτριπτέρων. Εισήχθησαν στη θεραπεία για διάφορες ασθένειες του μυοσκελετικού συστήματος, όπως PF, αχίλλειο τενοντοπάθεια, έσω κνημιαίο σύνδρομο, σύνδρομο μείζονος τροχαντηριακού πόνου, πλάγια και έσω επικονδυλίτιδα και ασβεστοποιητική τενοντίτιδα του ώμου από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 (Gerdsmeyer & , 2007). Τα κρουστικά κύματα έχουν άμεση και έμμεση επίδραση στους ιστούς που υποβάλλονται σε θεραπεία. Το άμεσο αποτέλεσμα είναι το αποτέλεσμα της ενέργειας του κρουστικού κύματος που μεταφέρεται στους στοχευόμενους ιστούς. Το έμμεσο αποτέλεσμα είναι το αποτέλεσμα της παραγωγής φυσαλίδων σπηλαίωσης στον ιστό που έχει υποστεί αγωγή (Siebert & Buch, 2012). Τόσο οι άμεσες όσο και οι έμμεσες επιδράσεις παράγουν μια βιολογική απόκριση στους υφιστάμενους ιστούς.

### 3.2 Κατηγορίες κρουστικών κυμάτων

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι γεννητριών κρουστικών κυμάτων που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας (Ikeda et al., 2016). Ο πρώτος τύπος είναι η ηλεκτροϋδραυλική γεννήτρια, η οποία χρησιμοποιεί τις άκρες ενός ηλεκτροδίου ως σημειακή πηγή. Ένας ηλεκτρικός σπινθήρας δημιουργείται μεταξύ των άκρων και απελευθερώνει ένα κρουστικό κύμα. Αυτά τα φαινόμενα συνδέονται με την εξάτμιση του νερού μεταξύ των άκρων. Η δεύτερη ηλεκτρομαγνητική γεννήτρια χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πηνίο και μια μεταλλική μεμβράνη τοποθετημένη απέναντι για την απελευθέρωση κρουστικών κυμάτων. Το τελευταίο σχετίζεται με ένα πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο—πολλοί πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι είναι τοποθετημένοι στη γεννήτρια σφαιρικής επιφάνειας. Η εξωτερική ενέργεια τροφοδοτεί το σύστημα και αναγκάζει τους πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους να συστέλλονται, δημιουργώντας κρουστικά κύματα.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι ακόλουθες συσκευές ESWT/RSWT έλαβαν έγκριση πριν από την αγορά (PMA) από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) ως ορθοπεδικές συσκευές λιθοτριψίας κατηγορίας III και επαναταξινομήθηκαν ως γεννήτριες κατηγορίας III, Shock Wave, For Pain Relief (Κωδικός προϊόντος NBN ) την άνοιξη του 2009:

- Ossatron (HealthTronics, Inc., Marietta, GA, ΗΠΑ), PMA # P990086 που εκδόθηκε στις 12 Οκτωβρίου 2000 για τη θεραπεία του χρόνιου πόνου στη φτέρνα.
- Epos Ultra (Dornier Medical Systems, Inc., Kennesaw, GA, ΗΠΑ), PMA # P000048 που εκδόθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2002 για τη θεραπεία της χρόνιας πελματιαίας απονευρωσίτιδας (PF) για ασθενείς με συμπτώματα πελματιαίας απονευρωσίτιδας για 6 μήνες ή περισσότερο και ιστορικό ανεπιτυχούς συντηρητική θεραπεία
- Sonocur Basic (Siemens Medical Solutions, Inc., Iselin, NJ, USA), PMA # P010039 που εκδόθηκε στις 19 Ιουλίου 2002 για τη θεραπεία του πόνου λόγω αγκώνα του τένις
- Orthospec Extracorporeal Shock Wave Therapy (Medispec, Ltd; Germantown, MD, USA), PMA # P040026 που εκδόθηκε την 1η Απριλίου 2005 για τη θεραπεία της εγγύς πελματιαίας απονευρωσίτιδας με ή χωρίς πτέρνα σε ασθενείς ηλικίας 18 ετών και άνω.
- Orbasone Pain Relief System (Orthometrix, Inc., White Plains, NY, ΗΠΑ), PMA # P040039 που εκδόθηκε στις 10 Αυγούστου 2005 για την ανακούφιση του πόνου της πτέρνας (εγγύς πελματιαία απονευρωσίτιδα) και
- Swiss DolorClast (EMS Electro Medical Systems; Dallas, TX, USA), PMA # P050004 που εκδόθηκε στις 8 Μαΐου 2007 για τη θεραπεία του πόνου στη φτέρνα που σχετίζεται με χρόνια εγγύς πελματιαία απονευρωσίτιδα (Csaszar & Schmitz, 2013).

Οι συσκευές Ossatron, Epos Ultra, Sonocur Basic και Orbasone μοιράζονται τα ακόλουθα τεχνικά βασικά χαρακτηριστικά των συσκευών ESWL που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση λίθων:

(1) ηλεκτροϋδραυλική (OssaTron, Orbasone) ή ηλεκτρομαγνητική (Epos Ultra, Sonocur) δημιουργία κυμάτων πίεσης και

(2) δημιουργία κυμάτων εστιασμένης πίεσης. Η συσκευή Orthospec χρησιμοποιεί επίσης τεχνολογία ηλεκτροϋδραυλικού διάκενου σπινθήρα για τη δημιουργία κυμάτων πίεσης.

Το ελβετικό DolorClast δημιουργεί ακτινωτά κύματα πίεσης βαλλιστικά, δηλ. επιταχύνοντας μια σφαίρα για να χτυπήσει έναν εφαρμοστή, ο οποίος μετατρέπει την κινητική ενέργεια της σφαίρας σε ένα ακτινωτά διαστελλόμενο κύμα πίεσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μελέτες των Chitnis and Cleveland (2006) και Cleveland et al. (2007) έδειξε

ότι το Swiss DolorClast δεν παράγει κύματα πίεσης που πληρούν τα χαρακτηριστικά που ορίζονται από τον φυσικό ορισμό των κρουστικών κυμάτων που παρέχεται παραπάνω. Συγκεκριμένα, ο χρόνος ανόδου των κυμάτων πίεσης που δημιουργούνται από το ελβετικό DolorClast αναφέρθηκε ως 600 (Chitnis & Cleveland, 2006) ή 800 ns (Cleveland et al., 2007), αντίστοιχα. Αυτός ο χρόνος ανόδου είναι περίπου 90 φορές μεγαλύτερος από ό,τι θα αναμενόταν για ένα ωστικό κύμα (Cleveland et al., 2007). Επιπλέον, η μέγιστη θετική πίεση κορυφής του ελβετικού DolorClast αναφέρθηκε ως 5 (Chitnis & Cleveland, 2006) ή 7 MPa (Cleveland et al., 2007), αντίστοιχα. Συνεπώς, τέθηκε το ερώτημα εάν τα κύματα πίεσης που δημιουργούνται με τις συσκευές Ossatron, Epos Ultra, Sonocur Basic, Orbasone και Orthospec πληρούν τα χαρακτηριστικά που ορίζονται από τον φυσικό ορισμό των κρουστικών κυμάτων που παρέχεται παραπάνω.

### 3.3 Επιδράσεις κρουστικών κυμάτων

Η ικανότητα κλασματοποίησης και αποσύνθεσης ασβεστοποιημένων λίθων και όζων με κρουστικά κύματα είναι μία από τις βασικές κλινικές εφαρμογές του SWT (Shock Wave Therapy). Το σπάσιμο των λίθων με κρουστικά κύματα προκαλείται από διάφορα φυσικά φαινόμενα που μπορεί να συμβούν μεμονωμένα ή ταυτόχρονα. Πρώτον, το πλάτος της πίεσης του κρουστικού κύματος μπορεί να υπερβεί αμέσως την αντίσταση στην πίεση της πέτρας που οδηγεί σε βλάβη λόγω της μετάβασης του κρουστικού κύματος. Το δεύτερο φαινόμενο σχετίζεται με ένα τεντωμένο κύμα που εμφανίζεται λόγω ανάκλασης στην πίσω πλευρά της πέτρας. Αυτό το πρόσθετο κύμα μπορεί να οδηγήσει σε σύνθλιψη του υλικού ακόμη και σε χαμηλό πλάτος, λόγω της χαμηλής αντοχής σε εφελκυσμό των ορυκτών ουσιών. Τελευταίο είναι το φαινόμενο της σπηλαίωσης. Σε μια επιφάνεια πέτρας που είναι εκτεθειμένη στις ωθήσεις των κυμάτων σχηματίζονται φυσαλίδες αερίου, αλλά στη συνέχεια καταρρέουν δημιουργώντας μια πηγή πρόσθετης ενέργειας αποσύνθεσης και μπορεί να οδηγήσει σε τοπική αύξηση της πίεσης έως και 10 MPa, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την επιφανειακή διάβρωση και επιπλέον μικρορωγμές στην πέτρινη ραχοκοκαλιά (Seshadri & De, 2020). Για την υψηλότερη αποτελεσματικότητα της δύναμης υποβάθμισης του κρουστικού κύματος, οι μέγιστοι παλμοί ενέργειας θα πρέπει να εστιάζονται στο σημείο όπου υποτίθεται ότι θα χορηγηθεί η θεραπεία.

Η φυσική βάση της αλληλεπίδρασης των κρουστικών κυμάτων με τις ασβεστοποιημένες δομές έχει διερευνηθεί καλά. Ωστόσο, ο ακριβής αντίκτυπος που προσδίδουν τα κρουστικά κύματα σε διαφορετικούς μαλακούς ιστούς και καλλιέργειες κυττάρων δεν είναι πλήρως κατανοητός. Η μετάδοση ενός κρουστικού κύματος οδηγεί σε βιολογικές επιπτώσεις στις κυτταρικές καλλιέργειες και στη συνέχεια στους ιστούς και τα όργανα. Ο μετασχηματισμός της φυσικής ενέργειας σε βιολογική απόκριση είναι μια διαδικασία καταρράκτη πολλαπλών τροχιών. Στην αρχική φάση αυτής της διαδικασίας, ένα ακουστικό σήμα μετατρέπεται από ένα κύτταρο σε βιολογική αντίδραση. Έχουν προταθεί διάφορες θεωρίες σχετικά με το πώς η ενέργεια από τη θεραπεία κρουστικών κυμάτων πυροδοτεί την κυτταρική απόκριση (Dietz-Laursonn et al., 2016). Ένα μοντέλο υποθέτει ότι η μηχανική παραμόρφωση των κυττάρων μπορεί να οδηγήσει σε μια ενεργοποίηση των διαύλων ιόντων μεμβράνης μαζί με την υπερπόλωση και τη ρύθμιση της διαπερατότητας της μεμβράνης. Ένας άλλος δυναμικά εμπλεκόμενος παράγοντας είναι η διαδικασία σπηλαίωσης. Φυσαλίδες αερίου εμφανίζονται από το υγρό μέσο λόγω των δυνάμεων εφελκυσμού των κρουστικών κυμάτων. Κατά τη διάρκεια της έκρηξης των φυσαλίδων σπηλαίωσης, εκπέμπονται δευτερεύοντα κρουστικά κύματα και μικροεκτοξευτήρες που οδηγούν σε

αυξημένη επιμόλυνση μορίων. Όλες οι αναφερόμενες φυσικές δυνάμεις μεταφέρονται σε μια βιολογική αντίδραση μέσω μηχανοϋποδοχέων μέσω οδών μηχανομετατροπής. Οι μηχανοϋποδοχείς θεωρείται ότι είναι τα κύρια σημεία μετατροπής της μηχανικής ενέργειας που μεταφέρεται από το SW σε βιοχημικά σήματα που επηρεάζουν τη δραστηριότητα των κυττάρων και των ιστών. Πολυάριθμες κυτταρικές δομές μπορούν να παίξουν το ρόλο των μηχανοϋποδοχέων - πρωτεΐνες εξωκυτταρικής ουσίας, κανάλια ιόντων που ενεργοποιούνται με διάταση, μιτοχόνδρια, κυτταροσκελετικά συστατικά και συνδεδετικοί υποδοχείς κυττάρου-κυττάρου είναι μερικά μόνο παραδείγματα (Liu et al., 2019). Η θεραπεία με κρουστικά κύματα (SWT) αυξάνει τη δραστηριότητα των κυττάρων διεγείροντας τη σύνθεση διαφόρων βιομορίων, κυρίως της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (Weihs et al., 2014). Η επίδραση του SW στις μοριακές διεργασίες που παρατηρείται σε διάφορους τύπους κυττάρων έχει γίνει ακρογωνιαίος λίθος για το σχεδιασμό κλινικών δοκιμών. Η πλήρης ανάλυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μονοπατιών σήματος SW και κυττάρου ξεφεύγει από το πεδίο εφαρμογής αυτού του άρθρου. Ωστόσο, το επόμενο μέρος αυτής της εργασίας συνοψίζει την πραγματική κλινική επίπτωση της τεχνολογίας κρουστικών κυμάτων και τη μοριακή βάση δράσης τους.

### **3.4 Χρήση κρουστικών κυμάτων στην τενοντοπάθεια**

Η πρώτη καλά αποδεδειγμένη ένδειξη θεραπείας με SW στην ορθοπεδική ήταν η αντιμετώπιση της τενοντίτιδας. Οι συσκευές ESW έχουν εγκριθεί από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA) για τη θεραπεία της πελματιαίας απονευρωσίτιδας, συμπεριλαμβανομένων των ασθενειών του Αχίλλειου τένοντα. Η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια αυτής της εφαρμογής του SW είχε επιβεβαιωθεί σε πολυάριθμες τυχαίοποιημένες δοκιμές (Sun et al., 2017). Ο μηχανισμός δράσης στις ασθένειες του συνδεδετικού ιστού απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση. Εν συντομία, ένας από τους υποτιθέμενους θεραπευτικούς μηχανισμούς είναι η τροποποίηση της ανοσολογικής απόκρισης —με τη μετατόπιση της πολικότητας στον φαινότυπο των μακροφάγων από M1 σε M2 (Lana et al., 2019). Κατά γενικό κανόνα, ο πληθυσμός M1 των μακροφάγων είναι υπεύθυνος για την προφλεγμονώδη απόκριση, παίζουν σημαντικό ρόλο στην άμεση άμυνα του ξενιστή έναντι παθογόνων όπως η φαγοκυττάρωση και η έκκριση των προφλεγμονωδών κυτοκινών και μικροβιοκτόνων μορίων. Από την άλλη πλευρά, η ομάδα των μακροφάγων M2 περιορίζει την ανοσολογική απόκριση και εντείνει τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες (Mosser & Edwards, 2008). Η απόκριση τύπου 2 είναι γνωστό ότι εμπλέκεται άμεσα σε αναγεννητικές διεργασίες (πολλαπλασιασμός κυττάρων και σύνθεση πολυαμίνης και κολλαγόνου, απελευθέρωση IL-10 και IL-4) και στην προώθηση της αγγειογένεσης μέσω της απελευθέρωσης διαφόρων κυτοκινών και αυξητικών παραγόντων. Δεδομένα από ζωικά μοντέλα επιβεβαιώνουν μια αύξηση στη νεοαγγειογένεση μετά από θεραπεία κρουστικών κυμάτων. Οι Wang et al. (2008) προτείνουν ότι η εφαρμογή της εξωσωματικής θεραπείας κρουστικών κυμάτων (ESWT) προκάλεσε αυξανόμενο αριθμό νεοαγγείων καθώς και αυξημένη απελευθέρωση δείκτες ανάπτυξης και νεοαγγείωσης, συμπεριλαμβανομένων του αγγειακού ενδοθηλιακού αυξητικού παράγοντα (VEGF), eNOS, πολλαπλασιαζόμενου κυτταρικού πυρηνικού αντιγόνου (PCNA), και η μορφογόνος πρωτεΐνη-2 των οστών (BMP-2). Το ESWT επιταχύνει την επούλωση των παθολογιών των τενόντων όχι μόνο ρυθμίζοντας την ανοσολογική απόκριση μέσω του αγγειακού πολλαπλασιασμού, αλλά και με άμεση επίδραση στα ανθρώπινα τενοκύτταρα. Οι Vetrano et al. (Vetrano et al., 2011) έδειξαν ότι η εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων προώθησε τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και τις αλλαγές στη μορφολογία και την αποδιαφοροποίηση των κυττάρων. Οι συγγραφείς προτείνουν ότι αυτό το αποτέλεσμα υποστηρίχθηκε από μια σημαντική αύξηση στα επίπεδα

του δείκτη πολλαπλασιασμού Ki67. Ένας άλλος υποτιθέμενος μηχανισμός τενοντοπάθειας προτάθηκε από τους Han et al. (2009) οι οποίοι βρήκαν υψηλότερα επίπεδα μεταλλοπρωτεϊνών -1, -2 και -13 (MMP-1, -2, και-13) και IL-6 σε ανθρώπινα τενοκύτταρα που έχουν προσβληθεί από τενοντοπάθεια σε σύγκριση με φυσιολογικά κύτταρα. Αυτό που είναι ενδιαφέρον, το ESWT κατάφερε να αντιστρέψει μια δυσμενή στάση και μείωσε την έκφραση αρκετών MMPs και IL-6. Η ενίσχυση του πολλαπλασιασμού μπορεί να σχετίζεται με το αυξημένο επίπεδο της εξωκυτταρικής τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) μετά από θεραπεία κρουστικών κυμάτων, αποδείχθηκε ότι μπορεί να προκαλέσει την απελευθέρωση του ATP, ενεργοποιώντας έτσι τις οδούς σηματοδότησης Erk1/2 και p38 MAPK. Η ανακούφιση από τον πόνο είναι επίσης σημαντικό μέρος της θεραπείας σε διάφορες τενοντοπάθειες. Όπως προτείνει η μελέτη (Maemichi et al., 2021), το ESWT μπορεί να έχει αναλγητικές ιδιότητες. Στο επίκεντρο αυτών των διεργασιών φαίνεται να περιλαμβάνονται αλλαγές στις συγκεντρώσεις της ουσίας P και της προσταγλανδίνης E2 στους ιστούς. Η λειτουργία των τενόντων των αρθρώσεων μπορεί να βελτιωθεί με άλλο είδος μηχανισμού, το ESWT μπορεί να διεγείρει τη σύνθεση της λουμπρικίνης. Αυτή η γλυκοπρωτεϊνική ουσία είναι σημαντική ιδιαίτερα για τις δομές των τενόντων, επειδή διευκολύνει την παρακολούθηση των τενόντων. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί με διαμόρφωση της έκφρασης του TGF- $\beta$ 1 (Lee et al., 2008). Μια άλλη κλινική εφαρμογή του ESWT στον ορθοπεδικό τομέα αναφέρεται στην προώθηση της αναγέννησης των ιστών. Πολλαπλές μελέτες έχουν αποδείξει ότι η θεραπεία κρουστικών κυμάτων μπορεί να είναι αποτελεσματική στη μείωση του χρόνου επούλωσης των οστών (Gollwitzer et al., 2013). Αρκετοί παράγοντες έχουν υποτεθεί ότι τροποποιούν αυτή τη διαδικασία. Ωστόσο, ο ακριβής μηχανισμός δεν είναι πλήρως κατανοητός. Οι Wang et al. (2011) ισχυρίζονται ότι το κλινικό αποτέλεσμα συνδέεται με αυξημένη συστηματική συγκέντρωση του επιπέδου του νιτροοξειδίου καθώς και με την αλλαγή των αγγειογενετικών παραγόντων (σημαντικές αυξήσεις του VEGF, του παράγοντα von Willebrand (vWF) και των αυξητικών παραγόντων ινοβλαστών· επιπλέον, με μείωση του TGF- $\beta$ ) με την ταυτόχρονη ανάπτυξη οστεογονικών παραγόντων (ενισχυμένη σύνθεση BMP-2, οστεοκαλσίνης, αλκαλικής φωσφατάσης και των ινσουλινοειδών αυξητικών παραγόντων (IGF) με συνυπάρχοντα χαμηλότερο συστηματικό επίπεδο DKK-1). Εκτός από το να επηρεάζει τον οστικό ιστό, το ESWT αποκαλύπτει επίσης προστατευτικά αποτελέσματα χόνδρο. Οι Wang et al. (2003) προτείνουν ότι αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί με την ενίσχυση της σύνθεσης του κολλαγόνου II καθώς και υψηλότερων επιπέδων VEGF, BMP-2 και οστεοκαλσίνης στο υποχόνδριο οστό.

### 3.5 Αντενδείξεις κρουστικών κυμάτων

Τα κρουστικά κύματα μπορούν να καταστρέψουν μέταλλα, όπως φαίνεται στις προπέλες των σκαφών, επομένως πρέπει να δοθεί προσοχή στην ενέργεια που χρησιμοποιείται. Όσο υψηλότερη είναι η ενεργειακή ρύθμιση, τόσο μεγαλύτερη είναι η καταστροφική δύναμη, όπως εφαρμόζεται στο θρυμματισμό πέτρας στα νεφρά. Οι Rompe et al έχουν ήδη δείξει εντυπωσιακά το 1997 ότι με τις συσκευές στην αγορά, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία των οστών, οι τένοντες μπορεί να υποστούν μόνιμη βλάβη (Rockwood, 2009). Δεδομένου ότι τα κρουστικά κύματα απελευθερώνουν την ενέργειά τους κυρίως στο περιβάλλον όπου τα μέσα έχουν μεγαλύτερη διαφορά στην σύνθετη αντίσταση, όλοι οι ιστοί που έχουν πολύ διαφορετικές σύνθετες αντιστάσεις, δηλαδή ιδιαίτερα υψηλή ή ιδιαίτερα χαμηλή πυκνότητα, κινδυνεύουν. Επομένως, είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι οι πνεύμονες δεν βρίσκονται στο ηχητικό πεδίο, επειδή μπορεί να οδηγήσει σε αιμορραγία ή πνευμοθώρακα. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το ESWT θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε περιβάλλον παρόμοιο με το προστατευτικό πρότυπο της αποδεκτής ιατρικής πρακτικής. Επιπλέον, προκύπτει ότι μόνο τα άτομα που έχουν την κατάλληλη ικανότητα θα πρέπει να χρησιμοποιούν το ESWT. Η ένδειξη μπορεί να εφαρμοστεί μόνο από κάποιον που είναι



εξουσιοδοτημένος να κάνει τη διάγνωση, η οποία σε πολλές χώρες προορίζεται αποκλειστικά για γιατρούς. Σε ορισμένες χώρες είναι επίσης εξουσιοδοτημένοι φυσιοθεραπευτές ή/και ποδολόγοι. Θεωρούμε το γεγονός ότι η ίδια η θεραπεία είναι δυσάρεστη ή επώδυνη ως παρενέργεια και όχι ως επιπλοκή. Το ESWT μπορεί να προκαλέσει ερυθρότητα και επιφανειακά αιματώματα στο δέρμα, λόγω του πόνου κατά τη διάρκεια του ESWT. Ο ασθενής μπορεί να αναπτύξει μια αντίδραση πνευμονογαστρικής και να ζαλιστεί, ενώ οι βαθύτεροι τραυματισμοί του δέρματος δεν είναι άγνωστοι. Έχουν περιγραφεί επιπλοκές που εμφανίστηκαν μετά το ESWT, αλλά δεν ήταν δυνατό να αποδειχθεί ότι το ESWT οδηγεί σε τέτοιες αλλαγές στα συνιστώμενα επίπεδα ενέργειας. Πιθανότερο, οι πολλαπλές διηθήσεις κορτιζόνης κατά την προετοιμασία του ESWT που περιγράφονται, είναι πολύ πιο πιθανό να οδηγήσουν σε νέκρωση της κεφαλής του βραχιονίου (Durst et al., 2002).

### **3.6 Ενδείξεις ανά περιοχή**

#### **3.6.1 Οστικές ενδείξεις: μη ένωση, καθυστερημένη επούλωση**

Η παλαιότερη ορθοπεδική ένδειξη για ESWT είναι η καθυστερημένη επούλωση κατάγματος οστών ή η ψευδάρθρωση. Ο Βαλτσάνου δημοσίευσε μια σειρά από θεραπείες οστών το 1991, τις οποίες πραγματοποίησε στη Βουλγαρία στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Ταυτόχρονα, κέντρα στη Γερμανία έκαναν επίσης παρατηρήσεις σε οστά ζώων που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με ESWT (Böddeker et al., 2001). Ωστόσο, οι δημοσιευμένες μελέτες δεν χαρακτηρίστηκαν πλήρως από τα επίπεδα αποδεικτικών στοιχείων τους, αλλά αρκετές σειρές περιπτώσεων διαφορετικών οστικών ενδείξεων οδήγησαν σε εξάπλωση του ESWT μεταξύ ορθοπεδικών και τραυματιολόγων (Auersperg & Trieb, 2020). Παρά την κριτική του ESWT στη θεραπεία της ψευδάρθρωσης και της καθυστερημένης επούλωσης κατάγματος οστών, έχει γίνει αποδεκτή, κυρίως λόγω της εργασίας των Cacchio και Furia, οι οποίοι έχουν επιτύχει σημαντικά υψηλότερο επίπεδο τεκμηριωμένων προτύπων ιατρικής (EBM) από προηγούμενες μελέτες (Biedermann et al., 2003). Αν και υπάρχουν σήμερα μελέτες που περιγράφουν το ESWT στα οστά με άλλες συσκευές εκτός από υψηλής ενέργειας, μπορεί κανείς να προτείνει θεραπεία υψηλής ενέργειας με συσκευές εστίασης όπως εφαρμόζεται στις δημοσιεύσεις με θετικά αποτελέσματα, π.χ. με ηλεκτροϋδραυλικές και ηλεκτρομαγνητικές συσκευές και τα επίπεδα ενέργειας από 0.35 mJ/mm<sup>2</sup> to 0.70 mJ/mm<sup>2</sup>.

#### **3.6.2 Οστεονέκρωση, οίδημα μυελού των οστών**

Η θεραπεία της νέκρωσης της μηριαίας κεφαλής δεν ήταν τόσο επιτυχημένη όσο η θεραπεία της καθυστερημένης επούλωσης κατάγματος και της ψευδάρθρωσης, αλλά υπάρχουν μερικές δημοσιεύσεις που περιγράφουν μια θετική επίδραση. Οι Ludwig et al παρατήρησαν μια βελτίωση όχι μόνο κλινικά, αλλά και στο στάδιο της Association Research Circulation Osseous (ARCO) της νέκρωσης της μηριαίας κεφαλής (Ludwig et al., 2001). Η κατάσταση των δεδομένων δεν είναι ιδιαίτερα συντριπτική, αλλά ακόμη και σε συστηματικές ανασκοπήσεις φαινόταν πιθανό ένα θετικό αποτέλεσμα, ακόμη κι αν επισημάνθηκε ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμες διπλές τυφλές μελέτες (Kong et al., 2010). Μια μεταγενέστερη μελέτη έδειξε επίσης θετικά αποτελέσματα, παρόλο που αυτή η εργασία δεν ήταν επίσης μια τυχαίοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή. Οι Wang και συνεργάτες συνέκριναν το ESWT όχι με ένα εικονικό φάρμακο, αλλά με την αποσυμπίεση του πυρήνα και βρήκαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Wang et al., 2005). Ωστόσο, οι Wang et al βρήκαν επίσης σε μια συγκριτική μελέτη με τυχαίοποίηση του ESWT έναντι της αλενδρονάτης συγκρίσιμα αποτελέσματα στα οποία το ESWT ήταν ισοδύναμο και στις δύο ομάδες (Wang et al., 2008). Οι d'Agostino et al. βρήκαν πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα στο πρώιμο στάδιο της νέκρωσης της μηριαίας κεφαλής (d'Agostino et al., 2014). Μελετήθηκε όχι μόνο η οστεονέκρωση της κεφαλής του

μηριαίου, αλλά και τα σύνδρομα οιδήματος του μυελού των οστών. Μια περαιτέρω μελέτη από τους d'Agostino et al., για παράδειγμα, έδειξε σημαντική βελτίωση με το ESWT στη νόσο του Kienböck (D'Agostino et al., 2011). Συνοπτικά, υπάρχουν αναφορές χρήσης ESWT στην οστεονέκρωση: νόσος Perthes, Köhler I και II, νέκρωση της κεφαλής του μηριαίου και δευτερογενής οστεονέκρωση μετά από τραύμα. Η βιβλιογραφία είναι φτωχή, αλλά υπάρχει μια αναφορά περίπτωσης από τους Moretti et al σχετικά με την επιτυχή θεραπεία της αμφοτερόπλευρης οστεοχόνδρωσης στο γόνατο, και υπάρχει μια δημοσιευμένη σειρά από το Βερολίνο, η οποία ανέφερε θετικά αποτελέσματα (Moretti et al., 2009).

### **3.6.3 Πελματιαία απονευρωσίτιδα, Αχίλλειος τενοντοπάθεια**

Το ESWT ήταν πιο επιτυχημένο στη συνήθη θεραπεία των παθήσεων της πτέρνας, όπως η πελματιαία απονευρωσίτιδα και η καταφυτική τενοντοπάθεια του αχίλλειου τένοντα και η αχιλλοδυνία του μεσαίου τμήματος. Εδώ, η κατάσταση των δεδομένων είναι αρκετά καλή, παρόλο που η βιβλιογραφία έχει αδυναμίες για αυτήν την ένδειξη. Το Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen εξέτασε ενδελεχέστερα τα στοιχεία για τη χρήση του ESWT σε παθολογίες πτέρνας και αυτή η έρευνα οδήγησε στο γεγονός ότι οι εταιρείες ασφάλισης υγείας στη Γερμανία πρέπει να αναλάβουν το κόστος του ESWT στην πτέρνα, επειδή η εξέταση παρήγαγε επαρκή στοιχεία. Οι προηγούμενες δημοσιεύσεις είναι πολύ πιο αδύναμες. Αφενός δεν επιτεύχθηκε σημαντική επιτυχία σε σύγκριση με ένα εικονικό φάρμακο όταν χρησιμοποιήθηκε τοπική αναισθησία ή ένας πολύ ετερογενής πληθυσμός ασθενών κλήθηκε για θεραπεία, η οποία δεν θα διευκόλυνε την τυχαιοποίηση, παρόλο που υπήρχαν μελέτες που είχαν δείξει καλή επιτυχία του ESWT σε πελματιαία απονευρωσίτιδα (Auersperg & Trieb, 2020). Ο κατάλογος θα μπορούσε να επεκταθεί, αλλά υπάρχουν δημοσιεύσεις που έχουν δείξει καλά αποτελέσματα για συσκευές εστίασης και ακτινωτές συσκευές. Υπάρχουν επίσης μελέτες που συγκρίνουν το ESWT με άλλες θεραπείες, όπως η κορτιζόνη. Αν και το ESWT δεν έχει καταστροφική επίδραση στον ιστό των τενόντων, σε αντίθεση με την κορτιζόνη, τα αποτελέσματα δεν είναι πειστικά. Όπως και με την πελματιαία απονευρωσίτιδα, υπάρχουν πολλές δημοσιεύσεις σχετικά με την τενοντοπάθεια του Αχίλλειου που δείχνουν ότι το ESWT μπορεί να παράγει καλό αποτέλεσμα. Ο Rompe et al ασχολήθηκε με την έκκεντρη άσκηση και το ESWT σε περαιτέρω μελέτες και τόνισε τη θετική τους αλληλεπίδραση, αφού είχε διερευνήσει τις δύο θεραπείες και την επίδρασή τους σε σύγκριση μεταξύ τους, και άλλοι συνάδελφοι απέδειξαν επίσης τη θετική επίδραση του ESWT στην ανακούφιση από τον πόνο στον Αχίλλειο τένοντα (Rompe et al., 2008).

### **3.6.4 Τενοντίτιδα calcarea, ασβεστοποιητική τενοντίτιδα**

Η χρήση του ESWT στον ασβεστοποιημένο ώμο αναπτύχθηκε επειδή αρχικά θεωρήθηκε λανθασμένα ότι το ασβέστωμα μπορούσε να εκτοξευθεί από τον τένοντα, σε σύγκριση με τις πέτρες στα νεφρά, οι οποίοι συνθλίβονται και αυτά τα θραύσματα στη συνέχεια αποβάλλονται μέσω του ουρητήρα. Αλλά έγινε φανερό ότι ήταν η επίδραση στον ιστό που προκάλεσε την επούλωση και όχι η «καταστροφική» επίδραση των κρουστικών κυμάτων. Οι διαφορετικές ενεργειακές αντοχές και οι διαφορετικές τους επιπτώσεις στο ασβέστωμα αντιμετωπίστηκαν επίσης λίγο αργότερα (Mouzopoulos et al., 2007). Η σημαντική ανακάλυψη επιτεύχθηκε από τους Gerdesmeyer et al. (2003) που έδειξε ότι το υψηλής ενέργειας (0,32 mJ/mm<sup>2</sup>) παρήγαγε καλύτερα αποτελέσματα από το ESWT χαμηλής ενέργειας (0,08 mJ/mm<sup>2</sup>), αλλά και ότι το ESWT χαμηλής ενέργειας ήταν σε θέση να διαλύσει το ασβέστωμα. Αναδρομικά αυτή η δημοσίευση ήταν πιθανώς πολύ καθοριστική για τη συνολική επιτυχία του ESWT, επειδή η δημοσίευση είχε υψηλό βαθμό αποδεικτικών στοιχείων και έπεισε τους ειδικούς. Ένα άλλο άρθρο του Cacchio, ο οποίος πραγματοποίησε

μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή (RCT) συγκρίνοντας τη θεραπεία με ακτινωτά (r-ESWT) και εστιασμένα κρουστικά κύματα (f-ESWT) έδειξε καλύτερα αποτελέσματα (για την οπτική αναλογική κλίμακα και την κλίμακα αξιολόγησης ώμου UCLA) για την ακτινωτή συσκευή. Αυτή η αξιολόγηση δεν είναι κοινή από όλους τους ερευνητές κρουστικών κυμάτων. Αντίθετα, υπάρχει ένας κυρίαρχος αριθμός ερευνητών που βλέπουν πλεονεκτήματα υπέρ του εστιασμένου ESWT ειδικά στην ασβεστοποιό τενοντίτιδα (Albert et al., 2007).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αποτελεσματικότητα κρουστικών κυμάτων

### 4.1 Μεθοδολογία

Για την παρούσα εργασία αναζητήθηκαν άρθρα σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων, μέσω μηχανών αναζήτησης όπως Pubmed, PEDro και Google Scholar, καθώς και εντοπισμός ερευνών από τις αναφορές των σχετικών άρθρων. Συμπεριλήφθησαν κλινικές δοκιμές δημοσιευμένες στην αγγλική γλώσσα, που μελέτησαν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας με κρουστικά κύματα, σε ασθενείς με χρόνια τενοντοπάθεια/ τενοντίτιδα στροφικού πετάλου, σύνδρομο υπακρωμιακής προστριβής (SIS) και σύνδρομο υπακρωμιακού πόνου (SAPS). Δεν συμπεριλήφθησαν έρευνες που μελέτησαν την αποτελεσματικότητα των κρουστικών κυμάτων σε ασβεστοποιητική τενοντίτιδα. Χρησιμοποιήθηκαν λέξεις κλειδιά στην αγγλική γλώσσα όπως shockwave therapy, ESWT, rESWT, rotator cuff, tendinopathy, supraspinatus, tendonitis.

Πίνακας 2: Κλινικές δοκιμές πάνω στη χρήση θεραπείας κρουστικών κυμάτων.

Συγγραφείς, έτος / Μέθοδος	Παρεμβάσεις	Αξιολόγηση	Αποτελέσματα
Schmitt et al. 2001 Μονή τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή	Ομάδα 1 (n=20): 3 συνεδρίες f-ESWT 2000 παλμοί/ 0,11 mm/mm <sup>2</sup> / 2 Hz  Ομάδα 2 (n=20): 3 συνεδρίες sham ESWT  Υπακρωμιακή έγχυση αναισθητικού.	CMS, VAS pain (rest , activity) 6 και 12 εβδ. μετά το τέλος της θεραπείας	Καμία στατ. Σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων για τις 6 και 12 εβδ.
Speed et al. 2002 Διπλή τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή	Ομάδα 1 (n=27): f- ESWT 3 συνεδρίες 1500 παλμοί / 0.12 mJ/mm <sup>2</sup> Ομάδα 2 (n=32): sham ESWT 3 συνεδρίες 1500 παλμοί / 0.04 mJ/mm <sup>2</sup>	SPADI, VAS 4 και 12 εβδ. μετά το τέλος της θεραπείας	Καμία στατ. Σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων
Schofer et al. 2009 Μονή τυφλή τυχαιοποιημένη συγκριτική κλινική δοκιμή	Ομάδα 1 (n=19): 3 συνεδρίες f-ESWT 2000 παλμοί/ υψηλή ενέργεια (0.78 mJ/mm <sup>2</sup> )  Ομάδα 2 (n=18)3	CMS, VAS 3 και 13 μήνες μετά το τέλος της θεραπείας	<u>3 και 13 μήνες</u> : Και οι δυο ομάδες είχαν στατ. Σημαντική βελτίωση στο Constant score και VAS pain (rest, activity) Καμία στατ. Σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων.

	<p>συνεδρίες f-ESWT 2000 παλμοί/ χαμηλή ενέργεια (0.33 mJ/mm<sup>2</sup>)</p> <p>Υπακρωμακή έγχυση αναισθητικού.</p>		
<p>Engebretsen et al. 2009 Μονή τυφλή τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή</p>	<p>Ομάδα 1 (n=51): Εξατομικευμένο πρόγραμμα ασκήσεων υπό την επίβλεψη φυσικοθεραπευτή (2 συνεδρίες (45 λεπτά) ανά εβδομάδα για 12 εβ.). Περιλάμβαναν διόρθωση κινητικών μοτίβων, αύξηση αντοχής και δύναμης.</p> <p>Ομάδα 2 (n=52): r-ESWT 4-6 συνεδρίες( ανά 7 μέρες) 2000 παλμοί/ 9-12 Hz/ 2,5- 4 Bar.</p>	<p>SPADI, Lickert 9-point (pain rest, activity), Ενεργητικό ROM Μετρήσεις στις .0, 6, 12, 18 εβδομάδες και 1 χρόνο.</p>	<p>Μικρή υπεροχή της ομάδας 1 στις 18 εβδ. για SPADI (p=0.047) και VASa (p=0.042). Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στον 1 χρόνο.</p>
<p>Galasso et al. 2012 Διπλή τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή.</p>	<p>Ομάδα 1 (n=11): f-ESWT 2 συνεδρίες / 3000 παλμοί / ενέργεια 0.068 mJ/mm<sup>2</sup></p> <p>Ομάδα 2 (n=9):sham ESWT</p> <p>Τοπική έγχυση λιδοκαΐνης</p>	<p>CMS(pain, ADL, ROM, power) 6 εβδ. και 3 μήνες</p>	<p><u>6 εβδ.</u> Στατ. Σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων για total cms (p=0.018) και υποκατηγορία pain (p=0.045) και ROM (p= 0.038). <u>3 μήνες</u> Στατ. Σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων για total CMS (p=0.023) και υποκατηγορίες pain (p=0.039), ROM (p= 0.012).</p>
<p>Kolk et al. 2013 Διπλή τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή.</p>	<p>Ομάδα 1 (n=44) : r-ESWT 3 συνεδρίες/ 2000 παλμοί / 0.11 mJ/mm<sup>2</sup> / 8 Hz / 2.5 bar</p> <p>Ομάδα 2(n=38): placebo</p>	<p>CMS, VAS , SST Μετρήσεις 3 και 6 μήνες μετά τη θεραπεία.</p>	<p>Και οι δυο ομάδες είχαν στατ. σημαντική βελτίωση για CMS, VAS, SST στους 6 μήνες χωρίς στατ. Σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων.</p>
<p>Santamato et al. 2016 Τυχαιοποιημένη συγκριτική κλινική δοκιμή</p>	<p>Ομάδα 1(n=15): f-ESWT 3 συνεδρίες f-ESWT 700 παλμοί, μέτρια ενέργεια 0,12 mj/mm<sup>2</sup></p> <p>Ομάδα 2 (n=15): f-ESWT + Ισοτονική άσκηση</p> <p>Προοδευτικό πρόγραμμα ισοτονικής ενδυνάμωσης 10 συνεδρίες (ανά 3 ημέρες) στην έσω/έξω στροφή από 45° απαγωγή και 30° κάμψη</p>	<p>VAS, CMS μέγιστη ροπή, συνολικό έργο (ισοκινητικό δυναμόμετρο) 10 μέρες και 2 μήνες μετά την θεραπεία.</p>	<p><u>2 μήνες</u>: Στατ. Σημαντική βελτίωση υπέρ της ομάδας 2 για VAS, CMS μέγιστη ροπή και συνολικό έργο στο ισοκινητικό δυναμόμετρο.</p>

	(3-4 σετ/ 10 επαν.) "		
Kvalvaag et al. 2017 Διπλή τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή.	Ομάδα 1 (n=74): Exercises ( 20 συνεδρίες) + 4 συνεδρίες r-ESWT 2000 Παλμοί , 1,5 - 3 bar( max 0.35 mJ/mm2) Διάρκεια: 12 εβδ.  Ομάδα 2 (n=69): exercise + sham r- ESWT	SPADI, πόνος ηρεμίας, δραστηριότητας και λειτουργικότητα (κλίμακα τύπου Likert 11 σημείων) 12 και 24 εβδ. μετά την έναρξη της θεραπείας.	Δεν υπήρχε στα. Σημ. Διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων στις 24 εβδ. εκτός από την υποομάδα με ασβεστοποίηση στο στροφικό πέταλο.
Li et al. 2017 Διπλή τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή.	Ομάδα 2 (n=42): 5 συνεδρίες r- ESWT (ανά 3 ημέρες / 3000 παλμοί / 0.11mJ/mm2 / 15 Hz / 3 bar  Ομάδα 2 (n=42) : sham ESWT	NRS, CMS, SST 4 και 8 εβδ. μετά το τέλος της θεραπείας.	4 εβδ.: στατ. σημαντική βελτίωση στον πόνο και λειτουργικότητα ( NRS, CMS, SST) p<0.05 8 εβδ.: στατ. σημαντική βελτίωση στον πόνο και λειτουργικότητα ( NRS, CMS, SST) P<0.01
Chou et al. 2018 Συγκριτική κλινική δοκιμή	Ομάδα Αθλητών (n=13): f-ESWT 1 συνεδρία (3000 παλμοί / 0.28 - 0.32 mJ/mm2)  Ομάδα μη αθλητών (n=23) : f-ESWT 1 συνεδρία (3000 παλμοί / 0.28 - 0.32 mJ/mm2) καθοδήγηση κυμάτων με υπερηχογράφημα.	VAS, CMS 3,6 και 12 Μήνες	•Στατιστικά σημαντική βελτίωση και για τις δύο ομάδες για VAS και CMS στους 3,6 και 12 μήνες.  •Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων.
Circi et al. 2018 μη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή	3 συνεδρίες ( 1/εβδ.) f- ESWT (1500 παλμοί, ενέργεια 0,12 ml/mm2) •ομάδα 1 (n=13): ακρώμιο τύπου 1 •ομάδα 2 (n=11): ακρώμιο τύπου 2 •ομάδα 3 (n=6): ακρώμιο τύπου 3	SPADI Αμέσως μετά τη θεραπείας και 3 μήνες μετά.	•Στατ. Σημαντική βελτίωση και για τις 3 ομάδες στους 3 μήνες για SPADI (p<0,05).  •Δεν υπήρχαν στατ. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων.
Dedes et al. 2019 Συγκριτική ελεγχόμενη κλινική δοκιμή	Ομάδα 1 :3-4 συνεδρίες (ανά 7 ημέρες) R-ESWT 1500-2000 παλμοί / 15 21 Hz / 1,8 bar  Ομάδα 2 : θεραπευτικός υπέρηχος 10 συνεδρίες (3 ανά εβδομάδα) 3 Mhz/ 2 W/cm2	UoP-PFQ μετά τη θεραπεία και 4 εβδομάδες μετά το τέλος της θεραπείας.	Στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα •αμέσως μετά τη θεραπεία (p<0,001) και 4 εβδομάδες μετά (p<0,001) υπέρ της O1 σε σύγκριση με την O3 •αμέσως μετά τη θεραπεία (p<0,001) και 4 εβδομάδες μετά (p<0,001) υπέρ της O2 σε σύγκριση με την O3

	Ομάδα 3: τοπική εφαρμογή ΜΣΑΦ		•αμέσως μετά τη θεραπεία (p<0,001) και 4 εβδομάδες μετά (p<0,001) υπέρ της O1 σε σύγκριση με την O2
Gülođlu 2021 Τυχαιοποιημένη συγκριτική κλινική δοκιμή	Ομάδα 1 (n=34) : θεραπεία laser χαμηλής ισχύος (Ga-Al-As) 15 συνεδρίες (5 φορές/εβδ.) (1064 nm, 5 min., 35 J ανά συνεδρία)  Ομάδα 2 (n=30) : 3 συνεδρίες f-ESWT (1500 παλμοί, 0.12 mJ/mm <sup>2</sup> , 1.5 bar)	ROM, VAS, SPADI, SF-36 Beck Depression and Anxiety Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) αμέσως μετά και 3 μήνες μετά το τέλος της θεραπείας	•ROM, VAS, SPADI, Beck Depression and Anxiety : Στατ. Σημαντική βελτίωση και στις δύο ομάδες (P<0,05) στους 3 μήνες. • Στατ. Σημαντική βελτίωση υπέρ της ομάδας 2 για VAS daytime (3 μήνες, p<0,001), Rom (3 Μήνες, p<0,05), SPADI total ( 3 μήνες, p<0,002), PSQI (τέλος θεραπείας, P<0.008).
Li et al. 2021 Τυχαιοποιημένη συγκριτική κλινική δοκιμή	Ομάδα 1 (n=23): 4 συνεδρίες f-ESWT 3000 παλμοί / 0.09 ± 0.018mJ/mm <sup>2</sup> / 5.11 ± 0.46 Hz  Ομάδα 2 (n=23): 4 συνεδρίες r-SWT 3000 παλμοί / 4.0 ± 0.35 bar / 3.2 ± 0.0 Hz	NRS, CMS 4, 12, 24 εβδ. CMS (48 εβδ.) Αλλαγές στο MRI 24 και 48 εβδ.	<u>24 εβδ</u> : Στατ. Σημαντική διαφορά (υπέρ του f-eswt) για NRS p < 0.001 <u>48 εβδ</u> : Στατ. Σημαντική διαφορά (υπέρ του f-eswt) για NRS p < 0.001 <u>24 εβδ</u> Στατ. Σημαντική διαφορά (υπέρ του f-eswt) για CMS ( total, pain , ADL) <u>48 εβδ</u> Στατ. Σημαντική διαφορά (υπέρ του f-eswt) για CMS ( total, pain, ADL, ROM) <u>24 και 48 εβδ.</u> Στατ. Σημαντική διαφορά (υπέρ του f-eswt) για MRI grading

## 4.2 Αποτελέσματα

Από τις 14 έρευνες που συμπεριλήφθησαν οι 9 έγιναν σε ασθενείς με τενοντοπάθεια/τενοντίτιδα, οι 3 σε σύνδρομο υπακρωμιακής προστριβής (SIS) και οι 2 σε σύνδρομο υπακρωμιακού πόνου (SAPS). Τα κριτήρια για την ένταξη των ασθενών ήταν διάρκεια συμπτωμάτων τουλάχιστον 6 μήνες σε 5 έρευνες, τουλάχιστον 3 μήνες σε 6 έρευνες και τουλάχιστον 4 εβδομάδες σε 3 έρευνες. Σε όλες τις έρευνες έγινε κλινική διάγνωση τενοντοπάθειας, SAPS ή SIS μέσω ιστορικού και φυσικής εξέτασης. Τα διαγνωστικά κριτήρια περιλάμβαναν θετικές δοκιμασίες υπακρωμιακής πρόσκρουσης (Hawkins Kennedy, Neer sign, empty can test), πόνος κατά τις στροφές με ισομετρική αντίσταση, ύπαρξη επώδυνης τροχιάς ή αυξημένος πόνος σε δραστηριότητες από θέση ανύψωσης και ύπαρξη ικανοποιητικού παθητικού εύρους τροχιάς. Οι περισσότερες από τις έρευνες χρησιμοποίησαν διαγνωστικά μέσα όπως ακτινογραφία, υπερηχογράφημα ή μαγνητική τομογραφία για να επιβεβαιώσουν τη διάγνωση ή για να αποκλείσουν άλλες αιτίες πόνου και παθολογίες. Το δείγμα αποτελούνταν, στις μισές περίπου έρευνες, από ασθενείς με παλαιότερη αποτυχημένη συντηρητική αντιμετώπιση, όπως φυσικοθεραπεία, λήψη αντιφλεγμονωδών φαρμάκων και τοπική έγχυση στεροειδών.

Οι Schmitt et al. (2001) στην μονή-τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή ερεύνησαν τα αποτελέσματα της θεραπείας με εστιασμένα κρουστικά κύματα σε ασθενείς με χρόνια τενοντίτιδα υπερακανθίου. Για την θεραπεία χρησιμοποιήθηκε υπακρωμιακή αναισθησία. Τα κρουστικά κύματα εστιάστηκαν στην κατάφυση του τένοντα του υπερακανθίου, με τη βοήθεια υπερηχογραφήματος. Η ομάδα θεραπείας (n=20) δέχθηκε 3 συνεδρίες εστιασμένων κρουστικών κυμάτων (2000 παλμοί, 2 Hz, 0,11 mm/mm<sup>2</sup>) με απόσταση μιας εβδομάδας μεταξύ των συνεδριών. Η ομάδα ελέγχου (n=20) δέχθηκε το ίδιο θεραπευτικό πρωτόκολλο με εικονική θεραπεία κρουστικών κυμάτων. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν με τη χρήση του ερωτηματολογίου CMS και της κλίμακας VAS στις 6 και 12 εβδομάδες μετά το τέλος της θεραπείας. Και οι δύο ομάδες είχαν σημαντική βελτίωση στον πόνο και τη λειτουργικότητα χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στο follow-up των 6 και 12 εβδομάδων. Σε follow-up 10 χρόνια μετά, αναλύθηκαν 33 από τα 40 άτομα που πήραν μέρος στη μελέτη. Τα αποτελέσματα δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων και οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η θεραπεία κρουστικών κυμάτων δεν είναι ωφέλιμη στον πόνο και τη λειτουργικότητα στο μακροχρόνιο στάδιο (Efe et al.,2014).

Οι Speed et al. σε διπλή-τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή το 2002 έλεγξαν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας με εστιασμένα κρουστικά κύματα στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου. Η ομάδα θεραπείας (n=34) έλαβε 3 συνεδρίες κρουστικών κυμάτων (1500 παλμοί, 0.12 mJ/mm<sup>2</sup>) με διαφορά ενός μήνα ανά συνεδρία και η ομάδα ελέγχου (n=40) δέχθηκε εικονική θεραπεία κρουστικών κυμάτων. Τα αποτελέσματα ως προς τον πόνο και την λειτουργικότητα (SPADI, VAS) αξιολογήθηκαν κατά τη διάρκεια της θεραπείας 4 και 12 εβδομάδες μετά το τέλος της θεραπείας. Οι ομάδες είχαν παρόμοια βελτίωση στον πόνο και τη λειτουργικότητα και οι συγγραφείς απόδωσαν τα αποτελέσματα της θεραπείας κρουστικών κυμάτων στο ισχυρό και μεγάλης διάρκειας φαινόμενο πλασίμπο.

Οι Galasso et al. (2012) στην διπλή-τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας εστιασμένων κρουστικών κυμάτων σε ασθενείς με τενοντοπάθεια υπερακανθίου, με διάρκεια συμπτωμάτων τουλάχιστον 6 μήνες και προηγούμενη αποτυχημένη συντηρητική αντιμετώπιση. Στην ομάδα θεραπείας (n=11) χορηγήθηκαν 2 συνεδρίες f-ESWT (3000 παλμοί, χαμηλή ενέργεια 0.068 mJ/mm<sup>2</sup>) με διαφορά μιας εβδομάδας, ενώ η ομάδα ελέγχου (n=9) δέχθηκε εικονική θεραπεία κρουστικών κυμάτων. Πριν τη θεραπεία έγινε τοπική έγχυση αναισθητικού. Η εστίαση των κυμάτων έγινε 1 εκατοστό από την κατάφυση του τένοντα με τη βοήθεια υπερηχογραφήματος. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν στις 6 και 12 εβδομάδες μετά την θεραπεία με τη χρήση του ερωτηματολογίου CMS. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση για το CMS και την υποκατηγορία του ROM και πόνου, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου στις 12 εβδομάδες. Συγκεκριμένα η ομάδα θεραπείας είδε μέση βελτίωση πάνω από 30 μονάδες στο ολικό CMS στους 3 μήνες. Η έρευνα αν και έδειξε θετικά αποτελέσματα είχε μικρό δείγμα, 11 άτομα στην ομάδα θεραπείας και 9 άτομα στην ομάδα ελέγχου. Το μικρό δείγμα αποτελεί περιοριστικό παράγοντα και μπορεί να μην παρέχει αξιόπιστη απάντηση στην αρχική υπόθεση της έρευνας.

Στην διπλή-τυφλή τυχαιοποιημένη μελέτη των Kolk et al.(2013) ερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της θεραπείας με ακτινωτά κρουστικά κύματα στην χρόνια τενοντίτιδα στροφικού πετάλου σε σύγκριση με εικονική θεραπεία. Οι ασθενείς που εντάχτηκαν είχαν θετική δοκιμασία empty can, επώδυνη τροχιά και συμπτώματα άνω των 6 μηνών. Στην κλινική δοκιμή συμπεριλήφθηκαν ασθενείς με ασβεστοποίηση ενώ άτομα με ρήξεις στο στροφικό πέταλο δεν συμπεριλήφθηκαν. Στην ομάδα θεραπείας (n=44) εφαρμόστηκαν 3 συνεδρίες ακτινωτών κρουστικών κυμάτων (2000 παλμοί, 0.11 mJ/mm<sup>2</sup>, 8 Hz, 2,5 Bar), με



διαφορά 10-14 ημερών. Η ομάδα εικονικής θεραπείας (n=38) εφαρμόστηκε πανομοιότυπη ανενεργή συσκευή κρουστικών κυμάτων. Τα αποτελέσματα στον πόνο και τη λειτουργικότητα αξιολογήθηκαν με την κλίμακα VAS και τα ερωτηματολόγια CMS και SST 3 και 6 μήνες μετά το τέλος της θεραπείας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θεραπεία ακτινωτών κρουστικών κυμάτων δεν υπερσχύει της εικονικής θεραπείας για την βελτίωση του πόνου και της λειτουργικότητας, καθώς δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε κανένα κριτήριο αξιολόγησης στους 3 ή 6 μήνες μεταξύ των ομάδων.

Στην διπλή-τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή των Kvalvaag et al.(2017) ερευνήθηκε αν η θεραπεία ακτινωτών κρουστικών κυμάτων έχει συνδυαστικά με την άσκηση καλύτερα θεραπευτικά αποτελέσματα σε ασθενείς με υπακρωμιακό πόνο. Η ομάδα θεραπείας (n=74) δέχθηκε 20 συνεδρίες (1-2 συνεδρίες/ εβδομάδα) θεραπευτικής άσκησης υπό επίβλεψη και επιπλέον 4 συνεδρίες κρουστικών κυμάτων (2000 παλμοί, 1,5 -3 Bar), μια συνεδρία ανά εβδομάδα για τις 4 πρώτες εβδομάδες. Το πρόγραμμα ασκήσεων περιλάμβανε στην πρώτη φάση αξιολόγηση και διόρθωση των κινητικών προτύπων στην ωμοπλάτη και τη γληνοβραχιόνια άρθρωση, και στην δεύτερη φάση προοδευτικής δυσκολίας ασκήσεις που στόχευαν στην αύξηση της αντοχής και δύναμης. Στην ομάδα ελέγχου (n=69) εφαρμόστηκε το ίδιο πρωτόκολλο ασκήσεων και επιπλέον εικονική θεραπεία κρουστικών κυμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων, για τον πόνο και τη λειτουργικότητα, όπως αξιολογήθηκαν με το ερωτηματολόγιο SPADI και την κλίμακα Lickert 11 μονάδων στις 12 και 24 εβδομάδες.

Οι Li et al. (2017) στην διπλή-τυφλή τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας ακτινωτών κρουστικών κυμάτων σε ασθενείς με τενοντίτιδα στροφικού πετάλου υπερακανθίου, με διάρκεια συμπτωμάτων τουλάχιστον 6 μήνες. Το πρωτόκολλο θεραπείας περιλάμβανε 5 συνεδρίες με διαφορά 3 ημερών ακτινωτών κρουστικών κυμάτων (3000 παλμοί, ενέργεια 0,11 mJ/mm<sup>2</sup>, 3 Bar, 15 Hz). Η η ομάδα ελέγχου δέχθηκε εικονική θεραπεία με ανενεργή πανομοιότυπη συσκευή που εξέπεμπε παρόμοιο ήχο. Και οι δύο ομάδες αποτελούνταν από 42 ασθενείς. Τα αποτελέσματα στον πόνο και τη λειτουργικότητα αξιολογήθηκαν με τη χρήση των ερωτηματολογίων Numeric Rating Scale (NRS), Constant–Murley score (CMS) και Simple Shoulder Test (SST) στις 6 και 8 εβδομάδες μετά το τέλος της θεραπείας. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση μεταξύ των ομάδων σε όλες τις φόρμες αξιολόγησης, στο follow-up των 6 εβδομάδων (p<0,05) και των 8 εβδομάδων (p<0,01). Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκαν παρενέργειες από την εφαρμογή της θεραπείας κρουστικών κυμάτων κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Στην ελεγχόμενη κλινική δοκιμή των Dedes et al.(2019) συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα μεταξύ της θεραπείας κρουστικών κυμάτων με τον θεραπευτικό υπέρηχο. Η μελέτη συμπεριέλαβε 115 ασθενείς με τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου οι οποίοι χωρίστηκαν σε 3 ομάδες. Η ομάδα 1 έλαβε μια συνεδρία rESWT (1500-2000 παλμοί, 15-21 Hz, 1,8 bar) ανά εβδομάδα για 3-4 εβδομάδες. Η ομάδα 2 δέχθηκε 10 συνεδρίες θεραπευτικού υπερήχου (3 MHz, 2 W/cm<sup>2</sup>). Η ομάδα ελέγχου δέχθηκε τοπική εφαρμογή ΜΣΑΦ σε μορφή τζελ ή κρέμας. Μετρήθηκε η βελτίωση στον πόνο, τη λειτουργικότητα και την ποιότητα ζωής, με το ερωτηματολόγιο UoPPFQ (The University of Peloponnese Pain, Functionality and Quality of life Questionnaire) αμέσως μετά το τέλος της θεραπείας και 4 εβδομάδες μετά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο ομάδες θεραπείας είχαν στατιστικά

σημαντικά αποτελέσματα, σε όλες τις παραμέτρους του ερωτηματολογίου, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Επιπλέον, η ομάδα των κρουστικών κυμάτων είχε στατιστικά σημαντική διαφορά, για όλες τις παραμέτρους του ερωτηματολογίου, στο τέλος της θεραπείας ( $p < 0,001$ ) και στο follow-up 4 εβδομάδων ( $p < 0,001$ ).

Στην μονή-τυφλή, τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή των Engebretsen et al.(2009) μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα των ακτινωτών κρουστικών κυμάτων σε σύγκριση με ένα πρόγραμμα ασκήσεων σε ασθενείς με υπακρωμιακό πόνο. Οι ασθενείς στην ομάδα της άσκησης ( $n=51$ ) έλαβαν εξατομικευμένο πρόγραμμα υπό την επίβλεψη φυσικοθεραπευτή, δύο φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες διάρκειας 45 λεπτών. Το πρόγραμμα ασκήσεων που ακολουθήθηκε ήταν παρόμοιο με την κλινική δοκιμή των Kvalvaag et al.(2017). Η ομάδα του κρουστικού έλαβε μια συνεδρία την εβδομάδα για 4-6 εβδομάδες θεραπεία ακτινωτών κρουστικών κυμάτων (2000 παλμοί, 9-12 Hz, 2,5- 4 Bar). Για την αποτελεσματικότητα της θεραπείας αξιολογήθηκε η μέση διαφορά στον πόνο (SPADI, Lickert-9 point scale), η λειτουργικότητα (SPADI) και το ενεργητικό εύρος τροχιάς στις 6, 12 και 18 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα στις 18 εβδομάδες δεν έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά για το εύρος τροχιάς και τον πόνο, ενώ η ομάδα της άσκησης είχε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την ομάδα των κρουστικών κυμάτων στο ποσοστό των ασθενών που είδαν κλινική βελτίωση στη λειτουργικότητα ( $p=0,009$ ). Σε επαναληπτική αξιολόγηση ένα χρόνο μετά βρέθηκε σημαντική βελτίωση και στις δύο ομάδες στο SPADI σε σχέση με την αφετηρία, ωστόσο η θεραπευτική άσκηση είχε μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας στους ασθενείς που είδαν κλινική βελτίωση (60.4%) σε σύγκριση με την ομάδα κρουστικών (52.2%).

Οι Schofer et al. (2009) σε μονή-τυφλή τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή σύγκριναν τα αποτελέσματα της θεραπείας κρουστικών κυμάτων υψηλής ενέργειας με χαμηλής ενέργειας σε ασθενείς με τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου. Εφάρμοσαν θεραπεία με εστιασμένα κρουστικά κύματα με έγχυση υπακρωμιακής αναισθησίας. Η εστίαση των κυμάτων έγινε στην κατάφυση του τένοντα του υπερακανθίου με τη βοήθεια υπερηχογραφήματος. Η ομάδα υψηλής ενέργειας ( $n=20$ ) δέχθηκε 3 συνεδρίες 2000 παλμών, συχνότητας 2 Hz και ενέργειας  $0.78 \text{ mJ/mm}^2$ , ενώ η ομάδα χαμηλής ενέργειας ( $n=20$ ) δέχθηκε την ίδια θεραπεία με ενέργεια  $0.33 \text{ mJ/mm}^2$ . Η συχνότητα των συνεδριών ήταν μια φορά την εβδομάδα. Από τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι και οι δυο θεραπείες ήταν το ίδιο αποτελεσματικές για την αύξηση της λειτουργικότητας και τη μείωση του πόνου, στις 12 εβδομάδες και στον ένα χρόνο, καθώς δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Ωστόσο, τα θετικά αποτελέσματα μπορούν να εξηγηθούν από το φαινόμενο πλαστίμπο καθώς δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου και την φυσική εξέλιξη της πάθησης.

Οι Schofer et al. δεν υποστηρίζουν τη χρήση θεραπείας με εστιασμένα κρουστικά κύματα υψηλής ενέργειας στην καθημερινή κλινική πρακτική.

Στην πρόσφατη τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή των Li et al.(2021) συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα των εστιασμένων με τα ακτινωτά κρουστικά κύματα σε ασθενείς με τενοντοπάθειες στο στροφικό πέταλο. 46 ασθενείς με τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου (χωρίς ολικές ρήξεις και ασβεστοποίηση) με ελάχιστη διάρκεια συμπτωμάτων τους 3 μήνες τυχαιοποιήθηκαν σε μια από τις δύο ομάδες. Στην ομάδα f-ESWT ( $n=23$ ) εφαρμόστηκε θεραπεία εστιασμένων κρουστικών κυμάτων [3000 παλμοί, ενέργεια  $0.01-0.15 \text{ mJ/mm}^2$  (μέση  $0.09 \text{ mJ/mm}^2$ ), συχνότητα 4-15 Hz (μέση 5,11 Hz)] μια φορά την εβδομάδα για 4 συνεδρίες. Στην ομάδα r-ESWT εφαρμόστηκαν ακτινωτά κρουστικά κύματα [ 3000 παλμοί, 1-5 Bar

(μέση 3 Bar), συχνότητα 3-5 Hz (μέση 3,2 Hz)] μια φορά την εβδομάδα για 4 συνεδρίες. Δεν χορηγήθηκε αναισθησία σε καμία ομάδα θεραπείας. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν με τα ερωτηματολόγια NRS και CMS στις 4, 12, 24, 48 εβδομάδες και με τα ευρήματα σε μαγνητική τομογραφία στις 24 και 48 εβδομάδες.

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στον πόνο (NRS) μόνο για τις 24 και 48 εβδομάδες ( $p < 0,001$ ) υπέρ της ομάδας f-ESWT. Η ομάδα του f-ESWT είχε καλύτερα αποτελέσματα στο ολικό CMS στις 24 ( $p = 0,007$ ) και 48 εβδομάδες ( $p = 0,001$ ). Η υποκατηγορία του CMS για το ROM έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις 48 εβδομάδες ( $p = 0,035$ ) ενώ η υποκατηγορία της δύναμης δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Επιπλέον, στις 24 και 48 εβδομάδες φάνηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ποσοστό ασθενών που είδε βελτιώσεις στην απεικόνιση του τένοντα με μαγνητική τομογραφία. Στις 48 εβδομάδες το 100% των ασθενών της ομάδας f-ESWT είδε βελτίωση στην απεικόνιση (τουλάχιστον μιας βαθμίδας), ενώ στην ομάδα r-ESWT το ποσοστό ήταν μόνο 50%.

Στην κλινική δοκιμή των Chou et al.(2018) συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα της θεραπείας με εστιασμένα κρουστικά κύματα σε αθλητές και μη αθλητές με τενοντίτιδα στροφικού πετάλου με ή χωρίς μερικές ρήξεις. 13 επαγγελματίες αθλητές άρσης βαρών και baseball και 23 μη αθλητές δέχθηκαν μια ή δυο συνεδρίες κρουστικών κυμάτων (3000 παλμοί, ενέργεια 0.28 - 0.32 mJ/mm<sup>2</sup>). Η καθοδήγηση των κυμάτων έγινε με τη βοήθεια υπερηχογραφήματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο ομάδες είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά στον πόνο (VAS) και λειτουργικότητα (CMS) στους 3,6 και 12 μήνες χωρίς να έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Η έρευνα έδειξε ότι η θεραπεία ESWT είναι το ίδιο αποτελεσματική σε αθλητές και μη αθλητές με τενοντίτιδα στροφικού πετάλου. Ωστόσο, κάποιοι συμμετέχοντες δέχθηκαν 1 παραπάνω συνεδρία που πιθανώς να επηρέασε τα αποτελέσματα και το δείγμα της έρευνας ήταν μικρό οπότε αποτελούν χαμηλής ποιότητας αποδεικτικά στοιχεία.

Οι Santamato et al.(2016) ερεύνησαν αν η προσθήκη ισοτονικής άσκησης στο πρωτόκολλο θεραπείας με κρουστικά κύματα έχει ανώτερα αποτελέσματα σε ασθενείς με υπακρωμιακό σύνδρομο πρόσκρουσης. 30 ασθενείς τυχαιοποιήθηκαν σε δύο ομάδες · η ομάδα 1 (n=15) δέχθηκε 3 συνεδρίες με εστιασμένα κρουστικά κύματα (700 παλμοί, μέτρια ενέργεια 0,12 mJ/mm<sup>2</sup>) με διαφορά 3 ημερών ανα συνεδρία και η ομάδα 2 (n=15) δέχθηκε το ίδιο πρωτόκολλο κρουστικών και επιπλέον ισοτονικές ασκήσεις. Τα κρουστικά κύματα εφαρμόστηκαν στην κατάφυση του υπερακανθίου χωρίς τη χρήση αναισθητικού. Το πρόγραμμα ασκήσεων περιλάμβανε έκκεντρη/ σύγκεντρη ενδυνάμωση των έσω και έξω στροφέων του ώμου από θέση απαγωγής 45° και κάμψης 30°. Το πρωτόκολλο ξεκίνησε 10 μέρες μετά την τελευταία συνεδρία κρουστικών και είχε συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα για 10 συνεδρίες . Υπήρξε προοδευτικά αυξανόμενη δυσκολία σε εβδομαδιαία βάση που εφαρμόστηκε με αύξηση των σετ (3-4 σετ/10 επαναλήψεις), αύξηση του χρόνου συστολής ανά επανάληψη και με την προσθήκη ισομετρικών καθώς το πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν στις 10 ημέρες και τους 2 μήνες μετά το τέλος της θεραπείας με την κλίμακα VAS, το ερωτηματολόγιο CMS και την μέγιστη ροπή και συνολικό έργο που μετρήθηκε με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου. Ο συνδυασμός άσκησης με θεραπεία κρουστικών κυμάτων φάνηκε να έχει στατιστικά καλύτερα αποτελέσματα στα VAS, CMS και στις ισοτονικές μετρήσεις στους 2 μήνες.

Οι Circi et al.(2018) διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας κρουστικών κυμάτων σε σχέση με τον τύπο ακρωμίου, σε ασθενείς με υπακρωμιακό σύνδρομο πρόσκρουσης. 30 ασθενείς τοποθετήθηκαν σε 3 ομάδες ανάλογα με τον τύπο ακρωμίου: η ομάδα 1 είχε 13 ασθενείς με ακρώμιο τύπου 1, η ομάδα 2 είχε 11 ασθενείς με ακρώμιο τύπου 2 και η ομάδα 3 είχε 6 ασθενείς με ακρώμιο τύπου 3. Η μορφολογία του ακρωμίου, κυρίως του ακρωμίου τύπου 3 έχει συσχετιστεί με την ύπαρξη παθολογιών στο στροφικό πέταλο σε παλαιότερες μελέτες (Toivonen, Tuite, Orwin, 1995). Και στις 3 ομάδες εφαρμόστηκαν 3 συνεδρίες εστιασμένων κρουστικών κυμάτων μέσης ενέργειας (1500 παλμοί, 0,12 ml/mm<sup>2</sup>) με συχνότητα 1 φορά την εβδομάδα. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν με το ερωτηματολόγιο SPADI στους 3 μήνες και έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση και στις 3 ομάδες (p<0,05). Επιπλέον, δεν φάνηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων υποδεικνύοντας ότι η θεραπεία κρουστικών κυμάτων είναι αποτελεσματική ανεξάρτητα από τον τύπο ακρωμίου.

Στην τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή των Güloğlu (2020) συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα της θεραπείας με laser χαμηλής ισχύος με την θεραπεία εστιασμένων κρουστικών κυμάτων. 64 ασθενείς με κλινική διάγνωση συνδρόμου υπακρωμιακής πρόσκρουσης τυχαιοποιήθηκαν σε 2 ομάδες. Στην ομάδα 1 (n=34) εφαρμόστηκε θεραπεία laser χαμηλής ισχύος (Ga-Al-As, 1064 nm, 5 min., 35 J ανά συνεδρία) 5 φορές την εβδομάδα για 3 εβδομάδες και στην ομάδα 2 (n=30) εφαρμόστηκαν 3 συνεδρίες f-ESWT χαμηλής ενέργειας (1500 παλμοί, 0.12mJ/mm<sup>2</sup>, 1.5 bar) εστιασμένα στην υπακρωμιακή περιοχή. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε μετά το τέλος της θεραπείας και 3 μήνες μετά. Χρησιμοποιήθηκαν τα ερωτηματολόγια SPADI, SF-36, Beck Depression and Anxiety, Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) για τη μέτρηση του πόνου, της λειτουργικότητας, της κατάθλιψης/ άγχους και της ποιότητας ύπνου. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα VAS για τη μέτρηση του πόνου και μετρήσεις του εύρους τροχιάς με γωνιόμετρο.

Οι ασθενείς και των δύο ομάδων έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση για όλα τα μέτρα αξιολόγησης στους 3 μήνες (p<0,05). Επιπλέον, στους 3 μήνες, η ομάδα που έλαβε f-ESWT είχε στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ της ομάδας LLLT στο VAS πόνος ημέρας (p<0,001), Rom (p<0,05), SPADI total (p<0,002). Συνεπώς η θεραπεία με χαμηλής ενέργειας εστιασμένα κρουστικά κύματα υπερέχει της θεραπείας με laser χαμηλής ισχύος στο μεσοπρόθεσμο.

### 4.3 Συζήτηση

Η θεραπεία κρουστικών κυμάτων μπορεί να είναι χρήσιμο εργαλείο στην θεραπεία της χρόνιας τενοντοπάθειας του ώμου. Ωστόσο, οι επιδράσεις των κρουστικών κυμάτων σε κυτταρικό και βιολογικό επίπεδο είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστες. Οι μεταβλητές στην χρήση των κρουστικών κυμάτων είναι ποικίλες, όπως για παράδειγμα η πυκνότητα ροής ενέργειας, η χρήση ή μη τοπικής αναισθησίας, το πρωτόκολλο θεραπείας (αριθμός παλμών, συνολικές συνεδρίες) και τα κριτήρια ένταξης/ αποκλεισμού. Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στις κλινικές μελέτες βασίζονται κυρίως στην κλινική εμπειρία των ερευνητών και όχι στα περιορισμένα στοιχεία από βιολογικές μελέτες, πράγμα που κάνει την σύγκριση και άντληση συμπερασμάτων δύσκολη (Hausdorf et al.2008).

Από τις έρευνες που ακολούθησαν συγκριτική μέθοδο φαίνεται ότι η θεραπεία κρουστικών κυμάτων να είναι αποτελεσματική στον πόνο και τη λειτουργικότητα σε ασθενείς με τενοντοπάθειες στροφικού πετάλου. Από τις έρευνες αυτές φαίνεται ότι η θεραπεία εστιασμένων κρουστικών κυμάτων είναι ωφέλιμη στον ίδιο βαθμό σε αθλητές και στο γενικό πληθυσμό (Chou et al., 2018) και είναι ωφέλιμη σε ασθενείς με σύνδρομο πρόσκρουσης ανεξάρτητα από τη μορφολογία του ακρωμίου (Circi et al., 2018). Επιπλέον, οι Santamato et al. (2016) έδειξαν ότι η προσθήκη άσκησης στο θεραπευτικό πρόγραμμα έχει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τον πόνο και τη λειτουργικότητα στους 2 μήνες, αλλά χρησιμοποιήθηκαν 3 συνεδρίες μόνο 700 παλμών (μέτριας ενέργειας), οπότε πιθανόν η θεραπευτική δόση να ήταν ανεπαρκής. Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και οι Engebretsen et al. (2009) όπου η άσκηση είχε ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με θεραπεία ακτινωτών κρουστικών κυμάτων βραχυπρόθεσμα (18 εβδομάδες) αλλά όχι μακροπρόθεσμα. Τα ακτινωτά κρουστικά κύματα φαίνεται να αποδίδουν καλύτερα από τον θεραπευτικό υπέρηχο (Dedes et al., 2019) βραχυπρόθεσμα (4 εβδομάδες) και τα εστιασμένα κρουστικά κύματα έδειξαν υπεροχή στους 3 μήνες σε σύγκριση με laser χαμηλής ισχύος (Güloğlu, 2021). Παράλληλα, η θεραπεία με εστιασμένα κρουστικά κύματα έδειξε ανώτερα αποτελέσματα για τον πόνο, τη λειτουργικότητα και την ποιότητα του τένοντα σε μαγνητική απεικόνιση, σε σύγκριση με τα ακτινωτά κύματα, στους 12 μήνες (Li et al., 2021). Ωστόσο οι έρευνες αυτές στην πλειοψηφία τους δεν ήταν ελεγχόμενες, δηλαδή δεν χρησιμοποίησαν ομάδα ελέγχου για την σύγκριση των αποτελεσμάτων εκτός από την έρευνα των Dedes et al. (2019). Η έρευνα αυτή έδειξε ότι η θεραπεία με κρουστικά κύματα είχε στατιστικά καλύτερα αποτελέσματα στον αναφερόμενο πόνο, λειτουργικότητα και ποιότητα ζωής, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου που έλαβε μόνο τοπική εφαρμογή με μη στεροειδές αντιφλεγμονώδες, στις 4 εβδομάδες.

Οι ελεγχόμενες με πλασίμπο κλινικές δοκιμές που συμπεριλήφθηκαν, σύγκριναν την αποτελεσματικότητα διάφορων εφαρμογών κρουστικών κυμάτων σε σύγκριση με εικονική θεραπεία στον πόνο και τη λειτουργικότητα. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την θεραπεία κρουστικών κυμάτων είτε ως αυτοδύναμη θεραπεία ή ως πρόσθετη θεραπεία σε πρόγραμμα ασκήσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι 3 συνεδρίες f-ESWT (2000 παλμοί, 0,11 mJ/mm<sup>2</sup>) δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε σύγκριση με εικονική θεραπεία μέχρι τους 3 μήνες (Schmitt et al., 2001). Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και οι Speed et al. (2002), όπου 3 συνεδρίες f-ESWT (1500 παλμοί, 0.12 mJ/mm<sup>2</sup>) δεν είχαν υπεροχή σε σύγκριση σε εικονική θεραπεία 3 μήνες μετά τη θεραπεία. Η θεραπεία με ακτινωτά κρουστικά κύματα (3 συνεδρίες, 2000 παλμοί, 0.11 mJ/mm<sup>2</sup>) δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά στους 3 μήνες, σε σύγκριση με την εικονική θεραπεία, στην υποομάδα με χρόνια τενοντίτιδα υπερακανθίου χωρίς ασβεστοποίηση (Kolk et al., 2013). Επιπλέον, η προσθήκη r-ESWT (4 συνεδρίες, 2000 παλμοί, 1,5-3 Bar) σε 20 συνεδρίες επιβλεπόμενης άσκησης δεν έχει στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα στους 6 μήνες, σε σύγκριση με την προσθήκη εικονικής θεραπείας σε ασθενείς με σύνδρομο υπακρωμιακού πόνου χωρίς ασβεστοποίηση (Kvalvaag et al., 2017).

Στις παραπάνω έρευνες και οι δύο ομάδες θεραπείας είδαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τις αρχικές μετρήσεις. Η ταυτόχρονη βελτίωση και στις δύο ομάδες μπορεί να εξηγηθεί από την φυσική εξέλιξη της πάθησης και το φαινόμενο πλασίμπο. Οι Speed et al. (2002) υποστηρίζουν ότι η θεραπεία κρουστικών κυμάτων μέτριας ενέργειας ακολουθείται από ισχυρό φαινόμενο πλασίμπο, που εξηγεί την βελτίωση των συμπτωμάτων, καθώς ο πόνος ανταποκρίνεται περισσότερο στο φαινόμενο αυτό. Η χρήση τοπικής έγχυσης αναισθητικού που ακολούθησαν κάποιοι ερευνητές, δεν φαίνεται να προσθέτει στα αποτελέσματα της θεραπείας και αντιθέτως, όπως έχει φανεί σε άλλες ενθεσοπάθειες, μπορεί

να τα υποβαθμίσει (Rompe et al., 2005). Η χρήση τοπικού αναισθητικού φαίνεται να επεμβαίνει στην νευρογενή φλεγμονή και την ακόλουθη νεο-αγγείωση που προκαλούνται από τα κρουστικά κύματα, μέσω αλλαγής στην απελευθέρωση νευροπεπτιδίων.

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνητών οι Li et al.(2017) σε καλοσχεδιασμένη κλινική δοκιμή, εφάρμοσαν 5 συνεδρίες r-ESWT (3000 παλμοί / 0.11mJ/mm<sup>2</sup>) σε 42 ασθενείς με χρόνια τενοντίτιδα στροφικού πετάλου. Οι συγγραφείς παρατήρησαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στον πόνο και τη λειτουργικότητα, σε σύγκριση με εικονική θεραπεία, σε σύντομο follow-up 4 και 8 εβδομάδων. Τα θετικά αποτελέσματα αυτής της μελέτης μπορεί να οφείλονται στην υψηλότερη δοσολογία, αριθμό και συχνότητα συνεδριών σε σχέση με τις υπόλοιπες έρευνες. Επιπλέον, τα αποτελέσματα στην ομάδα εικονικής θεραπείας μπορεί να υποβαθμίστηκαν, λόγω μη επαρκούς απόκρυψης. Οι Galasso et al.(2012) παρατήρησαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα με 2 συνεδρίες f-ESWT (3000 παλμοί, 0,068mJ/mm<sup>2</sup>), σε σύγκριση με την εικονική θεραπεία, στις 6 εβδομάδες και 3 μήνες. Ωστόσο, χρησιμοποίησαν μικρό δείγμα (11 ασθενείς στην ομάδα θεραπείας), οπότε η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι κατώτερη.

Υπάρχει διαφωνία μεταξύ των ερευνητών σχετικά με την αποτελεσματικότητα της θεραπείας κρουστικών κυμάτων στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου, καθώς από τις 6 ελεγχόμενες κλινικές δοκιμές οι 4 δεν βρήκαν υπεροχή σε σύγκριση με εικονική θεραπεία.

Δεν υπάρχει ερευνητικά ομοφωνία στις κατάλληλες παραμέτρους που θα επιλεγθούν για την θεραπεία κρουστικών κυμάτων στην τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου. Η επιλογή των παραμέτρων γίνεται κυρίως εμπειρικά. Η θεραπεία χαμηλής ενέργειας έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να χορηγηθεί χωρίς τη χρήση τοπικής αναισθησίας, καθώς και ότι είναι πιθανό να έχει λιγότερες παρενέργειες, όπως αιμορραγία και τραυματισμός των μαλακών ιστών (Speed et al.,2002). Η χρήση υψηλής ενέργειας μπορεί να έχει ανώτερα θεραπευτικά αποτελέσματα, όπως στην απορρόφηση του ασβεστώματος σε ασθενείς με ασβεστοποιό τενοντίτιδα (Pleiner et al.,2004). Ωστόσο, τα ερευνητικά δεδομένα μέχρι στιγμής υποστηρίζουν ότι η χρήση υψηλής ενέργειας δεν είναι πιο αποτελεσματική από τις χαμηλότερες ενέργειες σε ασθενείς με χρόνια τενοντοπάθεια στροφικού πετάλου χωρίς ασβεστοποίηση (Schofer et al.,2009).

Η έρευνα των (Li et al., 2021) αξιολόγησε την μορφολογία του τένοντα, με τη χρήση MRI, πριν και μετά τη θεραπεία κρουστικών κυμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εστιασμένα κύματα είχαν στατιστικά καλύτερα αποτελέσματα από τα ακτινωτά, σε θετικές αλλαγές στη μορφολογία του τένοντα, στις 24 και 48 εβδομάδες. Και οι δύο τύποι θεραπείας έδειξαν θετικά αποτελέσματα, όμως δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων. Στην μη ελεγχόμενη κλινική δοκιμή των Notarnicola et al. (2011) παρατηρήθηκαν ωφέλιμες αλλαγές στην δομή του στροφικού πετάλου, όπως μείωση της πάχυνσης (υπερηχογράφημα) και της παθολογικής νεοαγγείωσης, σε ασθενείς με τενόντωση και συμπτώματα άνω των 6 μηνών μετά από θεραπεία f-ESWT. Στην συγκεκριμένη μελέτη βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ δομικής και κλινικής βελτίωσης στους 2 και 6 μήνες. Τα αποτελέσματα της θεραπείας κρουστικών κυμάτων, στις θετικές αλλαγές στην μορφολογία του στροφικού πετάλου, θα πρέπει να ερευνηθούν σε υψηλής ποιότητας ελεγχόμενες κλινικές δοκιμές για να αντληθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Σύμφωνα με τους Galasso et al. (2012) κάποιες από τις αναμενόμενες παρενέργειες από τη θεραπεία κρουστικών κυμάτων είναι υποδόριο αιμάτωμα, πετέχειες, δερματικό ερύθημα, εκχύμωση, αυξημένος πόνος, οίδημα τοπικά στην περιοχή της θεραπείας, καθώς και ημικρανία, συγκοπή, ναυτία/ εμετός και ζαλάδα. Οι Li et al.(2021) στην κλινική τους

δοκιμή, κατέγραψαν τις ανεπιθύμητες ενέργειες που είχε η θεραπεία εστιασμένων και ακτινωτών κρουστικών κυμάτων σε ασθενείς με τενοντοπάθειες στροφικού πετάλου. Από τα 46 άτομα που πήραν μέρος στην μελέτη τα 8 ανέφεραν μέτριας έντασης πόνο, ένας ασθενής ανέφερε λιποθυμική τάση, ένας ημικρανία και δυο ασθενείς παρουσίασαν δερματικό ερύθημα. Από τις μελέτες που κατέγραψαν ανεπιθύμητες ενέργειες οι περισσότερες δεν βρήκαν καμία (Schmitt et al., 2001; Li et al., 2017), άλλες ανέφεραν μη σοβαρές σύντομης διάρκειας παρενέργειες (Galasso et al., 2012) ενώ σπανίως αναφέρθηκε εγκατάλειψη της θεραπείας λόγω υποτροπής των συμπτωμάτων (Engbretsen et al., 2009). Στην κλινική δοκιμή των Speed et al. (2002) εφαρμόστηκε χαμηλής ενέργειας θεραπεία f-ESWT χωρίς τη χρήση αναισθητικού. Από τους 74 συμμετέχοντες ένας μόνο ασθενής εγκατέλειψε την έρευνα λόγω μη ανεχόμενου πόνου κατά τη διάρκεια της θεραπείας.

## Συμπεράσματα

Η θεραπεία κρουστικών κυμάτων αποτελεί μια θεραπευτική επιλογή σε ασθενείς με τενοντοπάθειες στροφικού πετάλου, που έχουν λάβει συμβατική θεραπεία χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα. Υπάρχουν ερευνητικές ενδείξεις για την υπεροχή των κρουστικών κυμάτων έναντι άλλων θεραπευτικών μέσων (θεραπευτικός υπέρηχος, θεραπεία λέιζερ χαμηλής ισχύος) (Dedes et al. 2019; Güloğlu 2021). Η θεραπευτική άσκηση βρέθηκε ανώτερη από τα κρουστικά κύματα 18 εβδομάδες μετά τη θεραπεία, ενώ τα αποτελέσματα δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές σε follow-up ενός έτους (Engebretsen et al., 2009). Η χρήση τους είναι ασφαλής, με μικρής σημασίας παροδικές παρενέργειες. Ωστόσο, τα αποτελέσματα των ελεγχόμενων κλινικών δοκιμών μέχρι αυτή τη στιγμή, στην πλειοψηφία τους, δεν έχουν δείξει στατιστικά σημαντική υπεροχή σε σύγκριση με εικονική θεραπεία (sham ESWT). Οπότε, θα πρέπει η χρήση των κρουστικών κυμάτων στις τενοντοπάθειες του ώμου χωρίς ασβεστοποίηση να ερευνηθεί περισσότερο, για να βρεθούν ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία για την αποτελεσματικότητά τους και να προσδιοριστούν οι καταλληλότερες παράμετροι χρήσης τους.



## Βιβλιογραφία/Αρθρογραφία

1. Abrisham, S. M. J., Kermani-Alghoraishi, M., Ghahramani, R., Jabbari, L., Jomeh, H., & Zare, M. (2011). Additive effects of low-level laser therapy with exercise on subacromial syndrome: a randomised, double-blind, controlled trial. *Clinical Rheumatology*, 30(10), 1341–1346.
2. Albert, J. D., Meadeb, J., Guggenbuhl, P., Marin, F., Benkalfate, T., Thomazeau, H., & Chales, G. (2007). High-energy extracorporeal shock-wave therapy for calcifying tendinitis of the rotator cuff: a randomised trial. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 89(3), 335-341.
3. Auersperg, V., & Trieb, K. (2020). Extracorporeal shock wave therapy: an update. *EFORT Open Reviews*, 5(10), 584-592.
4. Bakhsh, W., & Nicandri, G. (2018). Anatomy and physical examination of the shoulder. *Sports medicine and arthroscopy review*, 26(3), e10-e22.
5. Bal, A., Eksioglu, E., Gurcay, E., Gulec, B., Karaahmet, O., & Cakci, A. (2009). Low-Level Laser Therapy in Subacromial Impingement Syndrome. *Photomedicine and Laser Surgery*, 27(1), 31–36.
6. Barbosa, R., Goes, R., Mazzer, N., & Fonseca, M. (2008). The influence of joint mobilization on tendinopathy of the biceps brachii and supraspinatus muscles. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 12(4), 298–303.
7. Başkurt, Z., Başkurt, F., Gelecek, N., & Özkan, M. H. (2011). The effectiveness of scapular stabilization exercise in the patients with subacromial impingement syndrome. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 24(3), 173–179.
8. Bennell, K., Wee, E., Coburn, S., Green, S., Harris, A., Staples, M., Forbes, A., & Buchbinder, R. (2010). Efficacy of standardised manual therapy and home exercise programme for chronic rotator cuff disease: randomised placebo controlled trial. *BMJ (Clinical research ed.)*, 340, c2756.
9. Bergman, G. J. D., Winters, J. C., Groenier, K. H., Pool, J. J. M., Jong, B. M., Postema, K., & van der Heijden, G. J. M. G. (2004). Manipulative Therapy in Addition to Usual Medical Care for Patients with Shoulder Dysfunction and Pain. *Annals of Internal Medicine*, 141(6), 432.
10. Bertrand, H., Reeves, K. D., Bennett, C. J., Bicknell, S., & Cheng, A. L. (2016). Dextrose prolotherapy versus control injections in painful rotator cuff tendinopathy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 97(1), 17-25.
11. Beyer, R., Kongsgaard, M., Hougs Kjær, B., Øhlenschläger, T., Kjær, M., & Magnusson, S. P. (2015). Heavy Slow Resistance Versus Eccentric Training as Treatment for Achilles Tendinopathy. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(7), 1704–1711.
12. Biedermann, R., Martin, A., Handle, G., Auckenthaler, T., Bach, C., & Krismer, M. (2003). Extracorporeal shock waves in the treatment of nonunions. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 54(5), 936-942.
13. Bjordal, J. M., Lopes-Martins, R. A., & Iversen, V. V. (2006). A randomised, placebo controlled trial of low level laser therapy for activated Achilles tendinitis with microdialysis measurement of peritendinous prostaglandin E2 concentrations. *British journal of sports medicine*, 40(1), 76–80.
14. Blume, C., Wang-Price, S., Trudelle-Jackson, E., & Ortiz, A. (2015). COMPARISON OF ECCENTRIC AND CONCENTRIC EXERCISE INTERVENTIONS IN ADULTS WITH SUBACROMIAL IMPINGEMENT SYNDROME. *International journal of sports physical therapy*, 10(4), 441–455.

15. Bøddeker, I. R., Schäfer, H., & Haake, M. (2001). Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in the treatment of plantar fasciitis—a biometrical review. *Clinical rheumatology*, 20(5), 324-330.
16. Bøhmer, A. S., Staff, P. H., & Brox, J. I. (1998). Supervised exercises in relation to rotator cuff disease (impingement syndrome stages II and III): A treatment regimen and its rationale. *Physiotherapy Theory and Practice*, 14(2), 93–105.
17. Chaconas, E. J., Kolber, M. J., Hanney, W. J., Daugherty, M. L., Wilson, S. H., & Sheets, C. (2017). SHOULDER EXTERNAL ROTATOR ECCENTRIC TRAINING VERSUS GENERAL SHOULDER EXERCISE FOR SUBACROMIAL PAIN SYNDROME: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL. *International journal of sports physical therapy*, 12(7), 1121–1133.
18. Chianca, V., Albano, D., Messina, C., Midiri, F., Mauri, G., Aliprandi, A., ... & Sconfienza, L. M. (2018). Rotator cuff calcific tendinopathy: from diagnosis to treatment. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 89(Suppl 1), 186.
19. Chitnis, P. V., & Cleveland, R. O. (2006). Acoustic and cavitation fields of shock wave therapy devices. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 829, No. 1, pp. 440-444). American Institute of Physics.
20. Chou, W.-Y., Wang, C.-J., Wu, K.-T., Yang, Y.-J., Cheng, J.-H., & Wang, S.-W. (2018). Comparative outcomes of extracorporeal shockwave therapy for shoulder tendinitis or partial tears of the rotator cuff in athletes and non-athletes: Retrospective study. *International Journal of Surgery*, 51, 184–190.
21. Circi, E., Okur, S. C., Aksu, O., Mumcuoglu, E., Tuzuner, T., & Caglar, N. (2018). The effectiveness of extracorporeal shockwave treatment in subacromial impingement syndrome and its relation with acromion morphology. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*, 52(1), 17–21.
22. Cleveland, R. O., Chitnis, P. V., & McClure, S. R. (2007). Acoustic field of a ballistic shock wave therapy device. *Ultrasound in medicine & biology*, 33(8), 1327-1335.
23. Cook, J. L., Rio, E., Purdam, C. R., & Docking, S. I. (2016). Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research?. *British journal of sports medicine*, 50(19), 1187–1191.
24. Csaszar, N., & Schmitz, C. (2013). Extracorporeal shock wave therapy in musculoskeletal disorders. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 8(1), 1-2.
25. D'Agostino, C., Romeo, P., Amelio, E., & Sansone, V. (2011). Effectiveness of ESWT in the treatment of Kienböck's disease. *Ultrasound in medicine & biology*, 37(9), 1452-1456.
26. D'Agostino, C., Romeo, P., Lavanga, V., Pisani, S., & Sansone, V. (2014). Effectiveness of extracorporeal shock wave therapy in bone marrow edema syndrome of the hip. *Rheumatology international*, 34(11), 1513-1518.
27. Dedes, V., Tzirogiannis, K., Polikandrioti, M., Dede, A. M., Nikolaidis, C., Mitseas, A., & Panoutsopoulos, G. I. (2019). Radial extracorporeal shockwave therapy versus ultrasound therapy in the treatment of rotator cuff tendinopathy. *Folia Med (Plovdiv)*, 61(4), 612-19.
28. Dejaco, B., Habets, B., van Loon, C., van Grinsven, S., & van Cingel, R. (2017). Eccentric versus conventional exercise therapy in patients with rotator cuff tendinopathy: a randomized, single blinded, clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25(7), 2051–2059.
29. Desjardins-Charbonneau, A., Roy, J. S., Dionne, C. E., Frémont, P., MacDermid, J. C., & Desmeules, F. (2015). The efficacy of manual therapy for rotator cuff tendinopathy: a

- systematic review and meta-analysis. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 45(5), 330-350.
30. Dietz-Laursonn, K., Beckmann, R., Ginter, S., Radermacher, K., & de la Fuente, M. (2016). In-vitro cell treatment with focused shockwaves—influence of the experimental setup on the sound field and biological reaction. *Journal of therapeutic ultrasound*, 4(1), 1-14.
  31. Dougados, M., Le Henanff, A., Logeart, I., & Ravaud, P. (2007). Short-term efficacy of rofecoxib and diclofenac in acute shoulder pain: a placebo-controlled randomized trial. *PLoS clinical trials*, 2(3), e9.
  32. Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2016). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663–675.
  33. Durst, H. B., Blatter, G., & Kuster, M. S. (2002). Osteonecrosis of the humeral head after extracorporeal shock-wave lithotripsy. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 84(5), 744-746.
  34. Efe, T., Felgentreff, M., Heyse, T. J., Stein, T., Timmesfeld, N., Schmitt, J., & Roessler, P. P. (2014). Extracorporeal shock wave therapy for non-calcific supraspinatus tendinitis – 10-year follow-up of a randomized placebo-controlled trial. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, 59(5).
  35. Elsodany, A. M., Alayat, M., Ali, M., & Khaprani, H. M. (2018). Long-Term Effect of Pulsed Nd:YAG Laser in the Treatment of Patients with Rotator Cuff Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial. *Photomedicine and laser surgery*, 36(9), 506–513.
  36. Engebretsen, K., Grotle, M., Bautz-Holter, E., Ekeberg, O. M., Juel, N. G., & Brox, J. I. (2011). Supervised Exercises Compared With Radial Extracorporeal Shock-Wave Therapy for Subacromial Shoulder Pain: 1-Year Results of a Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 91(1), 37–47.
  37. Engebretsen, K., Grotle, M., Bautz-Holter, E., Sandvik, L., Juel, N. G., Ekeberg, O. M., & Brox, J. I. (2009). Radial extracorporeal shockwave treatment compared with supervised exercises in patients with subacromial pain syndrome: single blind randomised study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 339, b3360.
  38. Eslamian, F., Shakouri, S. K., Ghojazadeh, M., Nobari, O. E., & Eftekharsadat, B. (2011). Effects of low-level laser therapy in combination with physiotherapy in the management of rotator cuff tendinitis. *Lasers in Medical Science*, 27(5), 951–958.
  39. Factor, D., & Dale, B. (2014). Current concepts of rotator cuff tendinopathy. *International journal of sports physical therapy*, 9(2), 274.
  40. Flores-Hernandez, C., Eskinazi, I., Hoenecke, H. R., & D'Lima, D. D. (2019). Scapulothoracic rhythm affects glenohumeral joint force. *JSES open access*, 3(2), 77-82.
  41. Galasso, O., Amelio, E., Riccelli, D. A., & Gasparini, G. (2012). Short-term outcomes of extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic non-calcific tendinopathy of the supraspinatus: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 13, 86.
  42. Gerdesmeyer, L., & Weil, L. S. (2007). Extracorporeal shock wave therapy: technologies, basics, clinical results. *Data Trace Media: Brooklandville*.
  43. Gerdesmeyer, L., Wagenpfeil, S., Haake, M., Maier, M., Loew, M., Wörtler, K., ... & Rompe, J. D. (2003). Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic calcifying tendonitis of the rotator cuff: a randomized controlled trial. *Jama*, 290(19), 2573-2580.
  44. Gollwitzer, H., Gloeck, T., Roessner, M., Langer, R., Horn, C., Gerdesmeyer, L., & Diehl, P. (2013). Radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT) induces new bone formation in vivo: results of an animal study in rabbits. *Ultrasound in medicine & biology*, 39(1), 126-133.

45. Güloğlu Badıl S. (2021). Comparison of low-level laser treatment and extracorporeal shock wave therapy in subacromial impingement syndrome: a randomized, prospective clinical study. *Lasers in medical science*, 36(4), 773–781.
46. Han, S. H., Lee, J. W., Guyton, G. P., Parks, B. G., Courneya, J. P., & Schon, L. C. (2009). J. Leonard Goldner Award 2008: effect of extracorporeal shock wave therapy on cultured tenocytes. *Foot & ankle international*, 30(2), 93-98.
47. Hausdorf, J., Lemmens, M. A. M., Heck, K. D. W., Grolms, N., Korr, H., Kertschanska, S., Maier, M. (2008). Selective loss of unmyelinated nerve fibers after extracorporeal shockwave application to the musculoskeletal system. *Neuroscience*, 155(1), 138–144.
48. Heron, S. R., Woby, S. R., & Thompson, D. P. (2017). Comparison of three types of exercise in the treatment of rotator cuff tendinopathy/shoulder impingement syndrome: A randomized controlled trial. *Physiotherapy*, 103(2), 167–173.
49. Holmgren, T., Bjornsson Hallgren, H., Oberg, B., Adolfsson, L., & Johansson, K. (2012). Effect of specific exercise strategy on need for surgery in patients with subacromial impingement syndrome: randomised controlled study. *BMJ*, 344(feb20 1), e787–e787.
50. Ikeda, T., Yoshizawa, S., Koizumi, N., Mitsuishi, M., & Matsumoto, Y. (2016). Focused ultrasound and lithotripsy. *Therapeutic Ultrasound*, 113-129.
51. Ingwersen, K. G., Jensen, S. L., Sørensen, L., Jørgensen, H. R., Christensen, R., Søgaard, K., & Juul-Kristensen, B. (2017). Three Months of Progressive High-Load Versus Traditional Low-Load Strength Training Among Patients With Rotator Cuff Tendinopathy: Primary Results From the Double-Blind Randomized Controlled RoCTEx Trial. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 5(8), 2325967117723292.
52. Jonsson, P., Wahlström, P., Ohberg, L., & Alfredson, H. (2006). Eccentric training in chronic painful impingement syndrome of the shoulder: results of a pilot study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 14(1), 76–81.
53. Joseph, M. F., Taft, K., Moskwa, M., & Denegar, C. R. (2012). Deep friction massage to treat tendinopathy: a systematic review of a classic treatment in the face of a new paradigm of understanding. *Journal of sport rehabilitation*, 21(4), 343–353.
54. Ketola, S., Lehtinen, J. T., & Arnala, I. (2017). Arthroscopic decompression not recommended in the treatment of rotator cuff tendinopathy: a final review of a randomised controlled trial at a minimum follow-up of ten years. *The bone & joint journal*, 99(6), 799-805.
55. Ketola, S., Lehtinen, J. T., & Arnala, I. (2017). Arthroscopic decompression not recommended in the treatment of rotator cuff tendinopathy. *The Bone & Joint Journal*, 99-B(6), 799–805.
56. Kolk, A., Auw Yang, K. G., Tamminga, R., & van der Hoeven, H. (2013). Radial extracorporeal shock-wave therapy in patients with chronic rotator cuff tendinitis. *The Bone & Joint Journal*, 95-B(11), 1521–1526.
57. Kong, F. R., Liang, Y. J., Qin, S. G., Li, J. J., & Li, X. L. (2010). Clinical application of extracorporeal shock wave to repair and reconstruct osseous tissue framework in the treatment of avascular necrosis of the femoral head (ANFH). *Zhongguo gu Shang= China Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 23(1), 12-15.
58. Kvalvaag, E., Anvar, M., Karlberg, A. C., Brox, J. I., Engebretsen, K. B., Soberg, H. L., Juel, N. G., Bautz-Holter, E., Sandvik, L., & Roe, C. (2017). Shoulder MRI features with clinical correlations in subacromial pain syndrome: a cross-sectional and prognostic study. *BMC musculoskeletal disorders*, 18(1), 469.
59. Kvalvaag, E., Brox, J. I., Engebretsen, K. B., Soberg, H. L., Juel, N. G., Bautz-Holter, E., Roe, C. (2017). Effectiveness of Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy (rESWT) When Combined With Supervised Exercises in Patients With Subacromial Shoulder Pain:

- A Double-Masked, Randomized, Sham-Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(11), 2547–2554.
60. Lana, J. F., Macedo, A., Ingraio, I. L. G., Huber, S. C., Santos, G. S., & Santana, M. H. A. (2019). Leukocyte-rich PRP for knee osteoarthritis: Current concepts. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 10, S179-S182.
  61. Langberg, H., Ellingsgaard, H., Madsen, T., Jansson, J., Magnusson, S. P., Aagaard, P., & Kjaer, M. (2007). Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(1), 61–66.
  62. Lee, S. Y., Niikura, T., & Reddi, A. H. (2008). Superficial zone protein (lubricin) in the different tissue compartments of the knee joint: modulation by transforming growth factor beta 1 and interleukin-1 beta. *Tissue Engineering Part A*, 14(11), 1799-1808.
  63. Lewis, J. S. (2009). Rotator cuff tendinopathy/subacromial impingement syndrome: is it time for a new method of assessment?. *British journal of sports medicine*, 43(4), 259-264.
  64. Li, C., Li, Z., Shi, L., Wang, P., Gao, F., & Sun, W. (2021). Effectiveness of Focused Shockwave Therapy versus Radial Shockwave Therapy for Noncalcific Rotator Cuff Tendinopathies: A Randomized Clinical Trial. *BioMed research international*, 2021, 6687094.
  65. Li, W., Zhang, S. X., Yang, Q., Li, B. L., Meng, Q. G., & Guo, Z. G. (2017). Effect of extracorporeal shock-wave therapy for treating patients with chronic rotator cuff tendonitis. *Medicine*, 96(35), e7940.
  66. Lin, M. T., Chiang, C. F., Wu, C. H., Huang, Y. T., Tu, Y. K., & Wang, T. G. (2019). Comparative effectiveness of injection therapies in rotator cuff tendinopathy: a systematic review, pairwise and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 100(2), 336-349.
  67. Littlewood, C., Bateman, M., Brown, K., Bury, J., Mawson, S., May, S., & Walters, S. J. (2016). A self-managed single exercise programme versus usual physiotherapy treatment for rotator cuff tendinopathy: a randomised controlled trial (the SELF study). *Clinical rehabilitation*, 30(7), 686-696.
  68. Liu, T., Shindel, A. W., Lin, G., & Lue, T. F. (2019). Cellular signaling pathways modulated by low-intensity extracorporeal shock wave therapy. *International journal of impotence research*, 31(3), 170-176.
  69. Lu, Z., Lin, G., Reed-Maldonado, A., Wang, C., Lee, Y. C., & Lue, T. F. (2017). Low-intensity extracorporeal shock wave treatment improves erectile function: a systematic review and meta-analysis. *European urology*, 71(2), 223-233.
  70. Ludwig, J., Lauber, S., Lauber, H. J., Dreisilker, U., Raedel, R., & Hotzinger, H. (2001). High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 387, 119-126.
  71. Macías-Hernández, S. I., Vásquez-Sotelo, D. S., Ferruzca-Navarro, M. V., Sánchez, S. H. B., Gutiérrez-Martínez, J., Núñez-Gaona, M. A., ... & Morones-Alba, J. D. (2016). Proposal and evaluation of a telerehabilitation platform designed for patients with partial rotator cuff tears: a preliminary study. *Annals of rehabilitation medicine*, 40(4), 710.
  72. Maemichi, T., Tsutsui, T., Okunuki, T., Hoshiba, T., & Kumai, T. (2021). Pain Relief after Extracorporeal Shock Wave Therapy for Patellar Tendinopathy: An Ultrasound Evaluation of Morphology and Blood Flow. *Applied Sciences*, 11(18), 8748.
  73. Maenhout, A. G., Mahieu, N. N., De Muynck, M., De Wilde, L. F., & Cools, A. M. (2013). Does adding heavy load eccentric training to rehabilitation of patients with unilateral subacromial impingement result in better outcome? A randomized, clinical trial. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 21(5), 1158–1167.

74. Mafi, N., Lorentzon, R., & Alfredson, H. (2000). Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multicenter study on patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9(1), 42–47.
75. Mall, N. A., Kim, H. M., Keener, J. D., Steger-May, K., Teefey, S. A., Middleton, W. D., ... & Yamaguchi, K. (2010). Symptomatic progression of asymptomatic rotator cuff tears: a prospective study of clinical and sonographic variables. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume.*, 92(16), 2623.
76. Malliaras, P., Johnston, R., Street, G., Littlewood, C., Bennell, K., Haines, T., & Buchbinder, R. (2020). The efficacy of higher versus lower dose exercise in rotator cuff tendinopathy: a systematic review of randomized controlled trials. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 101(10), 1822-1834.
77. Marques, A. C. de F., Albertini, R., Serra, A. J., da Silva, E. A. P., de Oliveira, V. L. C., Silva, L. M., ... de Carvalho, P. de T. C. (2016). Photobiomodulation therapy on collagen type I and III, vascular endothelial growth factor, and metalloproteinase in experimentally induced tendinopathy in aged rats. *Lasers in Medical Science*, 31(9), 1915–1923.
78. McClure, P., Greenberg, E., & Kareha, S. (2012). Evaluation and Management of Scapular Dysfunction. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 20(1), 39–48.
79. Moosmayer, S., Lund, G., Seljom, U. S., Haldorsen, B., Svege, I. C., Hennig, T., & Smith, H. J. (2014). Tendon repair compared with physiotherapy in the treatment of rotator cuff tears: a randomized controlled study in 103 cases with a five-year follow-up. *JBJS*, 96(18), 1504-1514.
80. Moretti, B., Notarnicola, A., Moretti, L., Giordano, P., & Patella, V. (2009). A volleyball player with bilateral knee osteochondritis dissecans treated with extracorporeal shock wave therapy. *Musculoskeletal Surgery*, 93(1), 37-41.
81. Mosser, D. M., & Edwards, J. P. (2008). Exploring the full spectrum of macrophage activation. *Nature reviews immunology*, 8(12), 958-969.
82. Mouzopoulos, G., Stamatakos, M., Mouzopoulos, D., & Tzurbakis, M. (2007). Extracorporeal shock wave treatment for shoulder calcific tendonitis: a systematic review. *Skeletal Radiology*, 36(9), 803-811.
83. Murtaugh, B., & M. Ihm, J. (2013). Eccentric Training for the Treatment of Tendinopathies. *Current Sports Medicine Reports*, 12(3), 175–182
84. Muth, S., Barbe, M. F., Lauer, R., & McClure, P. (2012). The Effects of Thoracic Spine Manipulation in Subjects With Signs of Rotator Cuff Tendinopathy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(12), 1005–1016.
85. Notarnicola, A., Moretti, L., Tafuri, S., Forcignanò, M., Pesce, V., & Moretti, B. (2011). Reduced Local Perfusion After Shock Wave Treatment of Rotator Cuff Tendinopathy. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 37(3), 417–425.
86. Ogden, J. A., Tóth-Kischkat, A., & Schultheiss, R. (2001). Principles of shock wave therapy. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, 387, 8-17.
87. Oh, J. H., Park, M. S., & Rhee, S. M. (2018). Treatment strategy for irreparable rotator cuff tears. *Clinics in Orthopedic Surgery*, 10(2), 119-134.
88. Østerås, H., Myhr, G., Haugerud, L., & Torstensen, T. A. (2010). Clinical and MRI findings after high dosage medical exercise therapy in patients with long lasting subacromial pain syndrome: A case series on six patients. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 14(4), 352–360.
89. Otadi, K., Hadian, M.-R., Olyaei, G., & Jalaie, S. (2012). The beneficial effects of adding low level laser to ultrasound and exercise in Iranian women with shoulder tendonitis: A randomized clinical trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(1), 13–19.

90. Parle, P. J., Riddiford-Harland, D. L., Howitt, C. D., & Lewis, J. S. (2016). Acute rotator cuff tendinopathy: does ice, low load isometric exercise, or a combination of the two produce an analgaesic effect? *British Journal of Sports Medicine*, 51(3), 208–209.
91. Pitsillides, A., & Stasinopoulos, D. (2019). Cyriax Friction Massage-Suggestions for Improvements. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(5), 185.
92. Pleiner, J., Crevenna, R., Langenberger, H., Keilani, M., Nuhr, M., Kainberger, F., Wolzt, M., Wiesinger, G., & Quittan, M. (2004). Extracorporeal shockwave treatment is effective in calcific tendonitis of the shoulder. A randomized controlled trial. *Wiener klinische Wochenschrift*, 116(15-16), 536–541.
93. Rassweiler, J. J., Knoll, T., Köhrmann, K. U., McAteer, J. A., Lingeman, J. E., Cleveland, R. O., ... & Chaussy, C. (2011). Shock wave technology and application: an update. *European urology*, 59(5), 784-796.
94. Razavi, M., & Jansen, G. B. (2004). Effects of acupuncture and placebo TENS in addition to exercise in treatment of rotator cuff tendinitis. *Clinical rehabilitation*, 18(8), 872-878.
95. Rompe, J. D., Furia, J., & Maffulli, N. (2008). Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy: a randomized, controlled trial. *JBSJ*, 90(1), 52-61.
96. Rompe, J. D., Meurer, A., Nafe, B., Hofmann, A., & Gerdesmeyer, L. (2005). Repetitive low-energy shock wave application without local anesthesia is more efficient than repetitive low-energy shock wave application with local anesthesia in the treatment of chronic plantar fasciitis. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 23(4), 931–941.
97. Santamato, A., Panza, F., Notarnicola, A., Cassatella, G., Fortunato, F., de Sanctis, J. L., Valeno, G., Kehoe, P. G., Seripa, D., Logroscino, G., Fiore, P., & Ranieri, M. (2016). Is Extracorporeal Shockwave Therapy Combined With Isokinetic Exercise More Effective Than Extracorporeal Shockwave Therapy Alone for Subacromial Impingement Syndrome? A Randomized Clinical Trial. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 46(9), 714–725.
98. Santamato, A., Solfrizzi, V., Panza, F., Tondi, G., Frisardi, V., Leggin, B. G., Ranieri, M., & 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. *Physical therapy*, 89(7), 643–652.
99. Saunders, L. (2003). Laser versus Ultrasound in the Treatment of Supraspinatus Tendinosis. *Physiotherapy*, 89(6), 365–373.
100. Schmitt, J., Haake, M., Tosch, A., Hildebrand, R., Deike, B., & Griss, P. (2001). Low-energy extracorporeal shock-wave treatment (ESWT) for tendinitis of the supraspinatus. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 83(6), 873–876.
101. Schofer, M. D., Hinrichs, F., Peterlein, C. D., Arendt, M., & Schmitt, J. (2009). High-versus low-energy extracorporeal shock wave therapy of rotator cuff tendinopathy: a prospective, randomised, controlled study. *Acta orthopaedica Belgica*, 75(4), 452–458.
102. Şenbursa, G., Baltacı, G., & Atay, Ö. A. (2011). The effectiveness of manual therapy in supraspinatus tendinopathy. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*, 45(3), 162–167.
103. Seshadri, P. K., & De, A. (2020). Investigation of shock wave interactions involving stationary and moving wedges. *Physics of Fluids*, 32(9), 096110.
104. Siebert, W., & Buch, M. (Eds.). (2012). *Extracorporeal shock waves in orthopaedics*. Springer Science & Business Media.
105. Speed, C. A., Richards, C., Nichols, D., Burnet, S., Wies, J. T., Humphreys, H., & Hazleman, B. L. (2002). Extracorporeal shock-wave therapy for tendonitis of the rotator

- cuff: A double-blind, randomised, controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 84(4), 509–512.
106. Sun, J., Gao, F., Wang, Y., Sun, W., Jiang, B., & Li, Z. (2017). Extracorporeal shock wave therapy is effective in treating chronic plantar fasciitis: A meta-analysis of RCTs. *Medicine*, 96(15).
  107. Surenkok, O., Aytar, A., & Baltaci, G. (2009). Acute effects of scapular mobilization in shoulder dysfunction: a double-blind randomized placebo-controlled trial. *Journal of sport rehabilitation*, 18(4), 493–501.
  108. Toivonen, D. A., Tuite, M. J., & Orwin, J. F. (1995). Acromial structure and tears of the rotator cuff. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 4(5), 376–383.
  109. Torstensen, T. A., Meen, H. D., & Stiris, M. (1994). The Effect of Medical Exercise Therapy on a Patient With Chronic Supraspinatus Tendinitis. *Diagnostic Ultrasound—Tissue Regeneration: A Case Study. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 20(6), 319–327.
  110. Valasek, P., Theis, S., DeLaurier, A., Hinitz, Y., Luke, G. N., Otto, A. M., ... & Patel, K. (2011). Cellular and molecular investigations into the development of the pectoral girdle. *Developmental biology*, 357(1), 108–116.
  111. Vallés-Carrascosa, E., Gallego-Izquierdo, T., Jiménez-Rejano, J. J., Plaza-Manzano, G., Pecos-Martín, D., Hita-Contreras, F., & Achalandabaso Ochoa, A. (2018). Pain, motion and function comparison of two exercise protocols for the rotator cuff and scapular stabilizers in patients with subacromial syndrome. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, 31(2), 227–237.
  112. Van den Dolder, P. A., & Roberts, D. L. (2003). A trial into the effectiveness of soft tissue massage in the treatment of shoulder pain. *Australian Journal of Physiotherapy*, 49(3), 183–188.
  113. Van den Dolder, P. A., Ferreira, P. H., & Refshauge, K. M. (2015). Effectiveness of Soft Tissue Massage for Nonspecific Shoulder Pain: Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy*, 95(11), 1467–1477.
  114. Varacallo, M., El Bitar, Y., & Mair, S. D. (2021). Rotator cuff syndrome. *StatPearls [Internet]*.
  115. Vetrano, M., d'Alessandro, F., Torrisi, M. R., Ferretti, A., Vulpiani, M. C., & Visco, V. (2011). Extracorporeal shock wave therapy promotes cell proliferation and collagen synthesis of primary cultured human tenocytes. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 19(12), 2159–2168.
  116. Wang, C. J., Wang, F. S., & Yang, K. D. (2008). Biological effects of extracorporeal shockwave in bone healing: a study in rabbits. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 128(8), 879–884.
  117. Wang, C. J., Wang, F. S., Huang, C. C., Yang, K. D., Weng, L. H., & Huang, H. Y. (2005). Treatment for osteonecrosis of the femoral head: comparison of extracorporeal shock waves with core decompression and bone-grafting. *JBJS*, 87(11), 2380–2387.
  118. Wang, C. J., Wang, F. S., Yang, K. D., Huang, C. C., Lee, M. S. S., Chan, Y. S., ... & Ko, J. Y. (2008). Treatment of osteonecrosis of the hip: comparison of extracorporeal shockwave with shockwave and alendronate. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 128(9), 901–908.
  119. Wang, C. J., Wang, F. S., Yang, K. D., Weng, L. H., Hsu, C. C., Huang, C. S., & Yang, L. C. (2003). Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon–bone junction. A study in rabbits. *Journal of Orthopaedic Research*, 21(6), 984–989.
  120. Wang, C. J., Yang, Y. J., & Huang, C. C. (2011). The effects of shockwave on systemic concentrations of nitric oxide level, angiogenesis and osteogenesis factors in hip necrosis. *Rheumatology international*, 31(7), 871–877.



121. Weihs, A. M., Fuchs, C., Teuschl, A. H., Hartinger, J., Slezak, P., Mittermayr, R., ... & Rünzler, D. (2014). Shock wave treatment enhances cell proliferation and improves wound healing by ATP release-coupled extracellular signal-regulated kinase (ERK) activation. *Journal of Biological Chemistry*, 289(39), 27090-27104.
122. Westra, W. H., & Lewis, J. S. (2017). Update from the 4th edition of the World Health Organization classification of head and neck tumours: oropharynx. *Head and neck pathology*, 11(1), 41-47.
123. Yeldan, I., Cetin, E., & Ozdincler, A. R. (2009). The effectiveness of low-level laser therapy on shoulder function in subacromial impingement syndrome. *Disability and rehabilitation*, 31(11), 935–940.
124. Zhong, P. E. I., & PREMINGER, G. M. (1994). Mechanisms of differing stone fragility in extracorporeal shockwave lithotripsy. *Journal of Endourology*, 8(4), 263-268.

### **Βιβλία**

- 1 Hamill, J., & Knutzen, K. M. (2006). *Biomechanical basis of human movement*. Lippincott Williams & Wilkins
- 2 Hamilton, N., Luttgens, K., 2003. *Κινησιολογία: Επιστημονική βάση της ανθρώπινης κίνησης*. Μετάφραση: Γιόφτσος, Γ., & Κατσουλάκης, Κ., Παρισιανού Επιστημονικές Εκδόσεις.
1. Oatis, C., 2010. *Κινησιολογία Η μηχανική και η παθομηχανική της ανθρώπινης κίνησης*. Μετάφραση από τα αγγλικά Σταθόπουλος, Ι., Εκδόσεις Gotsis.
2. Werner Platzer, 2009. *Εγχειρίδιο Περιγραφικής Ανατομικής-Κινητικό Σύστημα*. Μετάφραση: Λεωνίδας Δ. Αρβανίτης, Εκδόσεις Π.Χ Πασχαλίδης.
3. Φουσέκης Κ. Α., 2015. *Εφαρμοσμένη Αθλητική Φυσικοθεραπεία*. Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης.