



**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ ΚΑΙ  
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ  
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΠΑΝΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ-ΙΩΑΝΝΑ Α.Μ.2436**

**ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΦΟΥΣΕΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΑΙΓΙΟ-2021**

***DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS AND CONTEMPORARY  
THERAPEUTIC APPROACHES***

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ:** Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (ΚΜΠ) συγκαταλέγεται στους ήπιους μυϊκούς τραυματισμούς και εμφανίζεται ως συνέπεια ασυνήθιστης άσκησης σε αγύμναστα άτομα ή σε αθλητές έπειτα από εξαντλητική προπόνηση. Συνήθως είναι αποτέλεσμα έντονης έκκεντρης άσκησης και είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επιδρά αρνητικά στην αθλητική απόδοση. Τα κλινικά συμπτώματα κυμαίνονται από μέτρια μυϊκή ευαισθησία, που υποχωρεί με μέτριας έντασης δραστηριότητα, έως πόνο και ανικανότητα εκτέλεσης συγκεκριμένων κινήσεων. Στον ΚΜΠ οι αρχικές κλινικές εκδηλώσεις ξεκινούν 6-12 ώρες μετά την ΕΙΜΔ (Exercise-Induced Muscle Damage) και αυξάνονται προοδευτικά μέχρι να φτάσουν το μέγιστο επίπεδο πόνου 48-72 ώρες μετά. Έπειτα τα συμπτώματα μειώνονται μέχρι να εξαφανιστούν 5-7 ημέρες αργότερα.

**ΣΚΟΠΟΣ:** Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση έχει ως στόχο τη μελέτη του φαινομένου του ΚΜΠ, καθώς και την συλλογή νέων δεδομένων για τις επιδράσεις και την αποτελεσματικότητα των σύγχρονων μεθόδων αποκατάστασης και πρόληψης, συμβάλλοντας έτσι στη προαγωγή της επιστήμης της φυσικοθεραπείας και σε μια αποτελεσματικότερη πρακτική. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η επίδραση της κρυοθεραπείας, της θερμοθεραπείας, της πρεσσοθεραπείας, της μάλαξης, του θεραπευτικού υπερήχου και της ηλεκτροθεραπείας. Επιπλέον εκτιμήθηκε και η αποτελεσματικότητα εφαρμογής άλλων εναλλακτικών μεθόδων θεραπείας και πρόληψης του ΚΜΠ, όπως η χαμηλής έντασης άσκηση, οι διατάσεις, το Foam Roller, το Kinetic Flossing, η Ergon Technique και ο βελονισμός.

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ:** Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι διεθνείς ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων PubMed και Google Scholar. Τα άρθρα που επιλέχθηκαν να αναλυθούν είναι της τελευταίας πενταετίας και με μεγαλύτερο δείγμα σε περίπτωση ερευνών. Οι πειραματικές έρευνες σε ζώα αποκλείστηκαν και κριτήριο εισόδου αποτέλεσαν έρευνες, των οποίων οι συμμετέχοντες πληρούν τα κάθε φορά απαραίτητα χαρακτηριστικά.

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:** Με βάση τη σύγχρονη βιβλιογραφία τα συμπεράσματα σχετικά με τον ΚΜΠ είναι τα εξής: 1) Παρόλο που έχουν διατυπωθεί ορισμένες θεωρίες, η παθοφυσιολογία του ΚΜΠ δεν είναι σαφής και έως σήμερα δεν έχει βρεθεί συγκεκριμένος αλγογόμος παράγοντας. Η βασική αντίδραση του οργανισμού είναι η καταστροφή των μυϊκών κυττάρων και συνεπώς η δημιουργία φλεγμονώδους αντίδρασης, 2) Πρωταρχικός στόχος της φυσικοθεραπείας είναι η πρόληψη των δομικών κακώσεων κατά τη διάρκεια της άσκησης και έπειτα η εφαρμογή κατάλληλης θεραπείας σε περίπτωση εμφάνισης συμπτωμάτων, 3) Προτεινόμενες μέθοδοι για την πρόληψη του ΚΜΠ είναι η παγομάλαξη, τα ενδύματα συμπίεσης (μείωση διαθέσιμου χώρου ανάπτυξης οιδήματος), η χαμηλής έντασης άσκηση (πχ. βάδιση) ως προθέρμανση, οι διατάσεις (πχ. PNF) και το FR (αύξηση ελαστικότητας,

μείωση δυσκαμψίας και πόνου) και τέλος ο υπέρηχος (πρόληψη μυϊκής ακαμψίας), 4) Προτεινόμενες θεραπευτικές παρεμβάσεις με στόχο της αναλγησία είναι η κρυοθεραπεία, η ηλεκτροθεραπεία, ο βελονισμός και η μάλαξη (μέσω αύξησης της θερμοκρασίας των ιστών). Ακόμα οι εναλλαγές θερμού-ψυχρού περιορίζουν το οίδημα και τον πόνο, το Kinetic Flossing και το Ergon προτείνονται για μια ταχύτερη αποκατάσταση, ενώ η θερμοθεραπεία χρήζει εφαρμογή σε μεταγενέστερα στάδια (ενίσχυση κυτταρικής αναγέννησης), 5) Σε αθλητές είναι απαραίτητος ο συνδυασμός μεθόδων πρόληψης όπως προθέρμανση, διατάσεις, πάγος, compression garments, ώστε να αποφευχθεί η εμφάνιση ΚΜΠ έπειτα από έντονη προπόνηση, 6) Σε περίπτωση εμφάνισης συμπτωμάτων ο ΚΜΠ πρέπει να αντιμετωπίζεται μέσω εφαρμογής παραπάνω από μίας τεχνικών, καθώς δεν υπάρχει ακόμα εμφανής απόδειξη μιας βέλτιστης μεθόδου.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** DOMS and Pathogenesis, Eccentric exercise and DOMS, DOMS and Therapy, Streching and DOMS, DOMS and skeletal muscle, muscle damage.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

|   |    |
|---|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....  | 3  |
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....   | 8  |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....  | 8  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΜΥ ..... | 10 |
| 1.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΜΥ.....                              | 11 |
| 1.2 ΜΥΙΚΗ ΣΥΣΤΟΛΗ .....   | 14 |
| 1.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΥΙΚΩΝ ΙΝΩΝ .....                                      | 15 |
| 1.4 ΕΙΔΗ ΜΥΙΚΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ .....  | 18 |
| 1.5 ΜΥΙΚΟΣ ΚΑΜΑΤΟΣ.....   | 19 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> :ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ.....             | 21 |
| 2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ .....  | 21 |
| 2.2 ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ .....                                   | 21 |
| 2.3 ΠΡΟΣΩΡΙΝΟΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ .....                                     | 22 |
| 2.4 ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ .....                                 | 23 |
| 2.5 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥ DOMS.....                                | 23 |
| ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ:.....                                     | 24 |
| ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΜΥΙΚΟΥ ΣΠΑΣΜΟΥ:.....                                       | 24 |
| ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΒΛΑΒΗΣ ΤΟΥ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ: .....                         | 25 |
| ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΥΙΚΗΣ ΒΛΑΒΗΣ: .....                                       | 25 |
| ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΦΛΕΓΜΟΝΗΣ: .....   | 26 |
| ΘΕΩΡΙΑ ΕΚΡΟΗΣ ΕΝΖΥΜΩΝ: .....  | 27 |
| 2.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ DOMS ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ .....                         | 27 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : DOMS ΚΑΙ ΡΟΛΟΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ.....       | 30 |
| 3.1 ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΣΥΣΤΟΛΗ .....  | 30 |
| 3.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΣΥΣΤΟΛΗ .....                        | 30 |
| 3.3 ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ .....   | 32 |
| 3.4 ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....                            | 33 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : ΚΛΙΝΙΚΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ DOMS .....                 | 35 |
| 4.1 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ .....   | 35 |
| 4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ – ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ .....                           | 35 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....   | 36 |
| 4.3.1 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ (MRI) .....   | 36 |
| 4.3.2 ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ .....  | 38 |
| 4.3.3 ΕΛΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ (ARFI) .....  | 39 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> : ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟ ΜΥΙΚΟ ΠΟΝΟ..... | 41 |
| 5.1 ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....  | 41 |
| 5.1.1 ΕΜΒΥΘΙΣΗ ΣΕ ΚΡΥΟ ΝΕΡΟ (CWI) .....  | 43 |
| 5.1.2 ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΟΛΟΥ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (WBC)/ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ (PBC) .....                       | 46 |
| 5.1.4 ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΚΡΥΟΥ-ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ (CONTRAST WATER THERAPY-CWT) .....                              | 51 |
| 5.2 ΘΕΡΜΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....   | 51 |
| 5.2.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....   | 54 |
| 5.2.2 ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (IRR) .....   | 55 |
| 5.3 ΠΡΕΣΣΟΘΕΡΑΠΕΙΑ (compression therapy).....  | 57 |
| 5.3.1 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ .....   | 58 |
| 5.3.2 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ .....   | 59 |
| 5.3.3 ΔΙΑΛΕΙΠΟΥΣΑ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....  | 61 |
| 5.3.4 ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ (Pneumatic Compression Devices-PCDs) ...                      | 61 |
| 5.4 ΕΝΕΡΓΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ.....  | 63 |
| 5.4.1 ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΣΚΗΣΗ .....   | 63 |
| 5.4.2 ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ.....   | 64 |
| 5.4.3 FOAM ROLLER.....   | 67 |
| 5.4.4 ΚΙΝΗΤΙΚ FLOSSING.....  | 69 |
| 5.4.5 ΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΑΛΑΚΩΝ ΜΟΡΙΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ (ERGON TECHNIQUE) .....                      | 70 |
| 5.5 ΜΑΛΑΞΗ .....   | 72 |
| 5.6 ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ (Ultrasound irradiation).....  | 74 |
| 5.7 ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....   | 76 |
| 5.8 ΒΕΛΟΝΙΣΜΟΣ.....  | 78 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> : Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ.....                              | 80 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....   | 82 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ.....  | 86 |

## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ**

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 1- ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΕΙ ΤΟΝ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΜΥ .....                   | 12 |
| Εικόνα 2- Η ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΥΟΣ.....  | 14 |
| Εικόνα 3- ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΠΑΧΙΩΝ ΚΑΙ ΛΕΠΤΩΝ ΝΗΜΑΤΙΩΝ-ΒΡΑΧΥΝΣΗ ΣΑΡΚΟΜΕΡΙΟΥ .               | 15 |
| Εικόνα 4-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ, ΓΛΥΚΟΛΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΟΓΛΥΚΟΛΥΤΙΚΩΝ<br>ΙΝΩΝ ..... | 16 |
| Εικόνα 5- ΕΙΔΗ ΜΥΙΚΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ.....  | 19 |
| Εικόνα 6-ΜΥΙΚΟΣ ΚΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΚΑΜΨΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΑΝΑΠΑΥΣΗ.....                      | 20 |
| Εικόνα 7-ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ ΣΑΡΚΟΜΕΡΙΩΝ.....  | 31 |
| Εικόνα 8-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ DOMS ΜΕ MRI .....  | 37 |
| Εικόνα 9-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ DOMS ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟ.....   | 39 |
| Εικόνα 10-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΛΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑΣ.....                                  | 40 |
| Εικόνα 11-CWI ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΝΤΟΝΗ ΑΣΚΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ .....                          | 43 |
| Εικόνα 12-WBC ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ.....  | 46 |
| Εικόνα 13-ΠΑΓΟΜΑΛΑΞΗ.....  | 49 |
| Εικόνα 14-ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΘΛΗΤΩΝ .....  | 54 |
| Εικόνα 15-IRR .....  | 55 |
| Εικόνα 16-ΚΑΛΤΣΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....   | 57 |
| Εικόνα 17-NORMTECH PULSE RECOVERY.....   | 61 |
| Εικόνα 18-ΔΙΑΤΑΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ .....  | 64 |
| Εικόνα 19-FOAM ROLLER.....   | 67 |
| Εικόνα 20-KINETIC FLOSSING TECHNIQUE.....  | 69 |
| Εικόνα 21-ERGON IASTM TECHNIQUE.....   | 70 |
| Εικόνα 22-ΜΑΛΑΞΗ.....  | 72 |
| Εικόνα 23-ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ .....  | 74 |
| Εικόνα 24-ΕΦΑΡΜΟΓΗ TENS .....  | 76 |
| Εικόνα 25-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΕΛΟΝΙΣΜΟΥ .....  | 78 |
| Εικόνα 26-ΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ.....  | 80 |

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Τα τελευταία χρόνια η εκγύμναση του ανθρώπινου σώματος έχει αποτελέσει κομμάτι της καθημερινότητας και τρόπος ζωής των ανθρώπων κάθε ηλικίας. Η συμμετοχή στην αθλητική δραστηριότητα σε επαγγελματικό ή ερασιτεχνικό επίπεδο, συμβάλει στην προαγωγή τόσο της σωματικής, όσο και της ψυχικής υγείας. Αν και τα οφέλη της σωματικής άσκησης είναι ευρέως γνωστά, εάν δεν υπάρχει η κατάλληλη καθοδήγηση, εγκυμονούν κίνδυνοι μυοσκελετικού τραυματισμού. Είναι μάλιστα γνωστό πως οι απαιτήσεις της σύγχρονης αθλητικής δραστηριότητας είναι αυξημένες, ιδίως σε επαγγελματίες αθλητές, οδηγώντας έτσι σε συνθήκες υπερπροπόνησης και επομένως σε μυϊκούς τραυματισμούς, όπως είναι και ο DOMS. Η παρούσα μελέτη α) αναλύει το φαινόμενο του ΚΜΠ, β) μελετά τα νέα επιστημονικά δεδομένα όσον αφορά τους τρόπους πρόληψης και θεραπείας του ΚΜΠ.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο ασκησιογενής μυϊκός πόνος είναι ένα αρκετά συχνό φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται ως συνέπεια ασυνήθιστης άσκησης σε αγύμναστα άτομα, όταν μετά από χρόνια καθιστικής ζωής αρχίζουν να γυμνάζονται απότομα με μεγάλες επιβαρύνσεις. Ακόμα παρατηρείται και σε αθλητές κατά την έναρξη μιας νέας αθλητικής περιόδου, όταν επιστρέφουν σε κανονικό ρυθμό προπονήσεων έπειτα από τραυματισμό, μετά από εξαντλητική προπόνηση ή όταν αλλάζει το είδος των προπονήσεων. Είναι μάλιστα γνωστό πως οι απαιτήσεις της σύγχρονης αθλητικής δραστηριότητας είναι αυξημένες, ιδίως σε επαγγελματίες αθλητές, οδηγώντας έτσι σε συνθήκες υπερπροπόνησης και επομένως σε μυϊκούς τραυματισμούς, όπως ο ΚΜΠ. Τα κλινικά συμπτώματα του περιλαμβάνουν δυσφορία στο σημείο της ζημιάς, μείωση της μέγιστης παραγόμενης δύναμης του προσβεβλημένου μυ, μειωμένο και επώδυνο περιορισμό της κίνησης, δυσκαμψία, φλεγμονή, οίδημα και δυσλειτουργία των



παρακείμενων αρθρώσεων. Κυμαίνονται από μέτρια μυϊκή ευαισθησία, που υποχωρεί με μέτριας έντασης δραστηριότητα, έως πόνο και ανικανότητα εκτέλεσης συγκεκριμένων κινήσεων. Αν και η ακριβής παθοφυσιολογία του παραμένει άγνωστη, ο βασικός μηχανισμός του είναι η καταστροφή των μυϊκών κυττάρων, η οποία οδηγεί σε περαιτέρω πρωτεϊνική αποδόμηση, απόπτωση και τοπική φλεγμονώδη αντίδραση. Στον DOMS οι αρχικές κλινικές εκδηλώσεις ξεκινούν 6-12 ώρες μετά την άσκηση που προκαλεί τη βλάβη και εξαφανίζονται 5-7 ημέρες αργότερα. Κατά τη διάρκεια έκκεντρου τύπου αθλητικής δραστηριότητας, ο οποίος αποτελεί βασικό παράγοντα πρόκλησης DOMS, εκτός από το άλγος, συμβαίνουν και ορισμένες μυϊκές και συνδεσμικές δομικές βλάβες, που μεταβάλουν τη μυϊκή λειτουργία και τη μηχανική συμπεριφορά των αρθρώσεων. Αυτές οι προσαρμογές επηρεάζουν την απόδοση των αθλητών υψηλού επιπέδου και τους αναγκάζουν να εκτελέσουν προπόνηση με χαμηλότερη ένταση από την απαιτούμενη. Επίσης σε περιόδους ΚΜΠ συχνά οι αθλητές δεν αντιλαμβάνονται τις προσωρινές βλάβες που έχουν προκληθεί, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος τραυματισμού. Συνεπώς οι αθλητές, οι προπονητές και ιδιαίτερα οι αθλητικοί φυσικοθεραπευτές χρειάζεται να είναι πλήρως ενημερωμένοι για τη σημαντικότητα της πρόληψης και θεραπείας του DOMS. Έτσι θα αποφευχθούν δυσχερείς τραυματισμοί οι οποίοι θα πάνε πίσω την προετοιμασία του αθλητή, θα μειώσουν την απόδοση του και θα καθορίσουν την αθλητική του καριέρα. Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη διερεύνηση ποικίλων θεραπευτικών παρεμβάσεων με στόχο την πρόληψη και την ελαχιστοποίηση των συμπτωμάτων και άρα την ανάκαμψη από ΚΜΠ. Ιδιαίτερα στον αθλητισμό η αποκατάσταση από EIMD είναι ύψιστης σημασίας για την ανάκτηση της μυϊκής δύναμης και των επιπέδων απόδοσης. Επομένως η θεραπευτική παρέμβαση πρέπει να εστιάζει τόσο στην πρωταρχική πρόληψη των δομικών κακώσεων κατά τη διάρκεια άσκησης, όσο και σε στρατηγικές θεραπείας σε περίπτωση εμφάνισης συμπτωμάτων. Μέχρι σήμερα δεν έχει κατοχυρωθεί ένας έγκυρος τρόπος αντιμετώπισης του ΚΜΠ, επομένως η παρούσα συστηματική ανασκόπηση έχει ως στόχο τη μελέτη του φαινομένου, καθώς και την συλλογή νέων δεδομένων για τις επιδράσεις και την αποτελεσματικότητα των σύγχρονων μεθόδων πρόληψης και αποκατάστασης, συμβάλλοντας έτσι στην κατάλληλη θεραπεία του ΚΜΠ και σε μια αποτελεσματικότερη πρακτική. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η επίδραση της κρυοθεραπείας, της θερμοθεραπείας, της πρεσσοθεραπείας, της μάλαξης, του θεραπευτικού υπερήχου και της ηλεκτροθεραπείας. Επιπλέον εκτιμήθηκε και η

αποτελεσματικότητα εφαρμογής άλλων εναλλακτικών μεθόδων θεραπείας και πρόληψης του ΚΜΠ, όπως η χαμηλής έντασης άσκηση, οι διατάσεις, το Foam Roller, το Kinetic Flossing, η Ergon Technique και ο βελονισμός.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΜΥ**

Η κίνηση ως θεμελιώδης ιδιότητα της ζωής παράγεται μέσω της δράσης των μυών, οι οποίοι παρομοιάζονται με μηχανές που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια των θρεπτικών ουσιών, μαζί με το οξυγόνο, σε μηχανικό έργο. Αυτός ο ενεργειακός μετασχηματισμός γίνεται σε διαφοροποιημένα μυϊκά κύτταρα, τα οποία οργανώνονται σε μια αξιοθαύμαστη αρχιτεκτονική διάταξη μέσα στον σκελετικό μυ. Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες που δίνουν τη δυνατότητα στον μυ να προκαλεί κίνηση είναι η διεγερσιμότητα, η συσταλτικότητα, η διατατικότητα και η ελαστικότητα. Η διεγερσιμότητα είναι η ικανότητα του μυ να δέχεται και να ανταποκρίνεται σε ερεθίσματα, η συσταλτικότητα αφορά την βράχυνση του μυός, η διατατικότητα είναι η ικανότητα του μυός να επιμηκύνεται και τέλος η ελαστικότητα παραπέμπει στην δυνατότητα του μυός να επανέρχεται στο αρχικό του μήκος, έπειτα από επιμήκυνση (Πλέσσας, 2010).

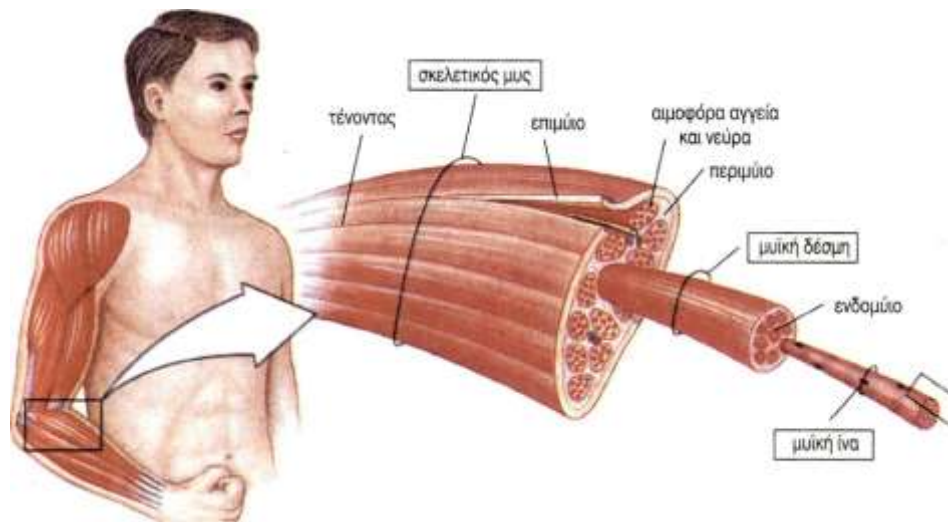
Η υποστήριξη του ανθρώπινου σώματος, καθώς αυτό αλληλεπιδρά με το περιβάλλον, γίνεται μέσω των οστών. Αν και πολλοί ιστοί συμβάλλουν στην υποστήριξη του σώματος, μόνο ο μυϊκός ιστός είναι ικανός να προσαρμόζεται σε άμεσες και επαναλαμβανόμενες, χρόνιες εξωτερικές δυνάμεις που αποσταθεροποιούν το σώμα. Αυτή η ιδιότητα του μυϊκού ιστού οφείλεται στη σύζευξη του τόσο με το εξωτερικό περιβάλλον, όσο και με τους εσωτερικούς μηχανισμούς ελέγχου, δηλαδή το νευρικό σύστημα. Έτσι κάτω από ένα μεγάλο εύρος συνθηκών, χάρη στον έλεγχο του νευρικού συστήματος, ο μυς παράγει την δύναμη που απαιτείται ώστε να σταθεροποιήσει τις σκελετικές δομές (Neumann, Βιβλίο Κινησιολογίας).

Ως γνωστόν διακρίνονται τρεις τύποι μυϊκού ιστού βάση της λεπτής δομής και των φυσιολογικών χαρακτηριστικών τους: ο λείος, ο γραμμωτός και ο καρδιακός μυς. Το ανθρώπινο σώμα περιέχει πάνω από 600 σκελετικούς μυς, αποτελώντας το 50-60% του συνολικού σωματικού βάρους. Είναι οι μύες που κινούν τον σκελετό και μερικές φορές αναφέρονται ως εκούσιοι μυς. Οι βασικότερες λειτουργίες των μυών αυτών

είναι να παράγουν: 1) δύναμη για κίνηση και αναπνοή, 2) δύναμη για την διατήρηση της στάσης και 3) θερμότητα σε περιπτώσεις έκθεσης σε ψυχρό περιβάλλον. Επίσης καθώς οι σκελετικοί μυς παίζουν καθοριστικό ρόλο και στον καθορισμό της αθλητικής απόδοσης είναι απαραίτητο οι επιστήμονες υγείας, όπως οι φυσιοθεραπευτές, να κατανοήσουν πλήρως τη σκελετική δομή και λειτουργία τους (Powers and Howley, 2018).

## **1.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΜΥ**

Ο σκελετικός μυς αποτελείται από πολλούς ιστούς, όπως τα ίδια τα μυϊκά κύτταρα (μυϊκές ίνες), τον νευρικό ιστό, τα αγγεία και τους διάφορους τύπους συνδετικού ιστού. Ο μυς στο σύνολό του αποτελείται από έναν εκτεταμένο αριθμό εξωκυττάρων συνδετικών ιστών, που αποτελούνται κυρίως από κολλαγόνο και ελαστίνη (Neumann, Βιβλίο Κινησιολογίας). Η περιτονία, ως συνδετικός ιστός, έχει σαν βασικό ρόλο τον διαχωρισμό μεμονωμένων μυών από τους γειτονικούς, την παροχή δομικής υποστήριξης και ελαστικότητας στον μυ. Υπάρχουν τρία διαφορετικά στρώματα συνδετικού ιστού στους σκελετικούς μυς. Το επιμύιο είναι το εξωτερικό περίβλημα ολόκληρης της μυϊκής γαστέρας, το οποίο είναι σκληρό, ανθεκτικό σε διάταση, δίνει σχήμα στον μυ και τον ξεχωρίζει από τους άλλους. Μέσα από το επιμύιο υπάρχει το περιμύιο που περιβάλλει μεμονωμένες δέσμες μυϊκών ινών (δεμάτια), οι οποίες παρέχουν ένα σωλήνα για αιμοφόρα αγγεία και νεύρα. Κάθε μυϊκή ίνα μέσα στα δεμάτια περιβάλλεται από το ενδομύιο. Μέσω του ενδομυίου γίνεται η μεταβολική ανταλλαγή μεταξύ μυϊκών ινών και τριχοειδών, καθώς και η μεταφορά συσταλτικής δύναμης στον τένοντα και τελικά διαμέσου της άρθρωσης. Ακριβώς κάτω από το ενδομύιο υπάρχει η βασική μεμβράνη, ένα ακόμα προστατευτικό στρώμα συνδετικού ιστού.

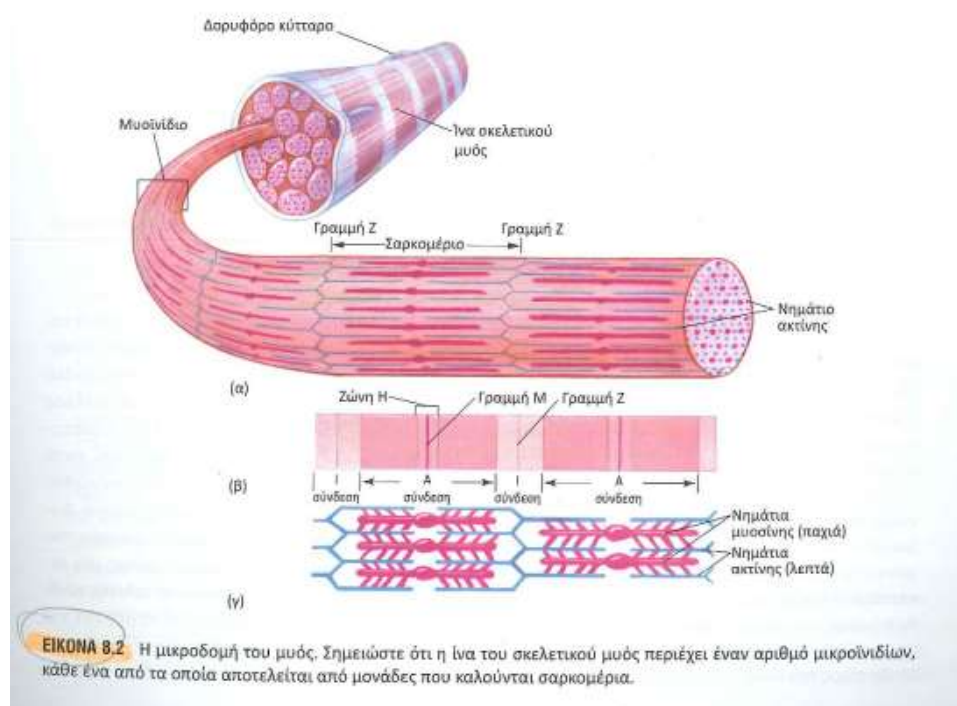


**Εικόνα 1- ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΕΙ ΤΟΝ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΜΥ (ebooks.edu.gr)**

Όλοι οι μυς του ανθρώπινου σώματος αποτελούνται από πολλές ξεχωριστές μυϊκές ίνες, των οποίων το πάχος ποικίλει από περίπου 10 έως 100μm και το μήκος από 1 έως 50 cm. Κάθε μυϊκή ίνα είναι ένα ξεχωριστό κύτταρο με πολλαπλούς πυρήνες, η οποία σχηματίζεται κατά το στάδιο της ανάπτυξης από τους μυοβλάστες και η σύσπαση της στην πραγματικότητα είναι υπεύθυνη για τη σύσπαση ολόκληρου του μυός (Neumann, Βιβλίο Κινησιολογίας). Στο μέσο περίπου κάθε μυϊκής ίνας φτάνει νευρικό κλωνίο του άξονα του κινητικού νευρώνα και σχηματίζεται μια νευρομυϊκή σύναψη, η τελική κινητική πλάκα, μέσω της οποίας μεταδίδονται οι νευρικές ώσεις και προκαλείται διέγερση και σύσπαση της μυϊκής ίνας. Ο νευράξονας και οι μυϊκές ίνες που αυτός νευρώνει αποτελούν μια λειτουργική κινητική μονάδα. Ο αριθμός των μυϊκών ινών σε κάθε κινητική μονάδα εξαρτάται από το είδος και τη λεπτότητα των κινήσεων που επιτελεί. Στους μυς που εκτελούν μικρές κινήσεις ο αριθμός είναι μικρός (2-12), ενώ για τους μυς της ράχης είναι μεγάλος (600-1000), (Πλέσσας, 2010). Στο μικροσκόπιο φωτός τα σκελετικά μυϊκά κύτταρα εμφανίζουν γραμμώσεις, μέσω μιας αλληλουχίας φωτεινών και σκοτεινών λωρίδων, κάθετων στον επιμήκη άξονα τους. Κάθε μυϊκή ίνα είναι ένας μακρύς κύλινδρος που καλύπτεται από μια κυτταρική μεμβράνη το σαρκείλημα. Στα άκρα των μυϊκών ινών οι επιπολής στοιβάδες του σαρκειλήματος συγχωνεύονται με τενόντιες ίνες, οι οποίες συνεννοούμενες σχηματίζουν τους τένοντες των μυών. Πάνω από το σαρκείλημα και κάτω από τη βασική μεμβράνη βρίσκονται τα δορυφορικά κύτταρα. Πρόκειται για πρόδρομα κύτταρα που συμβάλλουν σημαντικά στην μυϊκή αύξηση και επιδιόρθωση σε περιπτώσεις τραυματισμού ή νόσου, καθώς μέσω αύξησης του μεγέθους των

μυϊκών ινών που έχουν απομείνει αναπληρώνεται ο χαμένος μυϊκός ιστός (υπερτροφία). Μυϊκή υπερτροφία μπορεί να συμβεί και κατά τη διάρκεια έντονης προπόνησης ενδυνάμωσης, κάτι που επιτυγχάνεται μέσω της διαίρεσης και συμβολής των ήδη υπάρχοντων μυϊκών ινών (Vander's, 2016). Έτσι καθώς αυξάνονται οι πυρήνες μέσα στο μυϊκό κύτταρο, αυτό συνθέτει περισσότερες πρωτεΐνες οδηγώντας σε μυϊκή αύξηση. Κάτω από το σαρκώδες βρίσκεται το σαρκόπλασμα στο οποίο υπάρχουν πολυάριθμα λεπτά ινίδια διατεταγμένα παράλληλα μεταξύ τους, τα μυοϊνίδια. Τα τελευταία περιέχουν συσταλτές πρωτεΐνες, με βασικότερες τα παχιά νημάτια μυοσίνης και τα λεπτά νημάτια ακτίνης, οι οποίες αλληλεπιδρούν για να βραχύνουν τη μυϊκή ίνα και να παράγουν δύναμη (ενεργητικές πρωτεΐνες). Το μόριο της μυοσίνης αποτελείται από δύο μεγάλες, βαριές πολυπεπτιδικές αλυσίδες και τέσσερις μικρότερες ελαφριές. Το μόριο που σχηματίζεται από την ένωση αυτών των αλυσίδων αποτελείται από δύο σφαιρικές κεφαλές και μια μακρά ουρά σχηματίζεται από το πλέξιμο των δυο βαρέων αλυσίδων. Οι δύο σφαιρικές κεφαλές προεξέχουν πλευρικά σχηματίζοντας τις εγκάρσιες γέφυρες, οι οποίες συνδέονται με τα λεπτά νημάτια και παράγουν δύναμη κατά τη μυϊκή συστολή. Κάθε σφαιρική κεφαλή έχει δύο σημεία σύνδεσης, ένα για την ακτίνη και ένα για το ATP. Στην ακτίνη βρίσκονται ακόμα δύο πρωτεΐνες (τροπονίνη και τροπομυοσίνη), οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της διαδικασίας της συστολής. Κάθε μόριο ακτίνης περιέχει και μια περιοχή πρόσδεσης με τη μυοσίνη (Vander's, 2016). Επίσης υπάρχουν και μη συσταλτές πρωτεΐνες (τιτίνη και δεσμίνη), οι οποίες δρουν ως υποστηρικτικές δομές ανάμεσα στις μυϊκές ίνες και δευτερογενώς συμβάλλουν στη παραγωγή και μετάδοση της δύναμης (Neumann, Βιβλίο Κινησιολογίας). Επιμέρους τμήματα των μυοϊνιδίων είναι τα σαρκομέρια, οι απόλυτες γεννήτριες δύναμης εντός του μυός. Τα σαρκομέρια χωρίζονται μεταξύ τους με ένα λεπτό στρώμα δομικών πρωτεϊνών γνωστή ως γραμμή Z ή δίσκος Z. Η ζώνη A (ανισότροπη ζώνη) είναι η σκούρα περιοχή που βρίσκονται τα νημάτια μυοσίνης, ενώ στην πιο φωτεινή περιοχή, ζώνη I (ισότροπη ζώνη), βρίσκονται τα νημάτια ακτίνης. Στο κέντρο του σαρκομερίου υπάρχει μια περιοχή που δεν επικαλύπτονται τα νημάτια ακτίνης και μυοσίνης, αυτή ονομάζεται ζώνη H. Το σαρκοπλασματικό δίκτυο είναι μεμβρανώδη κανάλια που βρίσκονται μέσα στο σαρκόπλασμα και αποτελούν σημείο αποθήκευσης του ασβεστίου, του οποίου η απελευθέρωση παίζει σημαντικό ρόλο στη διέγερση της μυϊκής συστολής. Επίσης οι εγκάρσιοι σωληνίσκοι (σωληνάρια T) αποτελούν συνέχεια της κυτταρικής μεμβράνης (αναφέρονται ως σαρκώδες) και είναι ένα

ακόμα δίκτυο που περνά ανάμεσα από τις τελικές δεξαμενές και μεταδίδουν δυναμικά ενέργειας (Powers and Howley, 2018).

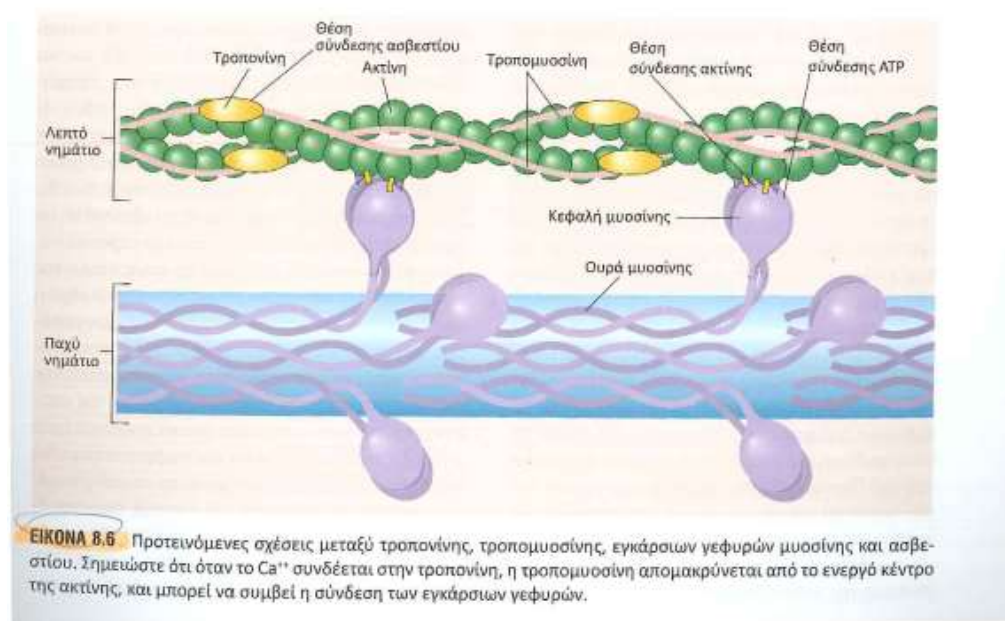


**Εικόνα 2- Η ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΥΟΣ (Powers and Howley, 2018 p.237)**

## 1.2 ΜΥΙΚΗ ΣΥΣΤΟΛΗ

Η διαδικασία της μυϊκής συστολής ερμηνεύεται καλύτερα με το μοντέλο της ολίσθησης των μυονημάτων ή αλλιώς μοντέλο περιστροφής, το οποίο προτείνει ότι η βράχυνση του μυός συμβαίνει λόγω της κίνησης των νημάτων της ακτίνης πάνω στα νημάτια της μυσίνης. Σε κατάσταση ηρεμίας τα μυονημάτια ακτίνης, μυσίνης είναι ασύζευκτα, δηλαδή δεν έρχονται σε επαφή. Όταν οι μυϊκές ίνες συσπώνται προκαλείται βράχυνση των μυοϊνιδίων τους λόγω ολίσθησης της ακτίνης πάνω στη μυσίνη. Έτσι μειώνεται η απόσταση μεταξύ δύο γραμμών Z. Τα νημάτια ακτίνης και μυσίνης ολισθαίνουν το ένα πάνω στο άλλο κατά τη διάρκεια της μυϊκής συστολής, καθώς οι εγκάρσιες γέφυρες της μυσίνης συνδέονται με την ακτίνη με τέτοιο προσανατολισμό ώστε να έλξουν την ακτίνη από το ένα άκρο προς το κέντρο. Μέσω αυτής της έλξης εκτελείται η βράχυνση και συνεπώς παραγωγή δύναμης. Η ενέργεια για τη μυϊκή συστολή παράγεται από τη διάσπαση του ATP από το ένζυμο ATPάση της μυσίνης. Έτσι το ATP διασπάται σε ADP και ανόργανο φωσφορικό οξύ (Pi) και

απελευθερώνεται ενέργεια, ώστε να ενεργοποιηθούν οι εγκάρσιες γέφυρες. Ένας μόνο κύκλος συστολών των εγκάρσιων γεφυρών θα προκαλέσει βράχυνση μόνο κατά 1% σε σχέση με το μήκος ηρεμίας του. Καθώς μερικοί μύες μπορούν να βραχυνθούν μέχρι και 60%, είναι φανερό ότι ο κύκλος συστολών επαναλαμβάνεται πολλές φορές (Powers and Howley, 2018).



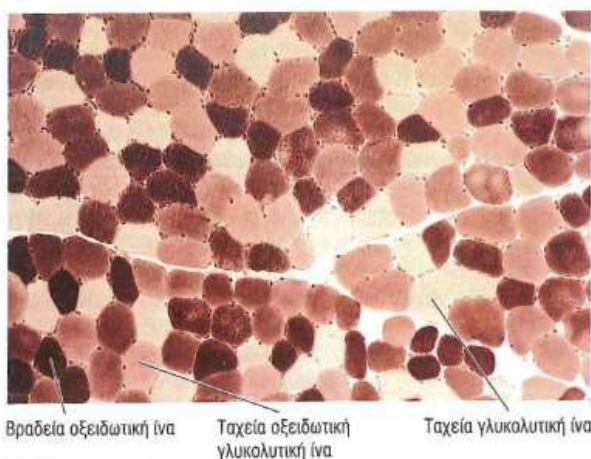
**Εικόνα 3- ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΠΑΧΙΩΝ ΚΑΙ ΛΕΠΤΩΝ ΝΗΜΑΤΙΩΝ-ΒΡΑΧΥΝΣΗ ΣΑΡΚΟΜΕΡΙΟΥ (Powers and Howley,2018 p. 241)**

### 1.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΥΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Οι σκελετικές μυϊκές ίνες διαφέρουν τόσο μηχανικά όσο και μεταβολικά. Η κατηγοριοποίηση τους γίνεται σε: 1) ταχείας και βραδείας συστολής, βάση της μέγιστης ταχύτητας βράχυνσης, 2) σε οξειδωτικές και γλυκολυτικές ίνες, βάση της μεταβολικής οδού που ακολουθείται για το σχηματισμό του ATP. Στην πρώτη κατηγοριοποίηση η αποδόμηση του ATP γίνεται με διαφορετικό μέγιστο ρυθμό ανακύκλισης των εγκάρσιων γεφυρών, οπότε αλλάζει και η μέγιστη ταχύτητα συστολής της μυϊκής ίνας. Οι βραδείες ίνες ή τύπου I, περιέχουν μυοσίνη με ATPάση χαμηλότερης δραστηριότητας και επομένως μικρότερη μέγιστη ταχύτητα βράχυνσης

(Vmax) (Powers and Howley, 2018), ενώ οι ταχείες ίνες ή τύπου II περιέχουν μυοσίνη με ATPάση υψηλής δραστηριότητας. Παρόλο που ο κύκλος ανακύκλισης

των εγκαρσίων γεφυρών στις ταχείες ίνες είναι περίπου τέσσερις φορές ταχύτερος απ' ότι στις βραδείες, η παραγόμενη δύναμη είναι σχεδόν η ίδια και στους δύο τύπους ινών (Vander's, 2016). Όμως οι ίνες τύπου I είναι πιο αποδοτικές, διότι σε ένα δεδομένο ρυθμό έργου θα απαιτούν λιγότερη ενέργεια (ATP) από τις ίνες τύπου II, χάρη στον χαμηλό ρυθμού ανακύκλωσης ATP (Powers and Howley, 2018). Η δεύτερη κατηγοριοποίηση αφορά τον τύπο ενζυματικού μηχανισμού που κυριαρχεί για τη σύνθεση ATP. Οι οξειδωτικές ίνες έχουν υψηλή ικανότητα οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, διότι περιέχουν πολλαπλά μιτοχόνδρια. Αυτές οι ίνες περιβάλλονται από πολλά μικρά αιμοφόρα αγγεία, επομένως η ροή του αίματος που μεταφέρει το οξυγόνο και τις καύσιμες ουσίες στον μυ καθορίζει και την μεγαλύτερη παραγωγή ATP στις ίνες αυτές. Επιπλέον οι μεγάλες ποσότητες μυοσφαιρίνης (δέσμευση οξυγόνου) στις οξειδωτικές ίνες αυξάνει τον ρυθμό διάχυσης οξυγόνου στην ίνα και προσδίδουν στο μυ ένα βαθύ κόκκινο χρώμα και γι' αυτό αποκαλούνται ερυθρές μυϊκές ίνες. Αντίθετα οι γλυκολυτικές ίνες έχουν λιγότερα μιτοχόνδρια, αλλά υψηλή συγκέντρωση γλυκογόνου και γλυκολυτικών ενζύμων. Έτσι λόγω της μειωμένης χρήσης οξυγόνου, οι ίνες δεν περιβάλλονται από μεγάλο αριθμό αιμοφόρων αγγείων και η ποσότητα της αιμοσφαιρίνης είναι μικρή. Συνεπώς το χρώμα τους είναι ωχρό και αναφέρονται ως λευκές μυϊκές ίνες (Vander's,



**Σχήμα 9.24** Εγκάρσια διατομή ανθρώπινου σκελετικού μύος που έχει υποστεί επεξεργασία για χρώση ATPάσης στις μυϊκές ίνες. Οι σκατεινές ίνες είναι ο τύπος «βραδείες-οξειδωτικές», οι πιο ανοιχτόχρωμες ίνες είναι «ταχείες-οξειδογλυκολυτικές» και «ταχείες γλυκολυτικές». Σημείωση: η θεωρητική-υποθετική τέταρτη κατηγορία «βραδείες-γλυκολυτικές ίνες» δεν βρίσκεται εδώ.

#### **Εικόνα 4-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ, ΓΛΥΚΟΛΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΟΓΛΥΚΟΛΥΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ (Vander's, 2016 p.342)**



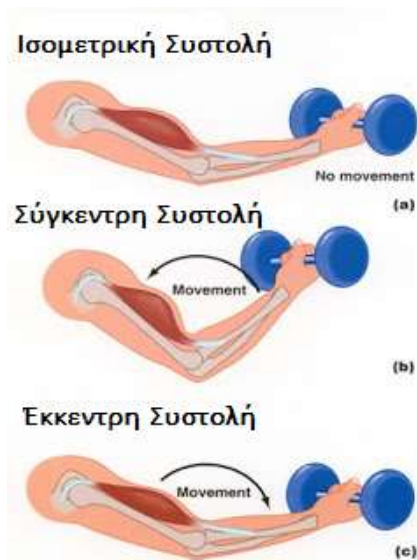
Επίσης υπάρχουν και διαφορές στο μέγεθος, καθώς οι οξειδωτικές ίνες έχουν πολύ μικρότερη διάμετρο από τις γλυκολυτικές, κάτι που επηρεάζει την ανάπτυξη της τάσης. Όσο πιο μεγάλη είναι η διάμετρος μιας μυϊκής ίνας τόσο περισσότερα παχιά και λεπτά νημάτια δρουν παράλληλα και επομένως παράγουν μεγαλύτερη τάση-δύναμη. Συγκεκριμένα όσο περισσότερες εγκάρσιες γέφυρες παράγουν δύναμη, τόσο η μεγαλύτερη παραγωγή τάσης. Συνεπώς οι ίνες ταχείας συστολής παράγουν περισσότερη δύναμη απ' ό τι η βραδείας, γιατί περιέχουν περισσότερες εγκάρσιες γέφυρες μυοσίνης ανά περιοχή εγκάρσιας διατομής της ίνας (Powers and Howley, 2018). Ακόμα μια διαφορά εντοπίζεται στην ανθεκτικότητα τους στον κάματο. Στις βραδείες οξειδωτικές η υψηλή συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης, τα μεγάλα ποσά τριχοειδών και η υψηλή δραστηριότητα των μιτοχονδριακών ενζύμων δίνουν τη δυνατότητα για αερόβιο μεταβολισμό και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στη κόπωση (Powers and Howley, 2018). Έτσι μπορούν να συστέλλονται διαρκώς χωρίς να μειώνεται σημαντικά η παραγόμενη δύναμη. Αντίθετα οι ταχείες γλυκολυτικές ίνες καταπονούνται γρήγορα και οι ταχείες οξειδωτικές έχουν ενδιάμεση αντοχή στη κούραση. Είναι επιστημονικά αποδεδειγμένο πως δεν υπάρχει μυς που αποτελείται από ίνες ενός μόνο τύπου. Η αναλογία του κάθε είδους εξαρτάται από τις ιδιότητες των μυών. Λόγου χάρι οι μύες της ράχης πρέπει να λειτουργούν υπομέγιστα για αρκετό χρονικό διάστημα, χωρίς να κουράζονται (πολλές βραδείες οξειδωτικές ίνες), οι μυς του χεριού παράγουν μεγάλη τάση σε μικρό χρόνο, κατά την άρση αντικειμένων (πολλές ταχείες γλυκολυτικές) και οι μύες του κάτω άκρου ανταποκρίνονται σε τρέξιμο μεσαίων αποστάσεων (πολλές ταχείες οξειδογλυκολυτικές ίνες) (Vander's, 2016).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ατόμων στην κατανομή των ινών, αλλά όχι εμφανείς διαφορές στο φύλο ή την ηλικία. Ένα μέσο άτομο με καθιστικές συνήθειες κατέχει κατά 50% ίνες τύπου I. Από την άλλη πλευρά αθλητές ισχύος (δρομείς ταχύτητας) γενικά έχουν μεγαλύτερο ποσοστό ταχέων ινών, ενώ οι αθλητές αντοχής (πχ. μαραθωνοδρόμοι) τυπικά έχουν μεγάλα ποσοστά βραδέων ινών. Επιπλέον μέσω της τακτικής άσκησης οι βιοχημικές και συσταλτές ιδιότητες των μυϊκών ινών μπορούν να τροποποιηθούν και έτσι οι ταχείες ίνες να μετατραπούν σε βραδείες. Τέλος ο τύπος των μυϊκών ινών που κυριαρχεί παίζει ρόλο στην αθλητική απόδοση και υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ αθλητών που συναγωνίζονται στο ίδιο άθλημα (Powers and Howley, 2018).

## 1.4 ΕΙΔΗ ΜΥΙΚΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ

Το μέγεθος της μυϊκής τάσης και του φορτίου που ασκείται στον μυ καθορίζουν εάν η παραγόμενη δύναμη θα προκαλέσει βράχυνση ή όχι του μυός. Κατά την κίνηση του σώματος φυσιολογικά συμβαίνουν τρία είδη μυϊκής συστολής, τα οποία είναι:

- 1) Η ισομετρική ή στατική συστολή, κατά την οποία η τάση που παράγεται δεν επαρκεί για να προκαλέσει ούτε βράχυνση, ούτε επιμήκυνση στον μυ, δηλαδή το μήκος του παραμένει σταθερό και δεν παράγεται μηχανικό έργο. Παράδειγμα τέτοιας εκούσιας ισομετρικής δράσης είναι η ανύψωση βάρους και η διατήρηση του αγκώνα σε σταθερή μερική κάμψη (Πλέσσας, 2010). Αυτού του είδους η συστολή είναι συχνή στους στηρικτικούς μυς του σώματος, οι οποίοι συμβάλλουν στη στατική διατήρηση του, στην όρθια ή καθιστή θέση (Powers and Howley, 2018).
- 2) Η ισοτονική ή δυναμική είναι η σύσπαση του μυός, κατά την οποία το μήκος του μεταβάλλεται και κατά συνέπεια παράγεται μηχανικό έργο. Αναφέρεται και ως ετερο-τονικο-μετρική σύσπαση, καθώς δεν είναι μια καθαρή ισοτονική σύσπαση, λόγω μεταβολής του μήκους και της δύναμης του μυ (Πλέσσας, 2010). Στις περισσότερες δραστηριότητες ή αθλήματα οι κινήσεις μερών του σώματος και συνεπώς οι έντονες μυϊκές δράσεις αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση τους. Υπάρχουν δύο είδη συσπάσεων που εκτελούνται κατά τη δυναμική άσκηση, η σύγκεντρη και η έκκεντρη. Εάν κατά τη διάρκεια της σύσπασης ο μυς επιμηκύνεται, τότε πρόκειται για έκκεντρη σύσπαση, ενώ αν το μήκος του μειώνεται (βράχυνση), τότε ονομάζεται σύγκεντρη σύσπαση και η εσωτερική μυϊκή ροπή υπερβαίνει την εξωτερική ροπή (φορτίο). Χαρακτηριστικό παράδειγμα έκκεντρης συστολής είναι το βαθύ κάθισμα, κατά το οποίο οι εκτεινόμενοι μυς του γόνατος χαμηλώνουν το σώμα και δρουν έκκεντρα. Αυτή η δράση δεν γίνεται ενεργητικά, αλλά είναι αποτέλεσμα εξωτερικών δυνάμεων (φορτίο-βάρος σώματος) που ασκούνται στον μυ (Vander's, 2016).

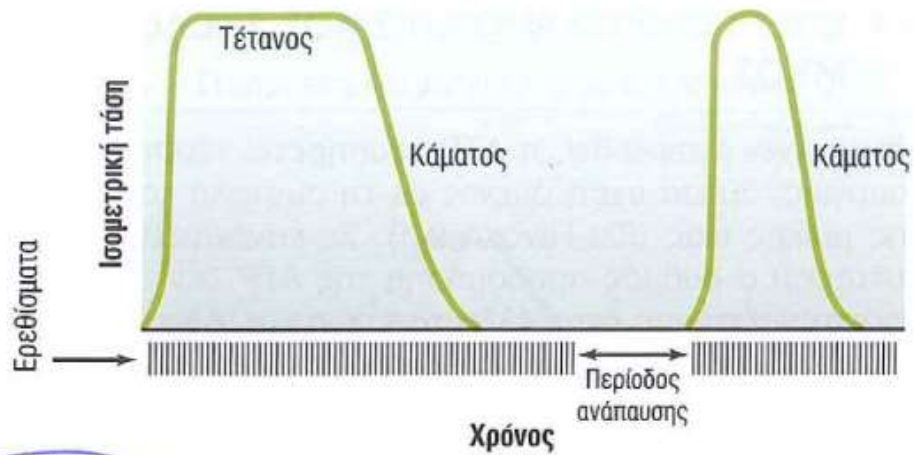


**Εικόνα 5- ΕΙΔΗ ΜΥΙΚΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ (Balletly.gr)**

## **1.5 ΜΥΙΚΟΣ ΚΑΜΑΤΟΣ**

Ο μυϊκός κάματος επέρχεται ως συνέπεια παρατεταμένου χρόνου ερεθισμού ενός μυ και όταν είναι πλήρης ελαττώνεται η ερεθιστότητα, η αγωγιμότητα και η συσπαστικότητα του μυός (Πλέσσας, 2010). Παρόλο που η μυϊκή ίνα συνεχίζει να δέχεται επαναλαμβανόμενη διέγερση, η τάση και η ταχύτητα συστολής μειώνονται και ο ρυθμός χαλάρωσης γίνεται πιο αργός. Ο τύπος των σκελετικών ινών, η ένταση και η διάρκεια της συστολής και η φυσική κατάσταση του ατόμου αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τόσο την έναρξη, όσο και τον ρυθμό ανάπτυξης της κόπωσης. Φυσικά ο μυς, ο οποίος έχει υποστεί κάματο, μπορεί να συσταλθεί ξανά εάν πρώτα ξεκουραστεί. Ο ρυθμός επανάκαμψης εξαρτάται από τη διάρκεια και την ένταση της δραστηριότητας που έχει προηγηθεί. Σε ασκήσεις υψηλής έντασης και βραχείας διάρκειας, όπως η άρση βαρών ή σε άσκηση που διαρκεί περίπου 60sec (δρόμος ταχύτητας 400μέτρων), οι μυϊκές ίνες διεγείρονται συνεχώς με υψηλή συχνότητα, η ροή του αίματος σταματά λόγω συμπίεσης των αγγείων και συνεπώς η κόπωση επέρχεται γρήγορα. Παρόλα αυτά η αποκατάσταση πραγματοποιείται το ίδιο γρήγορα. Από την άλλη πλευρά σε ήπιας έντασης και μεγάλης διάρκειας άσκηση, όπως σε δρόμους μεγάλων αποστάσεων, ο κάματος επέρχεται με πιο αργό ρυθμό. Η

ανάκαμψη σε αυτού του είδους την άσκηση θα επέλθει σε μερικά λεπτά έως αρκετές ώρες (Vander's, 2016).



**Σχήμα 9.23** Μυϊκός κάματος κατά τη διάρκεια παρατεταμένου ισομετρικού τετάνου και επανάκαμψη ύστερα από μια περίοδο ανάπαυσης.

**Εικόνα 6-ΜΥΙΚΟΣ ΚΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΚΑΜΨΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΑΝΑΠΑΥΣΗ (Vander's,2016 p.340)**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>:ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ**

### **2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ**

Το άλγος ορίζεται ως μια δυσάρεστη αισθητηριακή και συγκινησιακή εμπειρία λόγω κάποιας πραγματικής, δυνητικής, ιστικής βλάβης. Πρόκειται για μια από της ειδικότητες της αίσθησης (πχ. πόνος, αφή, πίεση, θερμότητα). Το αίσθημα του πόνου εμφανίζεται σε όλο το σώμα, όπως το δέρμα, τους πιο εν τω βάθει ιστούς του σώματος και τα σπλάχνα. Πρόκειται για ένα υποκειμενικό αίσθημα και συνήθως η εντόπιση του στο σώμα δεν είναι ακριβής (Πλέσσας, 2010). Σε κάποιους ιστούς όπως ο μυϊκός, υπάρχουν εξειδικευμένοι αισθητικοί υποδοχείς, οι αλγοϋποδοχείς, οι οποίοι ενεργοποιούνται όταν κάποιο επιβλαβές ερέθισμα δημιουργηθεί στους περιφερικούς ιστούς. Αυτή η αισθητηριακή πληροφορία επεξεργάζεται στη περιοχή του σωματοαισθητικού φλοιού του εγκεφάλου και καθορίζεται η αναγνώριση, η αντίληψη και η εντόπιση του ερεθίσματος. (Kandel et al.,2006). Η προσαρμογή των αλγοϋποδοχέων είναι χαμηλή και έτσι οι ώσεις μεταφέρονται στο ΚΝΣ για όσο χρόνο υπάρχει το ερέθισμα που προκαλεί τη διέγερσή τους. Ο μυϊκός κάματος, οι μυϊκοί σπασμοί και η ανεπαρκής αιμάτωση ενός οργάνου μπορούν επίσης να επιφέρουν πόνο. Οι αλγοϋποδοχείς έχουν υψηλή ουδό ερεθιστότητας, επομένως η διέγερση τους από μεγάλο αριθμό ερεθισμάτων, είναι τόσο μεγάλης έντασης ώστε να προκαλείται βλάβη στους ιστούς, γι' αυτό αποκαλούνται και βλαβοϋποδοχείς. Η άρση του άλγους στην καθημερινή πράξη μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της συμπίεσης, της ψύξης και των φαρμάκων (αναλγητικά), τα οποία μειώνουν την ερεθιστότητα του νεύρου (Πλέσσας, 2010).

### **2.2 ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ**

Ο ασκησιογενής μυϊκός πόνος είναι ένα αρκετά συχνό φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται ως συνέπεια ασυνήθιστης άσκησης σε αγύμναστα άτομα, όταν μετά από χρόνια καθιστικής ζωής αρχίζουν να γυμνάζονται απότομα με μεγάλες επιβαρύνσεις. Ακόμα παρατηρείται και σε αθλητές κατά την έναρξη μιας νέας αθλητικής περιόδου, όταν επιστρέφουν σε κανονικό ρυθμό προπονήσεων μετά από τραυματισμό, μετά από

εξαντλητική προπόνηση ή όταν αλλάζει το είδος των προπονήσεων. Είναι μάλιστα γνωστό πως οι απαιτήσεις της σύγχρονης αθλητικής δραστηριότητας είναι αυξημένες, ιδίως σε επαγγελματίες αθλητές, οδηγώντας έτσι σε συνθήκες υπερπροπόνησης και επομένως σε μυϊκούς τραυματισμούς (Hotfiel et al., 2018). Συνωδά συμπτώματα του πόνου αυτού είναι η μυϊκή αδυναμία, η δυσκαμψία, το «πιάσιμο» των μυών και γενικότερα επώδυνα ερεθίσματα κατά τη μυϊκή συστολή. Η αίσθηση αυτή μπορεί να είναι προσωρινή, με διάρκεια λεπτών ή ωρών ή καθυστερημένη παραμένοντας για λίγες μέρες έως μια εβδομάδα (Κλεισούρας, 2004).

### **2.3 ΠΡΟΣΩΡΙΝΟΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ**

Ο προσωρινός μυϊκός πόνος παρατηρείται με το πέρας εξαντλητικής προπόνησης, η διάρκεια του είναι περίπου δύο ώρες και βασική του συνέπεια είναι η μειωμένη ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης. Η ένταση του πόνου δεν είναι υπερβολικά μεγάλη, όμως μπορεί να επιδεινωθεί με την συνέχιση της άσκησης ή να επέλθει ανακούφιση του ασθενούς με τη διακοπή της. Ο προσωρινός πόνος οφείλεται στη συσσώρευση μεταβολικών απόβλητων στον μυϊκό ιστό και ιδίως κατιόντων υδρογόνου ( $H^+$ ), τα οποία είναι υπεύθυνα για την αυξημένη παραγωγή γαλακτικού οξέος. Επιπλέον μια ακόμη αιτία ερεθισμού των νευρικών απολήξεων και επομένως προσωρινού πόνου είναι η δημιουργία οιδήματος λόγω της μεταφοράς ιόντων καλίου ( $K^+$ ) στο εξωκυττάριο περιβάλλον. Συγκεκριμένα ο πόνος ονομάζεται ισχαιμικός, καθώς οφείλεται στη απόφραξη της κυκλοφορίας που προκαλείται κατά την υπομέγιστη μυϊκή προσπάθεια. Η έναρξη και ένταση του καθορίζονται από τη μεταβολική δραστηριότητα, διότι όσο πιο έντονη είναι, τόσο πιο γρήγορη είναι η εμφάνιση του πόνου. Έχει φανεί πως όσο πιο μεγάλη είναι η μυϊκή προσπάθεια που καταβάλλεται, τόσο μεγαλύτερες είναι και οι μεταβολικές απαιτήσεις του οργανισμού, άρα τόσο πιο γρήγορα εμφανίζεται ο πόνος. Τέλος χαρακτηρίζεται από μια έντονη αίσθηση καψίματος, ενώ η ανακούφιση από αυτόν επέρχεται με την διακοπή της άσκησης (Κλεισούρας, 2004).

## 2.4 ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΣ ΜΥΙΚΟΣ ΠΟΝΟΣ

Ο Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (ΚΜΠ) είναι αποτέλεσμα ασυνήθιστης ή έντονης έκκεντρης άσκησης και ως μέτριου βαθμού τραυματισμός, είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επιδρά αρνητικά στην αθλητική απόδοση. Τα κλινικά συμπτώματα περιλαμβάνουν δυσφορία στο σημείο της ζημιάς, μείωση της μέγιστης παραγόμενης δύναμης του προσβεβλημένου μυ, μειωμένο και επώδυνο περιορισμό της κίνησης, δυσκαμψία, φλεγμονή, οίδημα και δυσλειτουργία των παρακείμενων αρθρώσεων. Κυμαίνονται από μέτρια μυϊκή ευαισθησία, που υποχωρεί με μέτριας έντασης δραστηριότητα, έως πόνο και ανικανότητα εκτέλεσης συγκεκριμένων κινήσεων. Αν και η ακριβής παθοφυσιολογία του παραμένει άγνωστη, ο βασικός μηχανισμός του είναι η καταστροφή των μυϊκών κυττάρων, η οποία οδηγεί σε περαιτέρω πρωτεϊνική αποδόμηση, απόπτωση και τοπική φλεγμονώδη αντίδραση. Στον DOMS οι αρχικές κλινικές εκδηλώσεις ξεκινούν 6-12 ώρες μετά την άσκηση που προκαλεί τη βλάβη (Exercise-Induced Muscle Damage -EIMD) και αυξάνονται προοδευτικά μέχρι να φτάσουν το μέγιστο επίπεδο πόνου 48-72 ώρες μετά την EIMD. Έπειτα τα συμπτώματα μειώνονται μέχρι να εξαφανιστούν 5-7 ημέρες αργότερα (Hotfiel et al., 2018).

## 2.5 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΤΟΥ DOMS

Προκειμένου να εξηγηθεί το φαινόμενο του ασκησιογενούς μυϊκού πόνου, έχουν πραγματοποιηθεί πλήθος επιστημονικών ερευνών, όμως μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί κάποιος συγκριμένος αλγογόνος παράγοντας. Αν και έχουν αναπτυχθεί ορισμένες θεωρίες που εξηγούν τον μηχανισμό πρόκλησης του ΚΜΠ, ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων θεωριών αποτελεί μια πιο σωστή εξήγηση του ασκησιογενούς πόνου. Οι θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί είναι:

- Θεωρία του γαλακτικού οξέος
- Θεωρία του μυϊκού σπασμού
- Θεωρία της βλάβης του συνδετικού ιστού
- Θεωρία της μυϊκής βλάβης
- Θεωρία της φλεγμονής

- Θεωρία της εκροής ενζύμων

(Cheung et al.,2003).

#### **ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ:**

Αυτή η θεωρία στηρίζεται στην υπόθεση πως η παραγωγή γαλακτικού οξέος συνεχίζει και μετά το πέρας της άσκησης. Υπάρχει η άποψη ότι η συσσώρευση τοξικών μεταβολικών αποβλήτων προκαλεί ένα επιβλαβές ερέθισμα και επομένως σε καθυστερημένο στάδιο γίνεται αντιληπτός ως ασκησιογενής πόνος. Παρόλα αυτά η θεωρία έχει απορριφθεί επανειλημμένως, καθώς κατά τις σύγκεντρες συστολές έχουν παρατηρηθεί πιο υψηλά επίπεδα μεταβολισμού, τα οποία όμως δεν συνοδεύονται από παρόμοια επίπεδα ΚΜΠ (Asmussen, 1956). Επιπλέον τα επίπεδα γαλακτικού οξέος επιστρέφουν στα προ της άσκησης επίπεδα μέσα στην πρώτη κιόλας ώρα μετά την άσκηση, καθώς και οι μετρήσεις του γαλακτικού οξέος στο αίμα πριν την άσκηση ή κατά τη διάρκεια της άσκησης έως και 72 ώρες μετά, δεν φανερώνουν κάποια συσχέτιση των επιπέδων του γαλακτικού και του αντιλαμβανόμενου πόνου (Schwane et al.,1983). Συνεπώς η συσσώρευση του γαλακτικού οξέος μπορεί να συσχετισθεί με τον οξύ πόνο λόγω της κόπωσης μετά από έντονη άσκηση, αλλά δεν μπορεί να υποστηριχθεί η σχέση της με τον καθυστερημένο πόνο που εμφανίζεται σε 24-48 ώρες μετά (Cheung et al., 2003).

#### **ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΜΥΙΚΟΥ ΣΠΑΣΜΟΥ:**

Η θεωρία του μυϊκού σπασμού είχε προταθεί όταν παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα μυϊκής διέγερσης σε κατάσταση ηρεμίας μετά από έκκεντρη άσκηση. Σε κατάσταση ηρεμίας η αυξημένη μυϊκή διέγερση προκαλεί έντονο και τοπικά εστιασμένο σπασμό των μυϊκών κινητικών μονάδων. Ως συνέπεια του σπασμού συμπιέζονται τα τοπικά αιμοφόρα αγγεία, προκαλείται ισχαιμία και συσσωρεύονται αλγογόνες ουσίες. Έτσι δημιουργείται ένας φαύλος κύκλος, καθώς περαιτέρω ερεθισμός των νευρικών απολήξεων του πόνου, προκαλεί αντανακλαστικούς μυϊκούς σπασμούς και συνεπώς παρατεταμένη ισχαιμία (Cheung et al., 2003).



## **ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΒΛΑΒΗΣ ΤΟΥ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ:**

Αυτή η θεωρία εξετάζει τον ρόλο του συνδετικού ιστού που περιβάλλει τις μυϊκές δέσμες. Η ποσότητα καθώς και η σύσταση του συνδετικού ιστού δεν είναι η ίδια ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους μυϊκών ινών. Συγκεκριμένα οι βραδείες ίνες (τύπου I) παρουσιάζουν μια πιο σφριγηλή δομή σε σχέση με τις ταχείες ίνες (τύπου II). Συνεπώς οι ταχείες ίνες είναι πιο επιρρεπείς σε τραυματισμό διατασιογενή τύπου συγκριτικά με τις βραδείες, γεγονός που οδηγεί στην εμφάνιση ΚΜΠ, λόγω της υπερβολικής διάτασης του συνδετικού ιστού. Επιπλέον η θεωρία αυτή υποστηρίζεται από μετρήσεις της αποβολής υδροξυπρολίνης (HP) και υδροξυλυσίνης (HL) στα ούρα μετά από άσκηση. Αυτά τα δύο αμινοξέα αποτελούν συστατικά ώριμου κολλαγόνου ιστού και η παρουσία τους στα ούρα υποδεικνύει καταβολισμό του κολλαγόνου λόγω υπερβολικής λειτουργίας ή κάποιας κάκωσης. Επομένως η παρουσία τους αντανακλά είτε αυξημένη σύνθεση ή καταβολισμό του κολλαγόνου και η απέκκριση των HP και HL μετά από άσκηση δεν είναι σαφή (Cheung et al., 2003).

## **ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΥΙΚΗΣ ΒΛΑΒΗΣ:**

Η συγκεκριμένη θεωρία αποδίδει τον ΚΜΠ στην ύπαρξη κάποιου είδους ρήξης μέσα στον μυ. Στις μέρες μας από βιοψίες και μορφολογικές αναλύσεις των μυών έχει φανεί πως η επιμήκυνση των μυϊκών ινών κατά την έκκεντρη άσκηση οδηγεί σε αποδιοργάνωση της δομής μερικών σαρκομερίων. Πιο συγκεκριμένα η αποδιοργάνωση συμβαίνει στη ζώνη Z και μάλιστα στο μικροσκόπιο παρατηρείται μια διεύρυνση, κηλίδωση ακόμα και πλήρης ρήξη στο σημείο αυτό (Newham et al., 1986). Η πρόκληση ΚΜΠ ως αποτέλεσμα έκκεντρης άσκησης αποδίδεται στην αυξημένη τάση που αναπτύσσεται σε κάθε κινητική μονάδα. Είναι αποδεδειγμένο πως κατά την εκτέλεση παρόμοιου έργου έκκεντρης και σύγκεντρης άσκησης, στην έκκεντρη ενεργοποιούνται λιγότερες κινητικές μονάδες (επομένως λιγότερες μυϊκές ίνες) σε σχέση με τη μειομετρική άσκηση (Armstrong et al., 1984). Έτσι κατά την έκκεντρη άσκηση ο μικρός αριθμός κινητικών μονάδων πρέπει να παράξει μεγάλες δυνάμεις, με αποτέλεσμα οι μυϊκές ίνες να μην αντέχουν τόση επιβάρυνση και επομένως να δημιουργείται μυϊκή βλάβη και πόνος. Ακόμα αυτή η θεωρία

υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα ερευνών, οι οποίες μέτρησαν τα επίπεδα των ενζύμων σε διάφορες χρονικές στιγμές μετά την άσκηση. Η κρεατινική κινάση (CK) βρίσκεται αποκλειστικά μέσα στον μυ, επομένως η απελευθέρωση της στο πλάσμα του αίματος σε περίπτωση βλάβης στο σαρκείλημα, υποδεικνύει βλάβη του μυϊκού ιστού και ιδιαίτερα απώλεια της ακεραιότητας της κυτταρικής μεμβράνης (Cleak and Eston,1992). Τις πρώτες 24 ώρες μετά τη μυϊκή βλάβη από έκκεντρη άσκηση η συγκέντρωση της αυξάνεται, φτάνοντας τη μέγιστη τιμή της μετά από 4-8 ημέρες (Κλεισούρας, 2004). Υπάρχει ξεκάθαρη διαφορά μεταξύ των χρονικών στιγμών που τα επίπεδα CK στο ορό του πλάσματος και η εμφάνιση του πόνου φτάνουν τη μέγιστη τιμή τους (έως και 5 ημέρες). Επομένως αυτή η εκδοχή εξηγεί μερικώς την εμφάνιση του ΚΜΠ (Cheung et al., 2003).

#### **ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΦΛΕΓΜΟΝΗΣ:**

Η θεωρία αυτή βασίζεται στην εμφάνιση στοιχείων φλεγμονώδους απόκρισης, όπως είναι το οίδημα και η διήθηση φλεγμονωδών κυττάρων, έπειτα από συνεχείς έκκεντρες μυϊκές συστολές. Μετά από έναν τραυματισμό τα πρωτεολυτικά ένζυμα που περιέχονται στις μυϊκές ίνες, καταβολίζουν τις λιποειδικές και πρωτεϊνικές δομές των κυττάρων. Αυτή η ταχεία διάσπαση του μυϊκού και συνδετικού ιστού που έχει τραυματιστεί σε συνδυασμό με τη συσσώρευση βραδυκινίνης, ισταμίνης και προσταγλανδινών προσελκύει κύτταρα του αίματος (ουδετερόφιλα και μονοκύτταρα) στο σημείο της βλάβης (Hasson et al.,1993). Ως αποτέλεσμα της αύξησης της διαπερατότητας της μεμβράνης μετά από έκκεντρη άσκηση, εισρέει στον μυ ένα πρωτεϊνικό υγρό (εξίδρωμα). Έτσι λόγω της ωσμωτικής πίεσης που δημιουργείται, ενεργοποιούνται οι τύπου IV νευρικές απολήξεις και προκαλείται το αίσθημα του πόνου. Επομένως τα μονοκύτταρα που έχουν μετατραπεί σε μακροφάγα και έχουν συσσωρευτεί στο σημείο της βλάβης, εκκρίνουν ουσίες οι οποίες ευαισθητοποιούν τους αισθητικούς νευρώνες (τύπου II και IV) μεταξύ 24 και 48 ωρών (Cheung et al., 2003).

## **ΘΕΩΡΙΑ ΕΚΡΟΗΣ ENZYMΩΝ:**

Η θεωρία της εκροής ενζύμων βασίζεται στην συσσώρευση ασβεστίου στους μύες μετά από βλάβη στο σαρκείλημα αντί να αποθηκεύεται στο σαρκοπλασματικό δίκτυο, όπως θα έπρεπε να συμβαίνει φυσιολογικά. Αυτή η συσσώρευση Ca εμποδίζει την κυτταρική αναπνοή στα μιτοχόνδρια, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η αναγέννηση του ATP, το οποίο απαιτείται για την επιστροφή του ασβεστίου στο σαρκοπλασματικό δίκτυο. Επιπλέον η προσ αύξηση του Ca στον μυ διεγείρει πρωτεάσες και φωσφολιπάσες, οδηγώντας σε μεγαλύτερο τραυματισμό του σαρκείληματος, λόγω της παραγωγής λευκοτριενίων και προσκεφαλαδίων και της διάσπασης των πρωτεϊνών του σαρκομεριδίου. Η διάσπαση των πρωτεϊνών των ήδη εξασθενημένων Z ζωνών αυξάνεται και ενεργοποιούνται μέσω χημικού ερεθισμού οι νευρικές απολήξεις πόνου (Cheung et al., 2003).

## **2.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ DOMS ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ**

Κατά τη διάρκεια έκκεντρου τύπου αθλητικής δραστηριότητας εκτός από το άλγος, συμβαίνουν και ορισμένες μυϊκές και συνδεσμικές δομικές βλάβες, οι οποίες μεταβάλουν τη μυϊκή λειτουργία και τη μηχανική συμπεριφορά των αρθρώσεων (Rowlands et al., 2001). Αυτές οι προσαρμογές θα επηρεάσουν την απόδοση των αθλητών υψηλού επιπέδου και θα τους αναγκάσουν να εκτελέσουν προπόνηση με χαμηλότερη ένταση από την απαιτούμενη. Επίσης σε περιόδους ΚΜΠ συχνά οι αθλητές δεν αντιλαμβάνονται τις προσωρινές βλάβες που έχουν προκληθεί, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος τραυματισμού. Μάλιστα δυο από τους παράγοντες της αθλητικής απόδοσης που μειώνονται λόγω του ΚΜΠ, είναι η νευρομυϊκή απόδοση και η ιδιοδεκτικότητα των αρθρώσεων. Καθώς η ιδιοδεκτικότητα εξαρτάται από τους προσαγωγούς υποδοχείς που βρίσκονται στους σκελετικούς μυς και τους τένοντες, υποστηρίζεται ότι έχει προκληθεί μυϊκή βλάβη κατά την έκκεντρη άσκηση (Cheung et al., 2003). Ακόμα ο ΚΜΠ επηρεάζει την κινηματική των αρθρώσεων, μέσω περιορισμού του ROM και της δυσκαμψίας των μυών, τα οποία δεν αποδίδονται στην αυξημένη μυϊκή δραστηριότητα, αλλά στον αυξημένο «πρήξιμο» των επηρεασμένων ιστών και συγκεκριμένα εντός του

περιμύιου και στη μυοτενόντια ένωση (Howell et al.,1985). Αυτή η διόγκωση είναι χαρακτηριστική της οξείας φλεγμονώδους απάντησης στον μυϊκό τραυματισμό. Επιπλέον ένας παράγοντας που επηρεάζεται είναι η μυϊκή δύναμη, της οποίας η απώλεια συνήθως κορυφώνεται 24-48 ώρες μετά την EIMD και η διάρκεια της μπορεί να φτάσει τις 8-10 ημέρες, ώστε να επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα (Ebbeling and Clarkson, 1989). Λόγω αυτής της προσαρμογής ίσως υπάρξουν σημαντικές επιπτώσεις στους αθλητές, καθώς μια μεταβολή στη δύναμη αγωνιστών και ανταγωνιστών μυϊκών ομάδων μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο τραυματισμού (Orchard et al.,1997). Τέλος η βλάβη μυϊκού και συνδετικού ιστού κατά τη διάρκεια έκκεντρης άσκησης ίσως οδηγήσει σε αλλαγές των πατέντων στρατολόγησης ή σε αλλαγές στη χρονική αλληλουχία των πατέντων μυϊκής ενεργοποίησης. Αυτές οι τροποποιήσεις είναι σημαντικές καθώς προκαλούν αλλαγές στη μυϊκή συναρμογή και στη τμηματική κίνηση (Cheung et al.,2003).

Συμπερασματικά παρόλο που ο ΚΜΠ θεωρείται ένας υποκλινικός τραυματισμός που ξεπερνιέται μόνος του με το πέρασμα του χρόνου, είναι εξίσου σημαντικό να αναφερθούν οι παράγοντες κινδύνου που μπορεί να μετατρέψουν τον ΚΜΠ σε έναν επώδυνο και σοβαρό τραυματισμό. Αρκετοί αθλητές σε περιόδους έντονου «πιασίματος» εξακολουθούν να κάνουν προπονήσεις προκειμένου να βελτιώσουν ή να διατηρήσουν το επίπεδο της φυσικής κατάστασης ή απόδοσης, υποστηρίζοντας την φράση “no pain, no gain”, κάτι που φυσικά έρχεται σε αντίθεση με την ξεκούραση των μυών που έχουν υποστεί βλάβη. Αυτή η συμπεριφορά μπορεί να καταστεί καταστροφική για τους ιστούς που έχουν εξασθενήσει και για οποιαδήποτε ιστική δομή δεν έχει εξοικειωθεί και προσπαθεί να ανταπεξέλθει σε μία κατάσταση μειωμένης λειτουργικής ικανότητας. Επομένως σε περίπτωση ΚΜΠ πριν την επιστροφή τον αθλητισμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Το μειωμένο εύρος κίνησης των αρθρώσεων. Η ανεπαρκής απορρόφηση των κραδασμών επιβαρύνει τις αρθρώσεις και ως αντιστάθμιση η αυξημένη απορρόφηση κραδασμών μετατοπίζεται σε παρακείμενες αρθρώσεις, με συνέπεια την παραγωγή ασυνήθιστων διατακτικών δυνάμεων σε άλλους μυς, αρθρώσεις, συνδέσμους και τένοντες (Cheung et al.,2003).
- Τη μειωμένη ικανότητα παραγωγής δύναμης του τραυματισμένου τμήματος ενός μυ, θα ενεργοποιήσει αντισταθμιστικά μη τραυματισμένο τμήμα του

ίδιου μυός ή άλλων μυών και θα προκαλέσει επιπλέον ασυνήθιστο στρες στους συναγωνιστές μυς.

- Τη μεταβολή του λόγου των δυνάμεων μεταξύ αγωνιστριών και ανταγωνιστριών μυϊκών ομάδων, θα αυξήσει το ρίσκο τραυματισμού (Orchard et al.,1997).
- Μια εσφαλμένη αντίληψη της βλάβης μπορεί να οδηγήσει σε επιστροφή ενός ατόμου σε υψηλής έντασης δραστηριότητες πριν την απαραίτητη ανάρρωση (Cheung et al.,2003).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : DOMS ΚΑΙ ΡΟΛΟΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

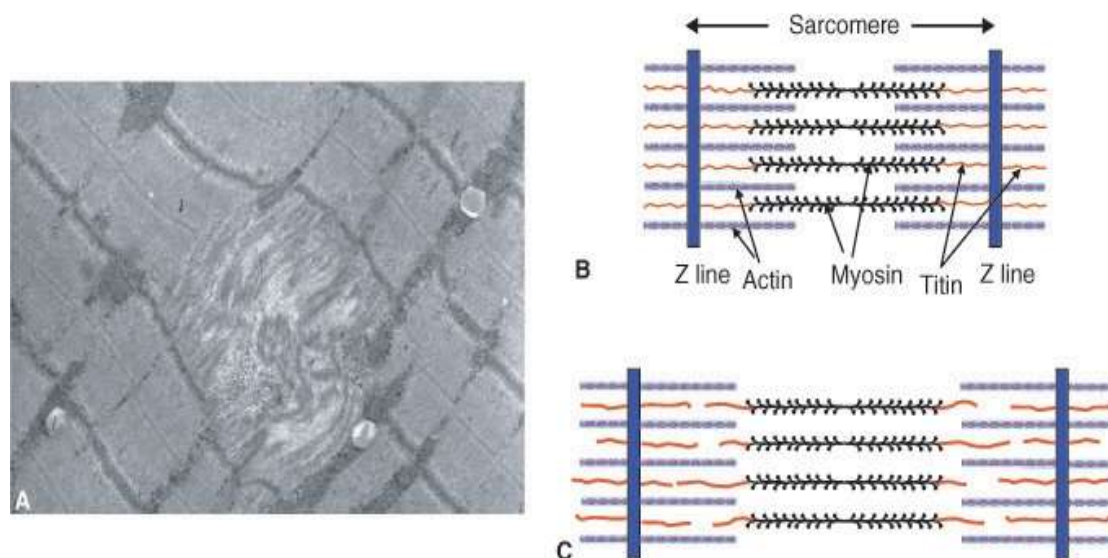
### **3.1 ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΣΥΣΤΟΛΗ**

Εάν και οι ακριβείς αιτίες που προκαλούν τον ΚΜΠ παραμένουν άγνωστες υποστηρίζεται πως ο βασικός μηχανισμός μυϊκής βλάβης οφείλεται στην έκκεντρη ή/και ασυνήθιστη αθλητική δραστηριότητα. Εάν και δεν είναι πάντα προφανές, οι έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις είναι αναπόσπαστο κομμάτι των καθημερινών μας κινήσεων και των αθλητικών δραστηριοτήτων. Οι σκελετικοί μύες συσπώνται έκκεντρα για να υποστηρίξουν το βάρος του σώματος εναντίον της βαρύτητας και να αποθηκεύσουν ελαστική ενέργεια, σαν προετοιμασία για τη σύγκεντρη (ή επιταχυνόμενη) συστολή. Αυτός ο τρόπος επιβράδυνσης μέσω των έκκεντρων συστολών τυπικά εκδηλώνεται στο κατηφορικό τρέξιμο ή στο κατέβασμα σκαλοπατιών, κατά τη διάρκεια των οποίων το έκκεντρο έργο των εκτεινόντων του γόνατος κυριαρχεί (Gault and Willems, 2013). Για μια δεδομένη γωνιακή ταχύτητα παράγονται μεγαλύτερες δυνάμεις κατά την έκκεντρη συστολή σε σύγκριση με άλλους τύπους σύσπασης. Επίσης οι έκκεντρες συστολές απαιτούν επιστράτευση λιγότερων κινητικών μονάδων, καταναλώνουν λιγότερο οξυγόνο και ενέργεια για την δύναμη που θα παραχθεί και απαιτούν μεταβολικό κόστος τέσσερις φορές μικρότερο σε σχέση με μια σύγκεντρη συστολή. Επιπλέον έρευνες αποδεικνύουν (μέσω μετρήσεων EMG) μειωμένη νευρική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια μέγιστων έκκεντρων συστολών, κάτι που οδηγεί σε χαμηλό έκκεντρο συντονισμό, καθώς ενεργοποιούνται λιγότερες μυϊκές μονάδες (Hoppeler, 2016).

### **3.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΣΥΣΤΟΛΗ**

Η έκκεντρη δραστηριότητα χαρακτηρίζεται από επιμήκυνση του μυ-τένοντα με ταυτόχρονη συστολή του μυ. Έτσι εάν το εξωτερικό φορτίο ξεπεράσει την ικανότητα του μυ να αντισταθεί ενεργητικά στο φορτίο, ο μυς αναγκάζεται να επιμηκυνθεί και παράγεται τάση. Οι διασταυρούμενες γέφυρες που σχηματίζονται κατά την έκκεντρη συστολή διαχωρίζονται με μεγαλύτερη δύναμη, λόγω της διαταραχής των δεσμών ακτίνης-μυοσίνης πριν την χαλάρωση. Συνεπώς αναπτύσσεται μεγαλύτερη τάση ανά

κινητική μονάδα και δημιουργείται μεγάλος κίνδυνος τραυματισμού της ευάλωτης μυοτενόντιας ένωσης. Οι έκκεντρες ασκήσεις προκαλούν μικροτραυματισμούς με υψηλότερη συχνότητα και σοβαρότητα σε σχέση με άλλα είδη μυϊκών δράσεων (Cheung et al.,2003). Στην πραγματικότητα από την βιοψία του έκκεντρα τραυματισμένου μυϊκού ιστού παρατηρείται απώλεια της ακεραιότητας των μυοϊνιδίων, αποδιοργάνωση των σαρκομερίων και κατά συνέπεια περαιτέρω πρωτεϊνική αποσύνθεση και τοπική φλεγμονώδη απάντηση (Paulsen et al.,2012).



Copyright © Elsevier 2004

#### **Εικόνα 7-ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ ΣΑΡΚΟΜΕΡΙΩΝ (ΑΠΟ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΑΡΧΕΣ ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΗΣ ΦΘ, ΠΑΝ. ΠΑΤΡΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ)**

Όσον αφορά την ανάπτυξη φλεγμονής, κάθε στάδιο είναι κρίσιμο για την λειτουργική αποκατάσταση του μυ μετά από EIMD. Η φλεγμονή θα εξασφαλίσει την απομάκρυνση των ιστικών απόβλητων από την τραυματισμένη περιοχή και θα ενθαρρύνει την μυϊκή ανακατασκευή ενεργοποιώντας τα μυϊκά κύτταρα. Με τα χρόνια πολλές έρευνες έχουν εστιάσει στην εμπλοκή ποικίλων τύπων ανοσοκυττάρων που αλληλεπιδρούν με τον μυ και έδωσαν έμφαση στον αδιαμφισβήτητο ρόλο των δορυφορικών κυττάρων στην μυϊκή αναγέννηση μετά από μια ακολουθία έκκεντρων ασκήσεων (Paulsen et al.,2012). Σε περίπτωση μέτριου έως σοβαρού EIMD, ιστολογικές μελέτες έχουν δείξει επανειλημμένα ότι τα ουδετερόφιλα διεισδύουν μέσα στον μυ και συσσωρεύονται στην προσβαλλόμενη περιοχή 1-24 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση (Paulsen et al.,2010). Επίσης είναι σημαντικό να σημειωθεί πως κατά τη διάρκεια της έκκεντρης άσκησης επιστρατεύονται περισσότερο οι γρήγορες

κινητικές μονάδες (Hedayatpour and Falla,2015), αποτελούμενες από τύπου II μυϊκές ίνες, οι οποίες είναι πιο εύθραυστες από του τύπου I. Έτσι ο μηχανισμός τραυματισμού που προκαλείται από την έκκεντρη άσκηση, οφείλεται στις υψηλότερες μυϊκές δυνάμεις που παράγονται από τις λιγότερο ενεργές και πιο εύθραυστες μυϊκές ίνες (Hotfiel et al.,2018). Επίσης έχει αποδειχθεί πως οι μυϊκές ίνες τύπου IIβ βλάπτονται περισσότερο μετά από έκκεντρη άσκηση συγκριτικά με τις ίνες τύπου I. Πολλές υποθέσεις εξηγούν την μεγάλη υποψία των τύπου II μυϊκών ινών για την άσκηση που προκαλεί μυϊκή βλάβη (EIMD) (Hody et al.,2019).

### 3.3 ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ

Πράγματι οι δύο καθοριστικές ιδιότητες της έκκεντρης συστολής που αναφέρθηκαν παραπάνω, «υψηλές δυνάμεις και χαμηλή ενεργειακή απαίτηση» καθιστούν αυτή τη συστολή μια συνετή εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών μυϊκών προπονήσεων. Έτσι επειδή μπορεί να εκτελεστεί μεγαλύτερος όγκος άσκησης με λιγότερο μεταβολικό και καρδιοαναπνευστικό κόστος, το έκκεντρο μυϊκό έργο αποτελεί μια υποσχόμενη προπονητική στρατηγική, όχι μόνο για να βελτιώσει την απόδοση των αθλητών, αλλά για να βοηθήσει στην διατήρηση της ικανότητας για άσκηση και της ποιότητας ζωής σε άτομα με μειωμένη ανοχή στη φυσική δραστηριότητα (πχ. των ηλικιωμένων ή των ασθενών με χρόνιες παθήσεις), (LaStayo et al., 2014). Εφόσον έχουν σημειωθεί μειωμένες καρδιοαναπνευστικές και αιμοδυναμικές αποκρίσεις μετά από έκκεντρη άσκηση συγκριτικά με την αντίστοιχη έντασης σύγκεντρη άσκηση (Meyer et al. 2003), η έκκεντρη προπόνηση προτείνεται αρκετά σε ασθενείς με καρδιοαναπνευστικά προβλήματα, σαρκοπενία λόγω ηλικίας, καχεξία, διαβήτη τύπου II, νευρολογικές και μυοσκελετικές παθήσεις (Julian et al 2018).

Καθώς οι έκκεντρες συστολές παραδοσιακά έχουν συσχετιστεί με την μυϊκή βλάβη, η συνταγογράφηση έκκεντρων προγραμμάτων άσκησης στην κλινική πρακτική είχε αποθαρρυνθεί για πολύ καιρό. Σήμερα είναι αποδεκτό ότι όταν η διάρκεια, η συχνότητα και η ένταση των συνεδριών έκκεντρης προπόνησης αυξάνονται προοδευτικά, οι βλαπτικές συνέπειες μπορούν να ελαχιστοποιηθούν ακόμα και να αποφευχθούν. Έτσι οι παρεμβάσεις έκκεντρης προπόνησης έχουν θεωρηθεί ως μια



ασφαλής και κατάλληλη εναλλακτική της παραδοσιακής προπόνησης με αντιστάσεις (Chen et al.,2013). Σημαντικά στοιχεία υποστηρίζουν ότι συγκριτικά με τις σύγκεντρες συστολές, η χρόνια εφαρμογή έκκεντρων συστολών οδηγεί σε μεγαλύτερα κέρδη σε δύναμη, μυϊκή μάζα και νευρικές προσαρμογές (Reeves et al.2009), καθώς πυροδοτεί μια βαθμιαία ενεργοποίηση γονιδίων υπεύθυνων για την κυτταρική ωρίμανση και ανάπτυξη, που εμπλέκονται στην διαδικασία υπερτροφίας των μυϊκών κυττάρων (Kostek et al., 2007). Ακόμα οι πλειομετρικές ασκήσεις, όπως η πτώση κατά το άλμα, χρησιμοποιείται συχνά για τη βελτίωση της ταχύτητας και της ικανότητας άλματος σε αθλητές (Hoppele, 2016). Λαμβάνοντας υπόψη τις ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή δύναμης και έργου, η έκκεντρη άσκηση θεωρείται ως πιο αποδοτική (Julian et al.,2018).

Όσον αφορά την πρόληψη τραυματισμών, η ισοκινητική αξιολόγηση της μυϊκής λειτουργίας, συγκεκριμένα μέσω του έκκεντρου τρόπου, έχει μεγάλη σημασία στον εντοπισμό των αθλητών με αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού πριν την έναρξη της σεζόν. Επίσης η εφαρμογή ελεγχόμενων έκκεντρων ασκήσεων σε αθλητές είναι αποτελεσματική για την πρόληψη αθλητικών τραυματισμών, όπως η θλάση στους οπισθίους μηριαίους μυς (Croiser et al. 2002) και του πόνου στον ώμο σε επαγγελματίες παίκτες πετοσφαίρισης (Forthomme et al.2013). Τέλος οι ασκούμενοι πρέπει να σέβονται θεμελιώδεις αρχές και να λαμβάνουν υπόψη σημαντικούς κανόνες ασφαλείας που αφορούν την εφαρμογή της έκκεντρης μυϊκής προπόνησης, ειδικά κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης εφαρμογής. Εξίσου σημαντικό είναι και οι επαγγελματίες της άσκησης να γνωρίζουν τις πιθανές επιβλαβείς επιπτώσεις της έκκεντρης σύσπασης, όπως και τους τρόπους πρόληψης της εμφάνισής τους

### **3.4 ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**

Για πολλά χρόνια ο έκκεντρος τρόπος προπόνησης έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στον αθλητισμό τόσο για τη βελτίωση της μέγιστης μυϊκής δύναμης και του μυϊκού συντονισμού, όσο και για την αποκατάσταση τραυματισμών. Η χρόνια έκκεντρη άσκηση έχει καταστεί ένας βασικός παράγοντας στην θεραπεία τενοντοπαθειών (Kaux et al. 2012) και ιδίως στον αχίλλειο, στον επιγονατιδικό και στον τένοντα του έξω επικονδύλου (tennis elbow). Η συνάφεια της έκκεντρης άσκησης με την

ενδυνάμωση των τενόντιων ιστών, δικαιολογείται από την διεγερτική επίδραση αυτής της άσκησης στη σύνθεση του κολλαγόνου και από την αυξημένη αιματική ροή γύρω από τα τενόντια κύτταρα μετά από έκκεντρη άσκηση (Guilhem et al.,2010). Η έκκεντρη παρέμβαση σε αντίθεση με ένα τυπικό πρόγραμμα αποκατάστασης έχει δείξει ότι είναι ασφαλής και αποδοτική μετά από ανακατασκευή του ΠΧΣ, καθώς έχει τεράστια βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα στη δύναμη, την απόδοση και στο επίπεδο δραστηριότητας μετεγχειρητικά.

Αναμφισβήτητα υπάρχουν στοιχεία ότι μια πρώτη περίοδος έκκεντρων ασκήσεων προσφέρει προστασία έναντι της EIMD, όταν ακολουθείται από μια επόμενη περίοδο παρόμοιας άσκησης, ονομαζόμενη «επίδραση επαναλαμβανόμενης περιόδου» (Repeated Bout Effect- RBE). Έχει φανεί ότι οι επαναλαμβανόμενες περιόδους της «μη βλαπτικής» έκκεντρης άσκησης μπορεί να παραχωρήσουν προστατευτικές προσαρμογές έναντι των περιόδων μέγιστης έκκεντρης άσκησης και επομένως να αποτρέψουν περαιτέρω ΚΜΠ (Hoppeler, 2016). Ο ΚΜΠ και οι λειτουργικές συνέπειες που σχετίζονται με την EIMD συχνά διακόπτουν την διαδικασία αποκατάστασης και/ή των προπονητικών προγραμμάτων. Παρόλα αυτά μια αρχική φάση που αποτελείται από υπομέγιστες μυϊκές ενεργοποιήσεις με σταδιακή φόρτιση σε πολλαπλές συνεδρίες πρέπει να εφαρμοστεί για να «εισάγει» τα άτομα στην έκκεντρη προπόνηση. Ένα 3-εβδομάδων σταδιακά αυξανόμενο έκκεντρο πρωτόκολλο είναι αποδοτικό στην προαγωγή της μυϊκής υπερτροφίας χωρίς την παρουσία αποδεδειγμένων σημείων μυϊκής βλάβης (Flann et al.2011). Μια περίοδος 2-4 ημερών μεταξύ του ερεθίσματος έκθεσης και των σταδιακά υψηλότερων βαρών έχει προταθεί ως βέλτιστη (Hoppeler,2016). Η διάρκεια της άσκησης γενικά αυξάνεται από 5-10 λεπτά σε 20-30 λεπτά με την πάροδο των συνεδριών. Μια προπονητική συχνότητα των δύο συνεδριών την εβδομάδα φαίνεται να αποτελεί το ελάχιστο όριο για την πρόκληση μετρήσιμων οφελών (Mueller et al.2009).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΚΛΙΝΙΚΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ DOMS**

### **4.1 ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ**

Γενικά μια προσεκτική κλινική εξέταση μέσω της επισκόπησης, της ψηλάφησης και της λειτουργικής αξιολόγησης των επηρεασμένων μυϊκών ομάδων παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την έκταση και την σοβαρότητα του μυοσκελετικού τραυματισμού, όπως σε περιπτώσεις ΚΜΠ. Ο πόνος στον ΚΜΠ κατά την κλινική εξέταση μπορεί να είναι αποτέλεσμα μυϊκής συστολής, διάτασης, ψηλάφησης ή και εφαρμογής εξωτερικής πίεσης. Επίσης ο κλινικός μπορεί να ψηλαφήσει αυξημένο μυϊκό τόνο τοπικά ή σε μια περιφερικότερη περιοχή. Συνωδά συμπτώματα του ΚΜΠ που θα παρατηρηθούν, είναι μια τοπική μυϊκή ευαισθησία κατά τη ψηλάφηση, μειωμένο ROM των παρακείμενων αρθρώσεων σε ενεργητική και παθητική κινητοποίηση, μειωμένη παραγωγή δύναμης κατά την εκτέλεση μυϊκού τεστ και μια γενικότερη κόπωση του εξεταζομένου (Hotfiel et al.,2018).

### **4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ - ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ**

Ο ΚΜΠ συσχετίζεται με αυξημένη συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης (CK) στον ορό αίματος, ως αποτέλεσμα της αυξημένης καταστροφής μυϊκών ινών. Επομένως η αύξηση της αποτελεί έμμεσο δείκτη μυϊκής βλάβης. Αυτές οι διαδικασίες οφείλονται στη μηχανική καταπόνηση των μυϊκών ινών που προκαλεί η έκκεντρη άσκηση ή σε μεταβολικές αιτίες, όπως η εξάντληση του γλυκογόνου (Hotfiel et al.,2018). Συμπληρωματικά με την CK, αξιολογείται μια μεγάλη ποικιλία διαφόρων βιοδεικτών. Η ιντερλευκίνη 6 (IL-6) και η C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (CRP) είναι οι πιο συχνοί εκτιμώμενοι δείκτες, οι οποίοι αυξάνονται κατά την φλεγμονή μέσα στον τραυματισμένο ιστό (Del Giudice and Gangestd,2018). Η αντιφλεγμονώδη πρωτεΐνη Pentraxin-3 (PTX-3) έχει βρεθεί ότι αυξάνεται μετά από μια έντονη ακολουθία μέγιστης αερόβιας άσκησης και ασκήσεων αντίστασης (Miyaki et al.,2012). Ως ένα ένζυμο που κυρίως υπάρχει στο κυτταρόπλασμα, η LDH μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης που υποδηλώνει μυϊκή βλάβη. Παρόλα αυτά τα αυξημένα επίπεδα CK, CRP,IL-6, PTX-3 και LDH δεν είναι συγκεκριμένα. Έτσι ο κλινικός προσδιορισμός

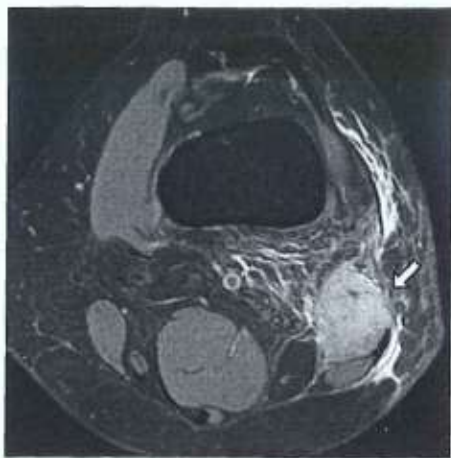
πρέπει να κρατηθεί στο πλαίσιο παρακολούθησης με την πάροδο του χρόνου ή ακόμα και στο πλαίσιο των επιστημονικών θεμάτων (Tunc-Ata et al.,2017).

### **4.3 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **4.3.1 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ (MRI)**

Η απεικόνιση του μυϊκού ιστού είναι απαραίτητη για μια έγκυρη αξιολόγηση της σοβαρότητας της βλάβης του μυϊκού ιστού και των οστικών δομών, ιδιαίτερα σε επαγγελματίες αθλητές (Flores et al.,2018). Έχουν περιγραφεί ορισμένοι τρόποι διαγνωστικής απεικόνισης του ΚΜΠ στη βιβλιογραφία αλλά μέχρι τώρα, η MRI έχει αναφερθεί ως η προτιμότερη μέθοδος. Προσφέρει λεπτομερή ανάλυση εικόνας, με υψηλή αντίθεση μεταξύ των μαλακών ιστών και άρα χαρακτηρισμό αυτού του είδους της μυϊκής κάκωσης (Fulford et al.,2015). Σύμφωνα με το British Athletics Classification System ο ΚΜΠ στην MRI βαθμολογείται ως 0b μυϊκός τραυματισμός. Η μαγνητική τομογραφία μπορεί να εφαρμοστεί είτε με μαγνητικό τομογράφο 1,5 ή 3T (Tesla), ιδανικά εφόσον πριν την απεικόνιση έχουν τοποθετηθεί σημάδια στο δέρμα και συγκεκριμένα στη περιοχή με τον μέγιστο πόνο του αθλητή. Τα αποτελέσματα της MRI προκύπτουν από την μελέτη απεικονίσεων τριών επιπέδων (εγκάρσιο, μετωπιαίο και οβελιαίο). Ένα τυπικό πρωτόκολλο περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα επίπεδο T1 επιβάρυνσης ακολουθία (T1-weighted images) και τουλάχιστον δύο επίπεδα T2 STIR ακολουθία. Ακόμα το πάχος τομής της MRI απεικόνισης πρέπει να επιτρέπει ακριβή ερμηνεία των μικρών τραυματισμών, που συνήθως απαιτούν ένα πάχος τομής των 4μμ ή λιγότερο. Ο ΚΜΠ μπορεί να ανιχνευθεί στην MRI ως ενδομυϊκό οίδημα μέσω αλλαγών γενικευμένου, ανομοιογενούς, υψηλού σήματος, επηρεάζοντας έναν ή περισσότερους μύες (Pollock et al.,2014). Η μυϊκή επιμήκυνση και η αύξηση της έντασης του σήματος ρευστού σε T2-weighted images αντικατοπτρίζει το αυξημένο ενδομυϊκό και διάμεσο υγρό που φαίνεται στον προσβεβλημένο μυ στην ιστολογική ανάλυση (Friden et al., 1988) και ακόμα δείχνει σημαντική συσχέτιση στον βαθμό της βλάβης στο πλαίσιο του ΚΜΠ (Nurenberg et al., 1992). Οι εναλλαγές της έντασης του σήματος επηρεάζουν είτε έναν μεμονωμένο μυ ή μια μυϊκή ομάδα λειτουργικά όμοιων μυών, χωρίς να

εντοπίζεται ρήξη της μυοτενόντιας ένωσης ή οποιαδήποτε αρχιτεκτονική παραμόρφωση (Shellock et al.,1991). Στην περίπτωση της EIMD, η MRI που εφαρμόζεται αμέσως μετά την εξουθενωτική έκκεντρη άσκηση, ίσως εμφανίσει αρνητικά αποτελέσματα, καθώς το σήμα του ενδομυϊκού οιδήματος συνήθως αρχίζει να αυξάνεται κατά τη φλεγμονώδη απάντηση. Από την άλλη, μια εξέταση που εφαρμόστηκε στο στάδιο του μέγιστου πόνου ίσως οδηγήσει σε υπερεκτίμηση του είδους της κάκωσης. Επίσης διαφορές στην έκφραση του ΚΜΠ ανάμεσα στα άτομα, είναι αποδεχτή και δεν μπορεί να δοθεί κάποια ιδανική χρονική στιγμή εφαρμογής της MRI. Παρόλα αυτά είναι προτιμότερη η απεικόνιση να πραγματοποιείται 24 και 72 ώρες μετά την άσκηση, καθώς προηγούμενες έρευνες έχουν αναφέρει αλλαγές στην μέγιστη ένταση του T2-weighted περίπου 3-5 ημέρες μετά την έκκεντρη άσκηση (Fulford et al.,2015), οι οποίες μπορεί να συνεχιστούν για έως και 80 ημέρες (Shellock et al.,1991). Είναι απαραίτητο να σημειωθεί πως σε επαγγελματίες αθλητές η MRI βοηθά τόσο στην ταξινόμηση της σοβαρότητας του τραυματισμού, όσο και στη καθοδήγηση επιστροφής του τραυματισμένου αθλητή στο παιχνίδι, το οποίο είναι πολύ σημαντικό για τη πρόληψη επανατραυματισμού των εξασθενημένων ιστών (Flores et al.,2018). Ο εκ νέου τραυματισμός δυστυχώς είναι συχνός και συμβαίνει στο 15% των ρήξεων και γενικότερα απαιτεί μεγαλύτερη ανάρρωση από αυτή που χρειαζόταν ο αρχικός τραυματισμός (Hallen and Ekstrand, 2014). Η λειτουργική αποκατάσταση προηγείται της πλήρους δομικής αποκατάστασης και έτσι υπολειμματικές αλλοιώσεις απεικόνισης μπορεί να υπάρχουν ακόμη, παρόλο που ο αθλητής αισθάνεται θεραπευμένος (Guermazi et al.,2017).

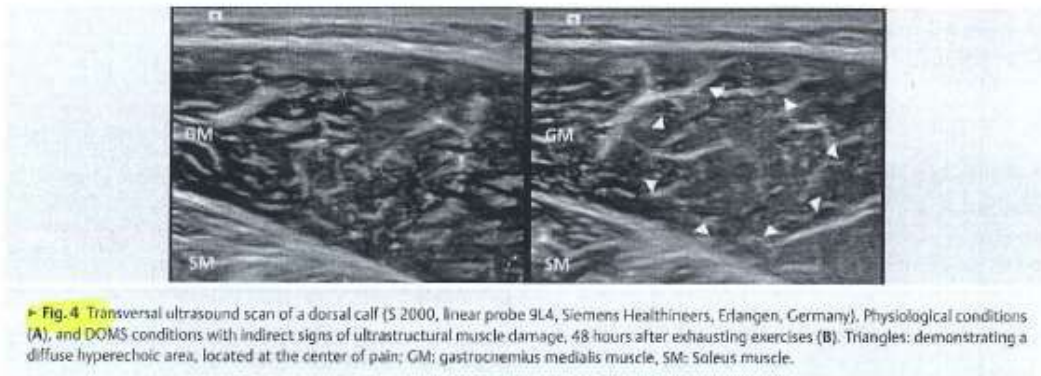


**Figure 17.** DOMS in a 15-year-old boy after prolonged vigorous use of a twist board 2 days earlier. Axial T2-weighted fat-suppressed MR image through the left distal thigh shows uniform muscle edema isolated to the short head of the biceps femoris (arrow), associated with edema at the surface of the muscle, overlying fascia, and subcutaneous tissues. Note the uniform muscle involvement, without localization to the MTJ as would be expected in muscle strain. (Courtesy of Enrique Bosch, MD, Clinica Alemana, Santiago, Chile.)

#### **Εικόνα 8-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ DOMS ME MRI (Flores et al.,2018)**

#### 4.3.2 ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ

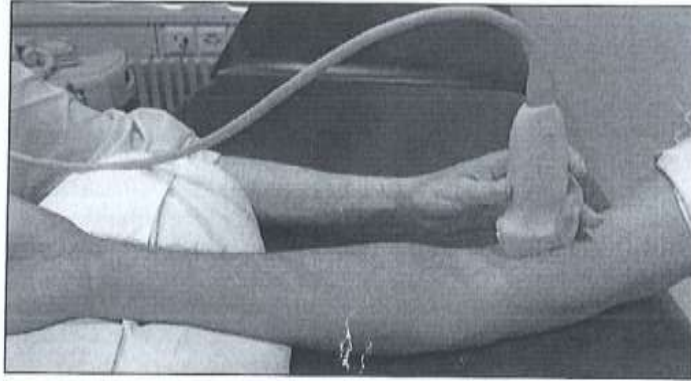
Ο συμβατικός υπέρηχος χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια για τη διάγνωση των μυϊκών τραυματισμών. Έχει πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες διαγνωστικές μεθόδους χάρη της συνεχούς απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο (real-time imaging), της έλλειψης νεφροτοξικότητας και του πιο χαμηλού κόστους (Gulati et al.,2015).Επίσης είναι ευρέως διαθέσιμος, παρέχει δυναμική αξιολόγηση και εξαρτάται περισσότερο από τον χειριστή του (Flores et al.,2018). Σε χαμηλού βαθμού μυϊκή βλάβη, όπως είναι ο ΚΜΠ, η εφαρμογή του συμβατικού υπερήχου στον εκάστοτε μυϊκό ιστό, λόγω της ετερογένειας του, παρουσιάζεται φυσιολογική ή εμφανίζει μικρές υπερηχοικές εστίες λόγω του οιδήματος (Draghi et al.,2013). Όσον αφορά τις έμμεσες ενδείξεις, οι τραυματισμένοι μυς εκδηλώνουν μηχανικές αλλαγές, οι οποίες είναι στενά συσχετισμένες με αλλαγές στην εσωτερική τους δομή και συγκεκριμένα στο μήκος των δεσμίδων, στη γωνία πτέρωσης και στο μυϊκό πάχος. Η γωνία αυτή και το μυϊκό πάχος έχει φανεί ότι αυξάνονται μετά την πρόκληση του ΚΜΠ (Yu et al.,2015). Γενικά η ευαισθησία του απλού υπερήχου στον ΚΜΠ είναι σημαντικά περιορισμένη (Kim et al.,2002). Παρόλα αυτά, αυτή η έλλειψη ευαισθησίας μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση παραγόντων αντίθεσης. Η υπερηχογραφία με σκιαγραφικά μέσα ( Contrast-enhanced Ultrasound-CEUS) είναι ένας τρόπος απεικόνισης που έχει επιτυχώς καθιερωθεί και επικυρωθεί στο πεδίο της ιατρικής για την αξιολόγηση παθολογιών των κοιλιακών οργάνων, όπως όγκοι ή φλεγμονώδεις διεργασίες (Chung and Kim, 2014). Ο CEUS έχει αποδειχθεί ανώτερος του συμβατικού υπερήχου στη διαγνωστική εξέταση χαμηλού βαθμού μυϊκών τραυματισμών και στην ανίχνευση ενδομυϊκού οιδήματος (Hotfiel et al.,2017). Η εφαρμογή του CEUS υπερήχου πραγματοποιείται 48 ώρες μετά τον τραυματισμό και στο follow-up. Επιτρέπει την αναγνώριση της νεοαγγειογένεσης, η οποία είναι χαρακτηριστική σε όλες τις διαδικασίες ανακατασκευής και ως εκ τούτου υποδεικνύει τα στάδια της αποκατάστασης ενός τραυματισμένου μυ (Genovese et al.,2007). Τέλος στους περισσότερους ασθενείς με ΚΜΠ η απεικόνιση Doppler, η οποία εκτιμά την αιματική ροή ενός οργάνου, εκδηλώνει αυξημένη ροή, η οποία εμφανίζεται ως διασκορπισμένα pixels λόγω της υπεραιμίας (Longo et al.,2016).



## Εικόνα 9-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ DOMS ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟ (Hotfield et al.,2018)

### 4.3.3 ΕΛΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ (ARFI)

Μία άλλη τεχνολογία που βασίζεται στον υπέρηχο για τον χαρακτηρισμό των ιστών είναι η ελαστογραφία (Acoustic Radiation False Impulse-ARFI), η οποία ως ένας λειτουργικός απεικονιστικός δείκτης εφαρμόζεται για τον έλεγχο μυϊκών βλαβών και τραυματισμών, χωρίς την ανάγκη παρεμβατικής βιοψίας (Guo et al.,2015). Η προκληθείσα παραμόρφωση του ιστού εξαρτάται από τις βιοελαστικές του ιδιότητες. Αυτό έχει παρατηρηθεί και επιβεβαιωθεί από ιστοπαθολογικά ευρήματα, στα οποία οι ταχύτητες εγκάρσιων κυμάτων (Shear Wave Velocities-SWVs) συσχετίζονται με την δυσκαμψία του ιστού και συνεπώς ένας πιο δύσκαμπτος ιστός οδηγεί σε αυξημένες SWVs (Pfeifer et al.,2015). Εναλλαγές στην δυσκαμψία του μυϊκού ιστού με ΚΜΠ έχουν αναφερθεί σε προηγούμενες έρευνες, οι οποίες ίσως σχετίζονται με τις φλεγμονώδεις απαντήσεις που ακολουθούν τους μικροτραυματισμούς (Hotfield et al.,2017).



**Fig. 3—**Shear-wave ultrasound elastography. Photograph shows position of arm for scanning: Volunteer rests wrist on pillow and relaxes brachialis muscle, and transducer is parallel to long axis of brachialis muscle belly.

**Εικόνα 10-ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΛΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑΣ (Christoph et al., 2017)**



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟ ΜΥΙΚΟ ΠΟΝΟ**

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στη διερεύνηση ποικίλων θεραπευτικών παρεμβάσεων με στόχο την πρόληψη και την ελαχιστοποίηση των συμπτωμάτων και άρα την ανάκαμψη από ΚΜΠ. Ιδιαίτερα στο αθλητισμό η αποκατάσταση από EIMD είναι ύψιστης σημασίας για την ανάκτηση της μυϊκής δύναμης και των επιπέδων απόδοσης. Επομένως η θεραπευτική παρέμβαση πρέπει να εστιάζει τόσο στην πρωταρχική πρόληψη των δομικών κακώσεων κατά τη διάρκεια άσκησης, όσο και σε στρατηγικές θεραπείας σε περίπτωση εμφάνισης συμπτωμάτων DOMS (Heiss et al.,2019).

### **5.1 ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ**

Η κρυοθεραπεία είναι γνωστή για την εξαιρετική της συμβολή στην άμεση διαχείριση οξέων τραυματισμών των μαλακών ιστών, καθώς η Κ.Α.Π.Α (Κρυοθεραπεία, Ανάρροπη θέση, Περίδεση, Αποφυγή φορτίσεων) αποτελεί τα βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν σε τέτοιες περιπτώσεις. Πέρα από την συνηθισμένη αυτή εφαρμογή, η κρυοθεραπεία συνήθως χρησιμοποιείται για τη διαχείριση του μυϊκού πόνου μετά από άσκηση και για την επιτάχυνση του χρόνου αποκατάστασης. Η αρχική αντίδραση της θεραπείας είναι η αγγειοσυστολή. Μετά από 2 έως 6 λεπτά η κατάσταση αναστρέφεται και ακολουθείται από αγγειοδιαστολή, η οποία οδηγεί σε μεγάλη αύξηση της αιματικής ροής διαμέσου των ιστών. Αυτή η κατάσταση μπορεί να διαρκέσει έως 6 ώρες. Η υπεραιμία που δημιουργείται συμβάλει στη βελτίωση του μεταβολισμού, αυξάνει τα αποθέματα οξυγόνου, περιορίζοντας τα μεταβολικά απόβλητα, όπως το γαλακτικό ή την ισταμίνη και αυξάνει τις συγκεντρώσεις της βραδυκινίνης. Επίσης το περιεχόμενο του αίματος αλλάζει με μια αύξηση των επιπέδων των λευκοκυττάρων και των αιμοπεταλίων. Η βραχυπρόθεσμη αναλγησία μετά την κρυοθεραπεία έχει συσχετισθεί με μείωση στην ταχύτητα της αισθητικής νευρικής αγωγιμότητας και των κινητικών νευρώνων, κάτι που περιορίζει τον πόνο και τους αντανακλαστικούς σπασμούς αντίστοιχα (Herrera et al.,2010). Επιπλέον

εμφανίζεται αυξημένη έκκριση β-ενδορφίνης από τον βλεννογόνο αδένα και μειωμένη ικανότητα ιδιοδεκτικής πληροφόρησης από τους μηχανοποδοχείς. Η επίδραση των αντιδράσεων που περιγράφονται παραπάνω είναι η μειωμένη αντίληψη του πόνου και το υψηλότερο κατώφλι του. Ακόμα είναι σημαντικό να τονιστεί, πως η εφαρμογή της κρυοθεραπείας είναι περιορισμένη, όταν είναι απαραίτητο να επαναληφθεί μια μέγιστη φυσική προσπάθεια μετά από μικρή χρονική περίοδο, καθώς η ικανότητα καταβολής της μέγιστης δύναμης ίσως αναχαιτιστεί λόγω της αγγειοσυστολής. Καταλήγοντας η κρυοθεραπεία σε αθλητές εφαρμόζεται για να επιταχύνει την αναγέννηση των ιστών και για να προετοιμάσει τους παίκτες για μια ταχύτερη επιστροφή στην προπόνηση (Adameczyk et al.,2016).

- Οι βασικότερες εφαρμογές κρυοθεραπείας είναι η εμβύθιση σε κρύο νερό (Cold Water Immersion Therapy-CWI), η τμηματική κρυοθεραπεία (Partial Body Cryotherapy-PBC), η κρυοθεραπεία όλου του σώματος (Whole Body Cryotherapy-WBC) και η εφαρμογή πάγου στο δέρμα.
- Η επίδραση της κρυοθεραπείας μπορεί να ποικίλει, λόγω την μεγάλης ετερογένειας των μεθόδων που εφαρμόζονται (πχ. 1) έκθεση σε κρύο θάλαμο ή σε κρύο νερό, 2) ο χρόνος της έκθεσης είτε ακριβώς αμέσως μετά την άσκηση ή 24 ώρες μετά, 3) η θερμοκρασία που ποικίλει από -30 έως -195°C και 4) ο αριθμός των συνεδριών κρυοθεραπείας που εφαρμόστηκαν μετά την άσκηση και 5) λόγω των ασκήσεων που επιλέχθηκαν για την πρόκληση του ΚΜΠ και της κόπωσης (Dupuy et al.,2018).
- Ακόμα η εφαρμογή κρυοθεραπείας έχει προταθεί για τις πρώτες 72 ώρες μετά τη μυϊκή βλάβη. Η θεωρητική υπόθεση που το υποστηρίζει σχετίζεται με την εντατική θεραπεία της κατά την φάση αποδόμησης της μυϊκής αναγέννησης. Η φάση αποδόμησης, που διαρκεί 0-72 ώρες, χαρακτηρίζεται από ρήξη της κυτταρικής μεμβράνης, καταστροφή των μυοϊνιδίων, μυϊκό οίδημα και φλεγμονή (Jarvinen et al.,2007).
- Αν και είναι πιθανό να πραγματοποιηθεί ένας αυξημένος αριθμός εφαρμογών (>5) και μια αυξημένη ή μειωμένη διάρκεια εφαρμογής κρύου, η επίδραση τους παραμένει διφορούμενη. Τα πρωτόκολλα μπορούν να μην είναι πρακτικά στη διαχείριση τους και δεν συνιστανται εφαρμογές για πάνω από 20 λεπτά (20 λεπτά προτείνεται γενικά για να μειωθεί αποδοτικά η θερμοκρασία των εν

τω βάθει ιστών, ενώ προλαμβάνεται η νευρική βλάβη) (Meeusen and Lievens,1986).

### 5.1.1 ΕΜΒΥΘΙΣΗ ΣΕ ΚΡΥΟ ΝΕΡΟ (CWI)

Αν και οι μηχανισμοί που σχετίζονται με τα οφέλη της CWI δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως, έχει υποστηριχθεί ότι:

- η πτώση της μυϊκής θερμοκρασίας προκαλεί μείωση στον μεταβολικό ρυθμό, στην παραγωγή των αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) και στην φλεγμονώδη διαδικασία, η οποία ίσως ελαχιστοποιήσει τη δευτερογενή μυϊκή βλάβη (White and Wells,2013).
- Η ανακατανομή του αίματος λόγω της υδροστατικής πίεσης και της αγγειοσυστολής θεωρείται ότι διευκολύνει την απομάκρυνση των μεταβολιτών από την κεντρική προς την περιφερική κυκλοφορία (Wilcock et al.,2006).



**Εικόνα 11-CWI ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΝΤΟΝΗ ΑΣΚΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ (Heiss et al.,2019)**

- Μετά από EIMD, ο μηχανισμός δράσης της CWI επικεντρώνεται στην μείωση της θερμοκρασίας των ιστών και της ροής του αίματος (Leeder et al., 2012). Το μέγεθος ενδεχόμενων φυσιολογικών αλλαγών σχετίζεται με την θερμοκρασία του νερού, την διάρκεια και τη συχνότητα της εμβύθισης.
- Εντούτοις παρά την ευρεία χρήση της CWI το ιδανικό πρωτόκολλο για την διεξαγωγή των απαιτούμενων φυσιολογικών αντιδράσεων παραμένει άγνωστο (Siqueira et al.,2018). Καλύτερα αποτελέσματα προκύπτουν σε θερμοκρασίες νερού ανάμεσα σε 11-15°C και διάρκεια 11-15 λεπτά (Machado et al.,2015).
- Ακόμα η ψύξη έχει αποδειχθεί ότι μειώνει σημαντικά τα συμπτώματα του ΚΜΠ (για έως και 96 ώρες) συγκριτικά με παθητικές παρεμβάσεις.
- Ωστόσο υπάρχουν μελέτες που προτείνουν ότι η εμβάπτιση σε κρύο νερό δεν είναι πιο αποτελεσματική από την ενεργητική αποκατάσταση, όσον αφορά την ελαχιστοποίηση των αντιδράσεων φλεγμονής και του στρες στους μυς μετά από άσκηση με αντιστάσεις (Peak et al.,2017). Η CWI είναι ένας συχνά εφαρμοζόμενος τρόπος αποθεραπείας μετά από άσκηση, ο οποίος ενισχύει την μιτοχονδριακή βιογένεση μετά από προπόνηση αντοχής, αλλά ίσως εξασθενήσει μυϊκές προσαρμογές που ακολουθούν μια προπόνηση δύναμης (Roberts et al.,2015).
- Μερικές έρευνες εκδήλωσαν ότι αυτή η θεραπευτική στρατηγική μειώνει τις υποκειμενικές εκτιμήσεις του ΚΜΠ και την αντιληπτή προσπάθεια (Machado et al.,2016), εξασθενεί τους έμμεσους δείκτες της μυϊκής βλάβης (Eston and Peters, 1999) και επιταχύνει την αποκατάσταση της μυϊκής απόδοσης.
- Οι Bleakley et al. (2014) απέδειξαν πως παρά την ιδιότητα του νερού να αποσπάσει την θερμότητα από το σώμα αποδοτικότερα από τον αέρα, η μείωση της θερμοκρασίας του δέρματος ανάμεσα σε κρύο νερό (μείωση 6-9°C) και κρύου αέρα (μείωση 3-19°C) φάνηκε να ποικίλει ελάχιστα μεταξύ των ερευνών. Αν και οι φυσιολογικές και κλινικές επιδράσεις του κρύου νερού και του κρύου αέρα στους βιοδείκτες της φλεγμονής, στην αντιοξειδωτική ικανότητα και στην αυτόνομη λειτουργία κατά την αθλητική αποκατάσταση έχουν επίσης φανεί συγκρίσιμες, στη βιβλιογραφία εξακολουθεί να μην υπάρχει ομοφωνία για την αποτελεσματικότητα αυτών των θεραπειών στη μείωση της θερμοκρασίας των εν τω βάθει ιστών (2-3cm

βάθος). Έχει φανεί ότι τόσο η CWI, όσο και η PBC μπορούν να βελτιώσουν αποτελεσματικά αντικειμενικές μεταβλητές αποκατάστασης (απόδοση άλματος και μέγιστη ισομετρική δύναμη) και επίσης με PBC τις υποκειμενικές μεταβλητές αποκατάστασης (ΚΜΠ), συγκριτικά με παρεμβάσεις παθητικού ελέγχου, μετά από μια EIMD (Ferreira-Junior et al.,2015).

- Στην έρευνα των Siqueira et al. (2018) στόχος ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων πολλαπλών CWIs κατά τη διάρκεια των πρώτων 72 ωρών μετά από μια ακολουθία ασκήσεων EIMD στη μυϊκή λειτουργία (πχ μυϊκή δύναμη και ύψος κατακόρυφου άλματος), στους δείκτες της μυϊκής βλάβης (πχ. μυϊκό πάχος, ΚΜΠ και CK), στη συστηματική φλεγμονή (C-αντιδρώσα πρωτεΐνη και CK) και στην αποδόμηση της εξωκυττάριας ουσίας (ECM). Τριάντα δραστήριοι άνδρες τυχαία χωρίστηκαν και μοιράστηκαν είτε στην ομάδα ελέγχου (n=15) ή στην ομάδα CWI (n=15). Η CWI εφαρμόστηκε 10 λεπτά μετά την άσκηση και έπειτα κάθε 24 ώρες για τις επόμενες 3 ημέρες, ενώ στην ομάδα ελέγχου δεν εφαρμόστηκε θεραπεία. Στο σύνολο οι συμμετέχοντες εκπλήρωσαν 4 ακολουθίες εμβύθισης στους  $10\pm 1^{\circ}\text{C}$  , με διάρκεια 20 λεπτών η κάθε μια. Η πολλαπλή εκτέλεση CWIs κατά τις πρώτες 72 ώρες μείωσαν την μυϊκή βλάβη μέσω μιας άμεσης μείωσης του μυϊκού πάχους και μιας καθυστερημένης μείωσης του ΚΜΠ και της δραστηριότητας της CK. Παρόλα αυτά η αποκατάσταση της μέγιστης μυϊκής δύναμης, του ύψους κάθετου άλματος, της CK και της αποδόμησης ECM δεν διαφέρουν ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και την ομάδα CWI. Η παρούσα μελέτη έδειξε χαμηλότερα ποσοστά ΚΜΠ στην ομάδα CWI σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου σε 168 ώρες. Στην προσπάθεια να διερευνηθούν οι επιδράσεις διαφορετικών θερμοκρασιών νερού κατά τη διάρκεια πρωτοκόλλου πολλαπλών CWI ,οι Machado et al (2017) βρήκαν ότι 4 εμβυθίσεις με διάρκεια 15 λεπτών στους  $14^{\circ}\text{C}$  ήταν πιο αποδοτικές όταν συγκρίθηκαν με τους  $9^{\circ}\text{C}$  . Επίσης οι Vaile et al (2007) βρήκαν ότι 4 εμβυθίσεις με διάρκεια 14 λεπτών στους  $15^{\circ}\text{C}$  βελτίωσαν την αποκατάσταση της μυϊκής λειτουργίας. Επομένως , μια λιγότερο μη-ανεκτή θερμοκρασία ίσως βελτιστοποιήσει την αποκατάσταση της μυϊκής λειτουργίας. Στην πραγματικότητα οι Peiffer et al (2009) έδειξαν ότι το μέγεθος της αλλαγής θερμοκρασίας των ιστών σχετίζονταν με μεγαλύτερη διάρκεια CWI. Επιπρόσθετα έχει αναφερθεί ότι ένα εκτεταμένο

πάγωμα των ιστών παροξύνει την φλεγμονώδη απάντηση, η οποία ως συνέπεια μπορεί ακόμα και να χειροτερέψει την ανάκαμψη από EIMD (White et al.,2014). Μεταξύ των μελετών που διερεύνησαν τις επιδράσεις πολλαπλών CWIs, μόνο μια (Machado et al.,2017) έδειξε θετικά αποτελέσματα συγκεκριμένα στα ποσοστά του πόνου αμέσως μετά την CWI και 40 λεπτά μετά την άσκηση. Ανάμεσα στις φυσιολογικές αλλαγές από την CWI που έχουν ήδη αναφερθεί η μακροπρόθεσμη αναλγησία ίσως αποδίδεται σε μεταβολές στις αλλαγές ενδοκυττάριου-ενδοαγγειακού υγρού, το οποίο ευνοεί την μεταφορά των θρεπτικών συστατικών και των αποβλήτων, όπως και μείωση του μυϊκού οιδήματος, το οποίο αποτρέπει την νευρική συμπίεση (Swenson et al.,2007).

### 5.1.2 ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΟΛΟΥ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (WBC)/ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ (PBC)



**Εικόνα 12-WBC ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ (sciencebasedmedicine.org)**

Η WBC πρόκειται για κρυοθεραπεία μέσω έκθεσης σε αέρα και είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως σε επαγγελματίες αθλητές, λόγω των αντιφλεγμονωδών επιδράσεων της σε χρόνιες καταστάσεις (Rose et al., 2017).Στόχος είναι να μειωθεί ο χρόνος αποκατάστασης, να περιοριστεί η φλεγμονώδη διαδικασία και να αποκατασταθεί η δομή και η λειτουργία των μυών, χάρη στις ακραίες ψυχρές θερμοκρασίες. Η εφαρμογή της WBC μετά από εξαντλητική άσκηση συνήθως περιλαμβάνει μία ή επαναλαμβανόμενες εκθέσεις σε εξαιρετικά κρύο ξηρό αέρα

(κάτω από  $-100^{\circ}\text{C}$ ), καθώς οι αθλητές στέκονται μέσα σε θάλαμο για 2-5 λεπτά (Costello et al.,2015). Η WBC μετά από άσκηση έδειξε να έχει σημαντική επίδραση στον ΚΜΠ με διάρκεια έκθεσης 3 λεπτών στους  $-140$  και  $-195^{\circ}\text{C}$  (Fonda and Sarabon,2013). Οι Salfe et al. (2014) μελέτησαν τις φυσιολογικές επιδράσεις μετά από 1,2,3 λεπτά WBC έκθεση σε  $-135^{\circ}\text{C}$  και κατέληξαν πως 2 λεπτά σε αυτούς τους βαθμούς είναι πιο ασφαλές για την πρόκληση φυσιολογικών αλλαγών. Παρόλα αυτά τα στοιχεία για την ορθή εφαρμογή των WBC πρωτοκόλλων και για την αποτελεσματικότητα της δεν επαρκούν, καθώς υπάρχουν και διαφορούμενα στοιχεία για την θετική επίδραση της WBC στην λειτουργική αποκατάσταση (Costello et al.,2015).

- Οι Lombardi et al. (2017) σε έρευνα συσχέτισαν τη χρήση WBC με μια βελτίωση στη μυϊκή κόπωση, τον πόνο και την ευημερία. Φάνηκε θετική επίδραση στον ΚΜΠ σε λιγότερο από 6 ώρες μετά την άσκηση, η οποία όμως δεν ήταν παρούσα 24 ώρες μετά ή αργότερα. Επιπλέον φαίνεται πως χρειάζεται μια ακολουθία συνεδριών κρυοθεραπείας και όχι μια μόνο εφαρμογή μετά την άσκηση, για να επηρεαστεί η συγκέντρωση CK και CRP στο αίμα (Dupuy et al.,2018). Τέλος στην μετά-ανάλυση των Dupuy et al., (2019) αναφέρθηκε πως μια κρυοθεραπεία μετά την άσκηση προκάλεσε σημαντική μείωση στην συγκέντρωση IL-6 στο αίμα και κατά συνέπεια της φλεγμονής.
- Οι Fonda and Sarabon (2013) πραγματοποίησαν μια μελέτη για να εξετάσουν τις επιδράσεις της WBC στις βιοχημικές παραμέτρους, στον πόνο και στην απόδοση κατά τη διάρκεια πενθήμερης περιόδου αποκατάστασης στους οπισθίους μηριαίους μετά από EIMD. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν άσκηση που προκαλούσε μυϊκή βλάβη σε δύο ξεχωριστές φάσεις (πειραματική και ελέγχου) που χωρίστηκαν μέσα σε 10 ημέρες. Στη φάση ελέγχου οι συμμετέχοντες δεν έλαβαν κάποια θεραπεία μετά την άσκηση, ενώ στην πειραματική φάση λάμβαναν κάθε μέρα WBC. Αυτή περιλάμβανε καθημερινή 3λεπτη έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες ( $-140$  έως  $-19^{\circ}\text{C}$ ). Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης πραγματοποιήθηκε έλεγχος των βιοχημικών δεικτών, της αντίληψης του πόνου και της φυσικής απόδοσης (squat jump, counter movement jump, παραγωγή μέγιστης ισομετρικής ροπής και μέγιστη παραγωγή εκρηκτικής ισομετρικής ροπής). Σε καμία από τις μετρήσεις δεν

υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο φάσεις. Παρόλα αυτά οι τιμές της αίσθησης του πόνου διέφεραν στατιστικά σημαντικά ανάμεσα στην φάση ελέγχου και την WBC 1-72 ώρες μετά την EIMD, με τις διαφορές στις τιμές να φτάνουν τη μέγιστη τιμή τους 48 ώρες μετά την άσκηση.

Παρομοίως κατά το PBC τα άτομα φορώντας ελάχιστο ρουχισμό, εκτίθενται σε υπερβολικά κρύο εξατμισμένο υγρό άζωτο (vaporized liquid nitrogen), με παραγόμενες θερμοκρασίες από -110 έως -195°C (Ferreira-Junior et al.,2014) για πολύ μικρή διάρκεια (1-3 λεπτά). Οι Fonda et al. (2014) ανέφεραν ότι η έκθεση σε PBC για πάνω από 2,5 λεπτά δεν είχε πρόσθετα ωφέλιμες επιδράσεις στην θερμαντική απάντηση και πως μικρότερα πρωτόκολλα (1,5-2 λεπτά) θα έχουν επίσης ωφέλιμες επιδράσεις. Παρόλα αυτά παραπάνω έρευνα στη χρήση του PBC θα έχει μεγαλύτερη αξία, καθώς οι κρυοθάλαμοι είναι φορητοί και λιγότερο ακριβοί από τα συστήματα WBC. Παρόλο που η χρήση αυτών των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών είναι πολύ δημοφιλής, το βέλτιστο πρωτόκολλο κρυοθεραπείας που απαιτείται για την έναρξη ωφέλιμων φυσιολογικών επιδράσεων παραμένει άγνωστο.

- Οι Hohenaueer et al (2017) πραγματοποίησαν μια έρευνα με στόχο τη σύγκριση των φυσιολογικών επιδράσεων μετά από την εφαρμογή κρυοθεραπείας μέσω εμβύθισης σε νερό (CWI) και της τμηματικής κρυοθεραπείας (PBC) εφόσον προηγήθηκε πρωτόκολλο άσκησης (5×20 αναπηδήσεις από 0,6μ box). Έλαβαν συμμετοχή 19 υγιείς γυναίκες, οι οποίες τυχαία μοιράστηκαν σε δύο ομάδες. Στη μια εφαρμόστηκε CWI και στην άλλη PBC. Ένας από τους παράγοντες που αξιολογήθηκαν ήταν ο ΚΜΠ, ο οποίος μετρήθηκε ακριβώς πριν την άσκηση και έως 72 ώρες μετά. Στην έρευνα αυτή οι επιδράσεις μιας μόνο CWI (10°C για 10 λεπτά) στον ΚΜΠ, την ισομετρική δύναμη, την απόδοση άλματος και την CK συγκρίθηκαν με μια έκθεση PBC (-110°C για 3 λεπτά). Οι έμμεσοι δείκτες μετρήθηκαν πριν την άσκηση, 60 λεπτά, 24, 48 και 72 ώρες μετά τις εφαρμογές κρυοθεραπείας. Ο ΚΜΠ των εκτεινόντων του γόνατος των συμμετεχόντων αξιολογήθηκε με τη χρήση της κλίμακας VAS (Visual Analogue Scale) 10cm, με κύμανση από 0 (όχι πόνος)-10(σοβαρός πόνος) (Goodall and Howatson,2008). Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν κάθισμα με 90° κάμψη γόνατος και το διατήρησαν για διάρκεια των 3 sec και έπειτα μετρήθηκε το επίπεδο του ΚΜΠ. Στην



ομάδα PBC ο ΚΜΠ έφτασε το μέγιστο μετά από 24 ώρες (PBC:3.3±3.0 VAS; p=0.007) και 48 ώρες μετά στην ομάδα CWI (CWI:3.4±3.0 VAS; p=0.01) συγκριτικά με τις αρχικές τιμές. Ούτε η PBC ομάδα, ούτε η CWI ανέκαμψαν από ΚΜΠ 72 ώρες μετά το πρωτόκολλο. Παρόλο που δεν υπήρχε μεγάλη διαφορά στον ΚΜΠ ανάμεσα στις δύο ομάδες (p>0.05), η έρευνα έδειξε πως η CWI έχει σημαντικά μεγαλύτερη φυσιολογική επίδραση από την PBC.

### 5.1.3 ΠΑΓΟΜΑΛΑΞΗ:



#### **Εικόνα 13-ΠΑΓΟΜΑΛΑΞΗ (verywellfit.com)**

Η μάλαξη με πάγο (Ice Massage-IM) εφαρμόζεται κυρίως για τη θεραπεία συνδρόμων υπέρχρησης, ξεπερνώντας την υπερβολική μυϊκή τάση και ανακουφίζοντας τον πόνο που σχετίζεται με τους τραυματισμούς στο σκελετικό, το αγγειακό και το μυϊκό σύστημα (Howatson et al.,2005).Η επιφανειακή τοποθέτηση πάγου, οδηγεί σε αλλαγές στο δέρμα, καθώς και σε εν τω βάθει, ενδομυϊκές και αρθρικές θερμοκρασίες. Η παγομάλαξη στην εκάστοτε περιοχή του σώματος εφαρμόζεται μέχρι την αίσθηση μουδιάσματος και ποτέ πάνω από 15 λεπτά, για την πρόληψη δερματικής κάκωσης. Μια μείωση στη θερμοκρασία των ιστών (κάτω από 14,4°C = μέγιστη τοπική αναλγησία) συμβάλλει στην μείωση του πόνου μέσω της μείωσης της νευρικής αγωγιμότητας των A και C ινών και τον μυϊκό σπασμό. Επίσης η αποτελεσματικότητα της αυξάνεται μέσω συμπίεσης του ψυχρού μέσου στο σώμα του αθλητή κατά τη διάρκεια της μάλαξης (Σημειώσεις αθλητικής φυσικοθεραπείας, Κεφ. Κρυοθεραπείας, Κ. Φουσέκης). Αυτή η διαδικασία καταλήγει σε μείωση του

«πρηξίματος» και του μεταβολισμού, τα οποία μειώνουν την φλεγμονώδη απάντηση, την αγγειακή διαπερατότητα και τον σχηματισμό οιδήματος (Paddon-Jones, D., & Quigley, B.,1997).

Η έρευνα των Adamczyk et al., (2016) περιελάμβανε 36 συμμετέχοντες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε 3 ομάδες των 12 ατόμων ανάλογα με το είδος της αποκατάστασης : μάλαξη με πάγο (IM), CWI ή παθητική αποκατάσταση (PAS). Όλοι οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να εκτελέσουν άλμα όσο πιο ψηλά μπορούν από ένα πλήρες κάθισμα για ένα λεπτό ώστε να προκληθεί DOMS. Η παρούσα μελέτη έδειξε την υψηλότερη αποτελεσματικότητα της CWI όχι μόνο όσον αφορά την παθητική ξεκούραση, αλλά και την ενεργητική ξεκούραση (αργό τρέξιμο με 40-60% της  $VO_{2max}$ ). Οι επιλεγμένες μέθοδοι αποκατάστασης παρέχουν σημαντικές διαφορές στη θερμοκρασία του δέρματος ανάμεσα στις μεθόδους IM και CWI αμέσως μετά την θεραπεία. Η πιο πιθανή εξήγηση είναι η άμεση επαφή με τον πάγο (με θερμοκρασία σίγουρα κάτω από 0°C) στην IM μέθοδο, ενώ κατά CWI το δέρμα που περιβάλλεται από νερό ήταν περίπου στους 8°C . Η άμεση επαφή και η πίεση του πάγου στο μπροστινό μέρος του μηρού, παγώνει το δέρμα περισσότερο από το νερό (Howatson et al.,2005). Ακόμα η σημαντική μείωση της θερμοκρασίας στο πίσω μέρος των μηρών παρατηρήθηκε μόνο στην CWI ομάδα. Ενώ το νερό πάγωνε όλη την επιφάνεια των κάτω άκρων, η IM είχε επίδραση μόνο στη μαλασσύμενη πρόσθια περιοχή του μηρού και μόνο μια μικρή μονόπλευρη επίδραση στους οπισθίους μηριαίους (Boguszewski et al.,2014). Η IM προτείνεται όταν οι αθλητές βιώνουν τοπική μυϊκή κόπωση, ενώ η CWI έχει μεγαλύτερη ολόσωμη επίδραση. Η αποτελεσματικότητα στη μείωση του DOMS παρουσιάζεται μεταξύ της 24<sup>ης</sup> και 96<sup>ης</sup> ώρας μετά την άσκηση κατά την κορύφωση των συμπτωμάτων του. Η IM βρέθηκε να είναι πιο αποδοτική τόσο στην πρόληψη του ΚΜΠ, όσο και στη συγκέντρωση γαλακτικού. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την επίδραση της IM στην αποθεραπεία μετά την άσκηση επιπρόσθετα με την κρύα επίδραση του, ίσως είναι η μηχανική πίεση των ιστών, η οποία μπορεί να προωθήσει την αναγέννηση.

#### **5.1.4 ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΚΡΥΟΥ-ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ (CONTRAST WATER THERAPY-CWT)**

Η εναλλαγή κρύου και θερμού νερού συνήθως εφαρμόζεται για θεραπευτικούς λόγους και μάλιστα έχει σημαντική επίδραση στον ΚΜΠ, αλλά όχι στην αντιλαμβανόμενη κόπωση. Υπάρχουν έρευνες που αποδεικνύουν την σημαντική επίδραση της CWT στη βελτίωση της αποκατάστασης (Hing et al.,2008) και στην αποδοτικότητα της μετά από εξουθενωτικό πρόγραμμα άσκησης (Bieuzen et al.,2013). Επιπλέον οι Bieuzen et al. (2013) αναφέρουν πως αυτή η εναλλακτική θεραπεία προκαλεί επιτυχώς περιφερική αγγειοσυστολή και αγγειοδιαστολή και ίσως περιορίσει τον σχηματισμό οιδήματος μετά από άσκηση, επηρεάσει την φλεγμονώδη διεργασία και μειώσει το αίσθημα του πόνου. Τέλος είναι σημαντική η αποτελεσματικότητα αυτής της προσέγγισης στη μείωση της συγκέντρωσης CK στο αίμα και κατά συνέπεια στη μείωση του μυϊκού πόνου (Dupuy et al.,2018), ο οποίος περιορίζεται σημαντικά έως και 24, 48 και 72 ώρες μετά από την έκκεντρη άσκηση (Vaile et al., 2008).

#### **5.2 ΘΕΡΜΟΘΕΡΑΠΕΙΑ**

Η θερμοθεραπεία έχει χρησιμοποιηθεί ειδικά για την διαχείριση τραυματισμών των μαλακών ιστών στην κλινική και αθλητική αποκατάσταση, καθώς και στην περίπτωση του ΚΜΠ μπορεί να εφαρμοστεί και σαν πρόληψη και σαν θεραπεία. Σε οξεία φάση μετά από άσκηση ή κατά τη διάρκεια της αρχικής φλεγμονώδους φάσης η θερμοθεραπεία πρέπει να αποφευχθεί, καθώς μπορεί να ενισχύσει τη φλεγμονώδη απόκριση. Όμως σε μεταγενέστερα στάδια, όπως το υποξύ και το χρόνιο και με βάση τη παθοφυσιολογία, η τοπική θερμοθεραπεία ή η εφαρμογή της σε όλο το σώμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Heiss et al.,2019). Γενικά για κάθε 3°C αύξηση στην θερμοκρασία των ιστών, ο μεταβολισμός διπλασιάζεται και επομένως η ανακατασκευή των ιστών είναι γρηγορότερη (Edwards et al.,1972). Εάν από την άλλη η διείσδυση της θερμότητας δεν είναι επαρκής, υπάρχει ανακούφιση από τον πόνο αλλά όχι η επιθυμητή αποκατάσταση των ιστών. Ωστόσο η εφαρμογή της μετά την κλινικά μέγιστη εκδήλωση του DOMS μελετάται, καθώς η κυκλοφορία και η αιμάτωση των ιστών έχει απαραίτητο ρόλο στην θεραπεία τους (Lohman et al.,2011).

Επίσης όσον αφορά την πρόληψη έναντι των τραυματισμών, υπάρχουν μελέτες στα κύτταρα των σκελετικών μυών που αναφέρουν ότι η θερμότητα εξασθενεί την κυτταρική βλάβη και την πρωτεϊνική αποδόμηση (Frier and Locke, 2007). Εξίσου σημαντικό να αναφερθεί είναι πως μπορεί να ρυθμίσει την έκφραση των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για την μυϊκή ανάπτυξη και διαφοροποίηση και να επιδράσει θετικά στα κέρδη της προπόνησης ενδυνάμωσης και επομένως στη βελτίωση της μυϊκής μάζας (Goto et al.,2010). Άλλες έρευνες έχουν δείξει οφέλη της διαθερμίας μικροκυμάτων πριν από την άσκηση για την πρόληψη του μυϊκού πόνου, καθώς και την αποκατάσταση της μυϊκής λειτουργίας μετά την άσκηση (Saga et al., 2008). Συνοψίζοντας πρέπει να γίνει περαιτέρω έρευνα για την διερεύνηση του χρόνου που πρέπει να εφαρμόζεται για να είναι πιο αποδοτική η θεραπεία και να διευκρινιστούν τα οφέλη για την αποκατάσταση της μυϊκής λειτουργίας (McGorm et al.,2018).

Η έρευνα των Petrofsky et al. (2017) διαφέρει από τις προηγούμενες, καθώς τα θερμά επιθέματα ThermaCare που εφαρμόστηκαν, αυξάνουν με αργό ρυθμό την θερμοκρασία στο εσωτερικό των ιστών και διατηρούν την θερμοκρασία αυτή για ώρες (Malanga et al.,2014). Αυτό είναι αρκετά σημαντικό διότι εάν τα άτομα έχουν παχύ υποδόριο λίπος, η 20λεπτή εφαρμογή θερμού ίσως να μην διεισδύσει κάτω από το δέρμα ώστε να φτάσει στην περιτονία και στους μυς (Petrofsky and Laymon,2009). Συγκεκριμένα σε αυτή την μελέτη συγκρίθηκε η εφαρμογή ThermaCare θερμών επιθεμάτων για 8 ώρες, είτε αμέσως μετά την άσκηση ή 24 ώρες μετά, καθώς υπήρχε και ομάδα ελέγχου. Οι μετρήσεις έγιναν μια μέρα πριν και 3 μέρες μετά την άσκηση. Συμμετείχαν 60 υγιή άτομα τα οποία χωρίστηκαν τυχαία σε 3 ομάδες. Για την πρόκληση του ΚΜΠ τα άτομα εκτέλεσαν για 5 λεπτά καθίσματα (3 σετ). Το θερμό επίθεμα ThermaCare τοποθετήθηκε σε κάθε πόδι στο κέντρο του τετρακέφαλου διαμήκως του μυ. Αυτά τα επιθέματα χρησιμοποιούν την οξυγόνωση του σιδήρου μέσω μιας μαζικής αντίδρασης ελεγχόμενη από το οξυγόνο για να προσδώσει διαρκή θερμότητα για πάνω από 8 ώρες μέσω μεμονωμένων κυττάρων. Το πρώτο αντικειμενικό εύρημα λιγότερης μυϊκής βλάβης είναι η συνεχής παθητική κίνηση στο πόδι. Η υστέρηση (στην καμπύλη κάμψης-έκτασης είναι ένα μέτρο της αποθηκευόμενης ελαστικής ενέργειας στους μυς και στους τένοντες) παρέμεινε σταθερή για 3 ημέρες μετά την άσκηση, εάν η θερμότητα εφαρμοζόταν αμέσως μετά την άσκηση. Ακόμα μια επίδραση της θερμότητας είναι η αποκατάσταση της ακαμψίας των μυών και των αρθρώσεων. Στην ομάδα ελέγχου ο μυς έγινε πιο

δύσκαμπτος την 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> μέρα μετά την άσκηση, όπως φάνηκε από την αυξημένη διαφορά δύναμης από την κάμψη σε έκταση, κάτι που σχετίζεται με τη βλάβη των μαλακών ιστών στον τετρακέφαλο και στους τένοντες του. Η καλύτερη εφαρμογή ήταν για 8 ώρες ακριβώς μετά την άσκηση διότι η δυσφορία αποδείχθηκε λιγότερη. Παρά την υπόθεση ότι η εφαρμογή ψυχρού μετά την άσκηση μειώνει το οίδημα και τη βλάβη των ιστών, οι μελέτες δείχνουν μικρή επίδραση στη μείωση της μυϊκής βλάβης. Το γεγονός ότι η θερμότητα φαίνεται να μειώνει την βλάβη, εάν εφαρμοστεί για 8 ώρες αμέσως μετά την άσκηση πιθανόν σχετίζεται με τους μηχανισμούς του ΚΜΠ και δείχνει ότι καθώς συμβαίνει κυτταρική διαταραχή στον μυ, η βλάβη έχει συμβεί και είναι δύσκολο να σταματήσει. Συμπερασματικά η παρατεταμένη εφαρμογή ήπιας θερμότητας μέσω επιθεμάτων ακριβώς μετά την άσκηση είναι μια καλή πρόταση για τον ασκούμενο. Η θερμότητα πριν την άσκηση δεν έχει μελετηθεί επαρκώς, αλλά φαίνεται να μειώνει την μυϊκή βλάβη και το τραύμα.

Όσον αφορά την προθέρμανση μπορεί να γίνει παθητικά ή ενεργητικά. Η παθητική προθέρμανση συμβαίνει όταν οι μύες θερμαίνονται με μέσα εξωτερικής θέρμανσης, όπως η άμεση εφαρμογή θερμότητας (θερμά επιθέματα) ή σε μορφή θεραπευτικού υπερήχου, ενώ η ενεργητική προθέρμανση αναφέρεται ως προθέρμανση των μυών μέσω της ενεργητικής συστολής. Αυτή θα μπορούσε να είναι ένα είδος τζόκινγκ ή οποιαδήποτε άλλη άσκηση, κατά την οποία οι μύες που πρόκειται να διαταθούν, συστέλλονται επαναλαμβανόμενα πριν τη διάταση (Aiyegbusi et al.,2021).

### 5.2.1 ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗΣ



**Εικόνα 14-ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΘΛΗΤΩΝ (workoutintelligence.com)**

Οι ασκήσεις προθέρμανσης βελτιώνουν την αθλητική απόδοση και μειώνουν τους μυϊκούς τραυματισμούς. Πρόκειται για ήπιες ασκήσεις που προηγούνται της έντονης σωματικής δραστηριότητας και πιστεύεται ότι προλαμβάνουν τις μυϊκές θλάσεις, αυξάνοντας την θερμοκρασία των μυών και συνεπώς την μυϊκή συναρμογή (Law et al., 2007). Μερικές έρευνες αναφέρουν πως η σύγκεντρη προθέρμανση πριν τις έκκεντρες ασκήσεις προετοιμάζουν το σώμα για το στρες που θα προκληθεί από την υπερφόρτιση των μυών (Szymanski et al., 2001). Η διάταση είναι γενικά η πρώτη δραστηριότητα στη προθέρμανση είτε είναι στατική, βαλλιστική ή PNF (Fleck and Kraemer, 1988). Πολλές έρευνες έχουν ασχοληθεί με την επίδραση των ασκήσεων προθέρμανσης στη διαχείριση του ΚΜΠ, αλλά υπάρχουν αντιμαχόμενες αναφορές σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους στον περιορισμό των συμπτωμάτων που προκύπτουν.

## 5.2.2 ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (IRR)



**Εικόνα 15-IRR (joint-surgeon.com)**

Η υπέρυθρη ακτινοβολία έχει φανεί αποτελεσματική στην θεραπεία του μυϊκού και αρθρικού πόνου, που περιλαμβάνει μυϊκό σπασμό και δυσκαμψία. Έχει αναφερθεί πως επιταχύνει την διαδικασία επούλωσης σε μυοσκελετικούς τραυματισμούς, αυξάνοντας την αιματική μικροκυκλοφορία. Παρόλα αυτά η αποτελεσματικότητα της θεραπευτικής αυτής τεχνικής δεν έχει εξεταστεί διεξοδικά και μερικές έρευνες έδωσαν αντικρουόμενα αποτελέσματα στην αποδοτικότητα της (Aiyegbusi et al.,2021). Για παράδειγμα σε μελέτη που εφαρμόστηκε IRR για 5 συνεχόμενες μέρες, σε 24 άτομα στα οποία πειραματικά είχε προκληθεί ΚΜΠ, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της ομάδας παρέμβασης και της ομάδας placebo (Glasgow et al.,2000). Στην έρευνα των Aiyegbusi et al. (2021) στόχος ήταν να διερευνηθούν οι επιδράσεις της υπέρυθρης ακτινοβολίας (Infrared Radiation- IRR), στον περιορισμό των συμπτωμάτων του ΚΜΠ, όταν αυτή εφαρμόζεται αμέσως μετά την πρόκληση του και να τις συγκρίνει με τις επιδράσεις των ασκήσεων προθέρμανσης. Οι συμμετέχοντες ταξινομήθηκαν τυχαία σε 3 ομάδες (20 άτομα σε κάθε ομάδα). Ο ΚΜΠ προκλήθηκε πειραματικά στον αριστερό δικέφαλο βραχιόνιο μέσω 10 μέγιστων κάμψεων και εκτάσεων αγκώνα με βάρος αλτήρα 5 kg (10 σετ των 10 επαναλήψεων). Η ομάδα Α (ελέγχου) είχε ΚΜΠ που προκλήθηκε πειραματικά. Η ομάδα Β είχε εκτελέσει πρώτα μια σειρά ασκήσεων προθέρμανσης πριν την

πειραματική πρόκληση του ΚΜΠ. Η ομάδα Γ αμέσως μετά την πειραματική πρόκληση του ΚΜΠ υποβλήθηκε σε υπέρυθρη ακτινοβολία του δικεφάλου για 20 λεπτά, με την λάμπα ακτινοβολίας τοποθετημένη σε απόσταση 45εκ από το δέρμα. Και στις τρεις ομάδες αξιολογήθηκε 1) ο μυϊκός πόνος, μέσω της κλίμακας NPRS (Numerical Pain Rating Scale) και μέσω της εν τω βάθει ψηλάφησης (Deep Palpation- DP) και 2) το εύρος κίνησης της άρθρωσης (ROM) του αγκώνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ξεκάθαρα ότι οι ασκήσεις προθέρμανσης είναι αποτελεσματικές στη μείωση του μυϊκού πόνου, που σχετίζεται με τον ΚΜΠ 24 και 48 ώρες μετά τον τραυματισμό, αλλά δεν είχε σημαντική επίδραση την πρώτη μέρα όταν συγκρίθηκε με την ομάδα ελέγχου. Η θεραπεία μέσω IRR αμέσως μετά την πρόκληση του ΚΜΠ κατέληξε σε σημαντική μείωση του πόνου και της μυϊκής ευαισθησίας και σε μηδαμινή αύξηση του ROM την πρώτη μέρα. Η IRR ομάδα είχε τον λιγότερο πόνο και μυϊκή ευαισθησία μετά από 3 ημέρες συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου και την ομάδα Β. Αυτή η σημαντική μείωση ίσως σχετίζεται με την αναλγητική επίδραση της θερμοθεραπείας, καθώς η άνοδος της θερμοκρασίας οδηγεί σε αγγειοδιαστολή και αυξημένη αιματική ροή. Η αυξημένη αιματική ροή διευκολύνει την επούλωση των ιστών, προμηθεύοντας πρωτεΐνες, θρεπτικά συστατικά και οξυγόνο στη περιοχή του τραυματισμού, που βοηθά στην επουλωτική διαδικασία, αυξάνοντας τις καταβολικές και αναβολικές αντιδράσεις που απαιτούνται για να υποβιβάσουν και να απομακρύνουν μεταβολικά υποπροϊόντα του τραυματισμένου ιστού. Η σημαντική μείωση της μυϊκής ευαισθησίας στην Γ ομάδα δηλώνει ότι η IRR βοηθά στην μυϊκή ανακατασκευή. Ένας ακόμα λόγος που συμβαίνει αυτό είναι πως η κόκκινη ακτινοβολία έχει μεγαλύτερη διείσδυση από άλλα είδη ακτινοβολιών και βοηθά στην επούλωση με κάθε μήκος κύματος (Jagdeo et al.,2012). Συγκριτική ανάλυση των τιμών NRS και DP ανάμεσα στην ομάδα προθέρμανσης και της IRR ομάδας, δείχνει ότι η IRR έχει σημαντική επίδραση ( $P < 0.05$ ) σε σχέση με την προθέρμανση στην ανακούφιση του πόνου και της μυϊκής ευαισθησίας μόνο την πρώτη μέρα εφαρμογής. Τις ακόλουθες 2 ημέρες, οι ασκήσεις προθέρμανσης ήταν το ίδιο αποδοτικές, όσο και η IRR στην ανακούφιση των συμπτωμάτων αυτών. Και τα δύο πρωτόκολλα είναι ικανά να μειώσουν σημαντικά τα συμπτώματα την 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> μέρα που θεωρείται ότι κορυφώνεται η εμφάνιση των συμπτωμάτων του ΚΜΠ. Περαιτέρω μελέτες χρειάζεται να διεξαχθούν στη συνδυασμένη χορήγηση της IRR και των ασκήσεων προθέρμανσης και επίσης στην χορήγηση της IRR για 3 συνεχόμενες μέρες μετά από την πρόκληση του ΚΜΠ.



### 5.3 ΠΡΕΣΣΟΘΕΡΑΠΕΙΑ (compression therapy)



**Εικόνα 16-ΚΑΛΤΣΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ (premierhealth.com)**

Τα ενδύματα συμπίεσης (compression garments), τα οποία απαιτούνται κυρίως σε αγγειακές παθολογίες (πχ. εν τω βάθει θρομβοφλεβίτιδα ή χρόνια φλεβική ανεπάρκεια) και στη πλαστική χειρουργική, σήμερα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στον αθλητισμό με στόχο τη βελτίωση όχι μόνο της απόδοσης, αλλά και της αποκατάστασης μετά την άσκηση. Παρόλα αυτά η επίδραση της πρεσσοθεραπείας στην πρόληψη και θεραπεία της EIMD, όπως και στον ΚΜΠ, είναι αμφιλεγόμενη (Born et al.,2013). Η ευρεία ποικιλία του μεθοδολογικού σχεδιασμού και το μικρό μέγεθος δείγματος, σε συνδυασμό με διαφορετικά επίπεδα συμπίεσης και διάρκεια εφαρμογής, τρόπων προπόνησης και διαπροσωπικών διαφορών του πληθυσμού που ερευνάται, συμβάλλουν στα προφανή αντιφατικά ευρήματα (Hill et al.,2014). Πιστεύεται ότι η εφαρμογή συμπίεσης δημιουργεί μια εξωτερική πίεση, γίνονται μικρότερες αλλαγές στην οσμωτική πίεση, άρα περιορίζεται η διάχυση υγρών στο διάμεσο χώρο και βελτιώνεται η φλεβική επιστροφή. Επιπλέον μειώνεται ο διαθέσιμος χώρος για την ανάπτυξη οιδήματος, περιορίζεται η φλεγμονώδη απόκριση, η αιμορραγία ή ο σχηματισμός αιματώματος και η αίσθηση του πόνου μετά από EIMD. Τα περισσότερα ευρήματα δείχνουν ότι οι κάλτσες συμπίεσης έχουν περιορισμένες επιδράσεις στην ενίσχυση της απόδοσης, αλλά είναι αποτελεσματικές στην βοήθεια της αποκατάστασης της μυϊκής βλάβης. Μάλιστα μια μελέτη επιβεβαίωσε πως η εφαρμογή συμπίεσης είχε σημαντικές επιδράσεις ακόμα και 96

ώρες μετά την άσκηση (Marques-Jimenez et al.,2016). Επίσης έχει βρεθεί πως η εφαρμογή ολόσωμου ενδύματος συμπίεσης για 24 ώρες μετά από έντονη προπόνηση με αντιστάσεις μειώνει σημαντικά την αντιλαμβανόμενη κόπωση (Dupuy et al.,2018), καθώς και η εφαρμογή ολόσωμης συμπίεσης κατά τη διάρκεια της νύχτας είχε επιδράσεις στη μυϊκή κόπωση, μετά από μεγάλης έντασης έκκεντρη και σύγκεντρη άσκηση στους εκτεινόντες του γόνατος. Τέλος σε έρευνα η μέγιστη εθελούσια ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος 24 ώρες μετά το πρόγραμμα άσκησης ήταν 10% μεγαλύτερη στην ομάδα συμπίεσης σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Shimokochi et al.,2017).

### **5.3.1 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ**

Η εφαρμογή καλτσών συμπίεσης κατά την άσκηση θεωρείται πως περιορίζει τους μικροτραυματισμούς και τη μυϊκή βλάβη (Trenell et al.,2006) και μειώνει την κατανάλωση ενέργειας (Bringard et al.,2006). Έχει βρεθεί πως η απόδοση δεν αλλάζει, ανεξάρτητα από το επίπεδο συμπίεσης (πχ.14 έως 46mmHg στην ποδοκνημική) σε ορισμένες δοκιμασίες αντοχής (πχ. μια ώρα ποδήλατο σε καλά εκπαιδευμένους ποδηλάτες, συνεχές και γρήγορου ρυθμού τρέξιμο 10χλμ ή 40 λεπτά τρέξιμο στον διάδρομο) (Beliard et al.,2015). Αντιθέτως έρευνα έδειξε σημαντική βελτίωση στην απόδοση (χρόνος υπό φορτίο, συνολικό έργο) εφαρμόζοντας κάλτσες συμπίεσης κάτω από το γόνατο (24mmHg στην ΠΔΚ) σε άνδρες δρομείς (Kemmler et al.,2009). Ωστόσο η εφαρμογή ενδυμάτων συμπίεσης κατά τη διάρκεια της άσκησης δε επηρεάζει σημαντικά τα επίπεδα CK και γαλακτικού στο πλάσμα. Επομένως κατά την άσκηση φαίνεται να έχουν μικρές επιδράσεις, καθώς πολλές μελέτες απέτυχαν να δείξουν την ευεργετική επίδραση τους στην άμεση απόδοση, στην ανάκτηση της απόδοσης και στον ΚΜΠ (Beliard et al.,2015).

### 5.3.2 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

Συμπληρωματικά με την ιδιότητα των ενδυμάτων συμπίεσης να μεταφέρονται εύκολα και βολικά, έχει φανεί πως η εφαρμογή τους μετά από άσκηση είναι ένας αποδοτικός τρόπος για την μείωση των κλινικών συμπτωμάτων του ΚΜΠ και την επιτάχυνση της αποκατάστασης της μυϊκής λειτουργίας και την ανάκτηση της δύναμης με γρηγορότερο ρυθμό (Hill et al.,2014). Κάποιες έρευνες ανέφεραν ότι μειώθηκε η ταλάντωση των μυών και σταθεροποιήθηκαν οι δέσμες των μυϊκών ινών κατά την περίοδο αποκατάστασης, κάτι που ελάφρυνε την μηχανική καταπόνηση των ιστών (Kim et al.,2017). Η συνεχής εφαρμογή των ενδυμάτων συμπίεσης (18-21mmHg) κατά τη φάση της φλεγμονώδους απόκρισης στον ΚΜΠ (60 ώρες) έδειξε μια πρόωρη ομαλοποίηση της μυϊκής δυσκαμψίας στον γαστροκνήμιο, που αξιολογήθηκε μέσω ARFI (Heiss et al.,2018). Επιπλέον στη μετά-ανάλυση των Hill et al., (2014) έχει βρεθεί πως με τη χρήση συμπίεσης μετά την άσκηση περιορίστηκε η EIMD και η φλεγμονή, βρέθηκε μείωση στην απελευθέρωση της CK στην κυκλοφορία του αίματος και επομένως συνέβαλε στην ενίσχυση της ανακατασκευής της βλάβης του μυϊκού ιστού. Αντίθετα στη μετά-ανάλυση των Dupuy et al. (2018) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στην συγκέντρωση της CK, της IL-6 ή της CRP με εφαρμογή πρεσοθεραπείας έπειτα από άσκηση. Ωστόσο οι ακριβείς υποκείμενοι μηχανισμοί παραμένουν άγνωστοι, καθώς καμία μελέτη δεν έχει δείξει κάποια επίδραση στους φλεγμονώδεις δείκτες ή μια σαφή σχέση ανάμεσα στην αναγέννηση και την εφαρμοζόμενη πίεση ή τον χρόνο εφαρμογής τους (Kim et al.,2017). Επιπρόσθετα σε μια έρευνα συμμετείχαν 15 υγιείς άνδρες, οι οποίοι μοιράστηκαν τυχαία σε ομάδα ελέγχου και μια ομάδα συνεχούς εφαρμογής μανικιών συμπίεσης. Εκτελέστηκαν δύο σετ των 50 κάμψεων αγκώνα σε 1(repetition maximum-RM) στις 60°. Τα μανίκια συμπίεσης έδρασαν σαν πρόληψη της απώλειας έκτασης του αγκώνα, μείωσαν την αντίληψη του πόνου και συνέβαλαν στην αποκατάσταση της παραγωγής δύναμης (Cheung et al.,2003). Επιπρόσθετα μια άλλη έρευνα είχε ως στόχο την μελέτη της επίδρασης της εφαρμογής ενδυμάτων συμπίεσης μετά από έκκεντρη άσκηση στον ΚΜΠ και στους δείκτες φλεγμονής. Συμμετείχαν 16 άνδρες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ισάριθμες ομάδες, την ομάδα παρέμβασης (εφαρμόστηκαν μανίκια συμπίεσης-PRO Racing Arm Sleeve- 5-10mmHg) και την ομάδα ελέγχου. Όλες πραγματοποίησαν έκκεντρη άσκηση εκτελώντας κάμψη αγκώνα (2 σετ των 15 επαναλήψεων), σε μηχανήμα κάμψης δικεφάλων. Η μέγιστη ισομετρική δύναμη

μετρήθηκε πριν την άσκηση και μετά από 24, 48, 72, 96 ώρες μετά την άσκηση. Η δραστηριότητα της CK και τα επίπεδα της TNF-α μετρήθηκαν πριν και 3, 6, 24 και 48 ώρες μετά την άσκηση. Στην ομάδα παρέμβασης βρέθηκε γρηγορότερη αποκατάσταση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης ( $P < 0.001$ ) και λιγότερος μυϊκός πόνος (μετρήθηκε με τη κλίμακα VAS) κατά την περίοδο αποκατάστασης (ανάμεσα σε 24-96 ώρες μετά την άσκηση) συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου ( $P < 0.05$ ). Παρόλα αυτά δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές ούτε στην δραστηριότητα της CK, ούτε στα επίπεδα TNF-α ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $P > 0.05$ ). Ακόμα σε μια άλλη έρευνα διερευνήθηκε η επίδραση των αθλητικών καλτσών συμπίεσης (18-21mmHg) στην ανάπτυξη του ενδομυϊκού οιδήματος, έπειτα από έκκεντρη άσκηση [ανασήκωμα της πτέρνας συστέλλοντας μέγιστα τους μυς της γάμπας για 1 sec και κατεβάζοντας αργά τις πτέρνες κάτω για 3 sec μέχρι να φτάσουν πιο κάτω από το οριζόντιο επίπεδο ( $-35^\circ$ ), 5 set $\times$ 30 rep] σε γαστροκνήμιο και υποκνημίδιο. Η συμπίεση παρέμεινε για 60 ώρες μετά την άσκηση και αφαιρέθηκε για την follow-up εξέταση. Παρόλα αυτά δεν βρέθηκαν σημαντικές επιδράσεις της συμπίεσης στο οίδημα των μυών, στον ΚΜΠ, στο ROM του γόνατος και στην περίμετρο της γάμπας συγκριτικά με το άκρο, στο οποίο δεν εφαρμόστηκε συμπίεση (Heiss et al.,2018). Τέλος οι Jakeman et al. (2010) απέδειξαν πως η 12ωρη εφαρμογή κάλτσας συμπίεσης (15mmHg) βελτίωσε σημαντικά την αποκατάσταση της αλτικής απόδοσης μετά από 100 αναπηδήσεις που συνοδεύονταν από ΚΜΠ. Συμπερασματικά με βάση τα περισσότερα ευρήματα η εφαρμογή ενδυμάτων συμπίεσης την περίοδο μετά την άσκηση μπορεί να είναι ένας αποδοτικός τρόπος για τον περιορισμό του ΚΜΠ και την επιτάχυνση της αποκατάστασης της μυϊκής λειτουργίας (Kim et al.,2017).

### 5.3.3 ΔΙΑΛΕΙΠΟΥΣΑ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ



**Εικόνα 17-NORMATECH PULSE RECOVERY (kryovitalityiowa.com)**

Οι συσκευές δυναμικής συμπίεσης είναι ακόμα ένας τρόπος αποκατάστασης. Η NormaTech Pulse Massage Pattern είναι μια μέθοδος λεμφικής παροχέτευσης που εφαρμόζεται σε οίδηματώδεις καταστάσεις, σε τραυματικό και μετεγχειρητικό στάδιο, καθώς και σαν μέσο αποκατάστασης μετά από έντονη αθλητική δραστηριότητα, καταπολεμώντας το αίσθημα κόπωσης. Μέσω της συμπίεσης μειώνει τον χώρο που μπορεί να συσσωρευτεί το οίδημα και δρα μέσω συμπίεσης – αποσυμπίεσης του άκρου από τη περιφέρεια προς το κέντρο (ξεκινώντας από τον άκρο πόδα ή άκρα χείρα προς το ισχίο ή το βραχίονα αντίστοιχα). Έτσι λειτουργώντας ως μυϊκή αντλία, το αίμα και η λέμφος επιστρέφουν μέσω της κυκλοφορίας από τα άκρα στο κέντρο του σώματος, απομακρύνοντας τα μεταβολικά απόβλητα. Με τον τρόπο αυτό βοηθά στην πρόληψη του φαινομένου του ΚΜΠ, μειώνει τους μυϊκούς τραυματισμούς και επιταχύνει την αποκατάσταση μετά την άσκηση (Martin et al.,2015).

### 5.3.4 ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ (Pneumatic Compression Devices-PCDs)

Οι PCDs προσφέρουν συμπίεση μέσω εφαρμογής φουσκωτής μπότας με πίεση 100mmHg, η οποία είναι αρκετά μεγαλύτερη από την πίεση που προσφέρει ένα κοινό ένδυμα συμπίεσης (10-17 mmHg). Οι δυναμικές PCDs αποτελούνται από πέντε επιμέρους τμήματα, τα οποία φουσκώνουν διαδοχικά από το πιο απόμακρο σημείο του άκρου προς το κέντρο του σώματος. Το φούσκωμα, το κράτημα και το

ξεφούσκωμα της μπότας βοηθούν στην επιστροφή του αίματος και συνεπώς των μεταβολικών προϊόντων από την περιφέρεια έως τον πυρήνα του σώματος. Αυτές οι συσκευές που προσφέρουν βραχυπρόθεσμη αλλά δυναμική συμπίεση, κυρίως χρησιμοποιούνταν τόσο για το λεμφοίδημα, όσο και για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων του ΚΜΠ. Σε μια έρευνα μελετήθηκαν αλλαγές στην απόδοση και στην αντίληψη του ΚΜΠ έπειτα από εξουθενωτική προπόνηση αντιστάσεων ακολουθούμενη από 45 λεπτά θεραπεία με PCD. Παρόλα αυτά δε βρέθηκαν διαφορές στο ύψος άλματος, στη παραγωγή μέγιστης ροπής, στην αντιλαμβανόμενη ανάρρωση ή στην μυϊκή δυσφορία. Επιπλέον συγκρίθηκε η επίδραση 20λεπτής εφαρμογής PCD με μια 20λεπτή θεραπεία μάλαξης σε άτομα, τα οποία είχαν ολοκληρώσει έναν μαραθώνιο. Τα αποτελέσματα έδειξαν μικρές βελτιώσεις στα υποκειμενικά επίπεδα πόνου και κόπωσης στη περίπτωση της εφαρμογής PCD συγκριτικά με την παθητική ανάπαυση, όμως δεν βρέθηκαν διαφορές στα ποσοστά ανάμεσα σε μάλαξη και PCD (Hoffman et al.,2016). Τα αποτελέσματα αυτά αποδεικνύουν τα μικρά οφέλη της βραχυπρόθεσμης χρήσης PCD κατά την αποκατάσταση μετά από εξουθενωτική άσκηση. Ακόμα η έρευνα των Winke and Williamson (2018) είχε ως στόχο τη σύγκριση της αποκατάστασης του ΚΜΠ μέσω καθημερινής εφαρμογής PCDs, με την συνεχή εφαρμογή ενδυμάτων συμπίεσης. Συμμετείχαν 8 μαθητές, οι οποίοι χωρίστηκαν σε ομάδα compression sleeve-CS και ομάδα PCD. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε 4 σετ των 25 σύγκεντρων κάμψεων αγκώνα και έκκεντρων εκτάσεων στις 60°/sec. Έπειτα εφαρμόστηκε η εκάστοτε θεραπεία συμπίεσης. Η δυναμική πίεση-αποσυμπίεση μέσω της PCD διήρκεσε 5 λεπτά × 4 φορές και βοήθησε να μετακινηθεί το διάμεσο υγρό από το άκρο προς το κέντρο του σώματος. Φάνηκε πως το οίδημα λόγω του ΚΜΠ, οι περιορισμοί του ROM και τα επίπεδα πόνου ήταν χαμηλότερα και επέστρεψαν στις αρχικές τιμές γρηγορότερα με την εφαρμογή PCD, συγκριτικά με την θεραπεία μέσω CS (p<0.05). Αξιολογώντας την περιφέρεια του μυ στο άνω άκρο το οίδημα παρέμεινε μεγαλύτερο με τη θεραπεία CS και επέστρεψε στην αρχική κατάσταση την 5<sup>η</sup> μέρα, ενώ με τη θεραπεία PCD την 3<sup>η</sup> μέρα. Τέλος το ROM της έκτασης και κάμψης του αγκώνα ήταν μεγαλύτερο μετά από τη PCD θεραπεία σε σχέση με τη CS.

## 5.4 ΕΝΕΡΓΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ

### 5.4.1 ΧΑΜΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΣΚΗΣΗ

Η χαμηλής έντασης άσκηση βοηθά στην ανακούφιση του πόνου, όμως οι αναλγητικές επιδράσεις είναι προσωρινές. Αυτή η προσωρινή ανακούφιση του πόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης οφείλεται στη διάσπαση των συμφύσεων στους ευαίσθητους μυς, στην αυξημένη αποβολή επιβλαβών ουσιών, μέσω της αυξημένης αιματικής ροής, και στην μεγάλη απελευθέρωση ενδορφινών κατά την άσκηση. Όμως οι θεραπευτικές της επιδράσεις στον ΚΜΠ είναι αμφιλεγόμενες και αυτό οφείλεται στα διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, στο είδος της άσκησης που εκτελείται, στον χρόνο εκτέλεσης και στον βαθμό της έντασης (μέγιστη ή υπομέγιστη). Ακόμα η διάρκεια και η ένταση της προθέρμανσης πρέπει να είναι εξατομικευμένη ανάλογα με τις ικανότητες κάθε αθλητή. Μια αύξηση της θερμοκρασίας 1-2°C είναι αρκετή κατά την προθέρμανση, καθώς η πιο πρακτική παρατήρηση είναι μια μέτρια εφίδρωση σε φυσιολογικές συνθήκες περιβάλλοντος (Cheung et al.,2003). Συγκεκριμένα μια μελέτη ανέφερε σημαντική μείωση στον ΚΜΠ 48 ώρες μετά από μεγάλης ταχύτητας σύγκεντρη ισοκινητική άσκηση στους εκτείνοντες και καμπτήρες του γόνατος, εκτελώντας βάρδια 24 ώρες μετά την αρχική προπόνηση (Heiss et al.,2019).

#### 5.4.2 ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ



**Εικόνα 18-ΔΙΑΤΑΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ (proplayer.gr)**

Οι διατάσεις συμπεριλαμβανομένου τη στατική (static stretching-SS) και τη βαλλιστική διάταση έχουν αποδειχθεί πως μειώνουν ή προλαμβάνουν την εμφάνιση του ΚΜΠ μετά από εξαντλητική αθλητική δραστηριότητα (Cheung et al.,2003). Συγκεκριμένα η στατική διάταση προτείνεται ως ένα προληπτικό μέτρο, καθώς μειώνει τον μυϊκό σπασμό. Η επαναλαμβανόμενη και παρατεταμένη διάταση μειώνει την τάση της μυοτενόντιας μονάδας σε κάθε μήκος. Αυτή η ιξωδοελαστική συμπεριφορά μπορεί να είναι ωφέλιμη στην έκκεντρη άσκηση ως μια μείωση της παραγωγής δύναμης σε μια δεδομένη επιμήκυνση, που ίσως οδηγήσει σε μείωση του επιπέδου βλάβης του μυϊκού και συνδετικού ιστού. Καθώς η μυϊκή βλάβη συμβαίνει και σε διάταση του μυ, η αυξημένη ελαστικότητα μπορεί να προλαμβάνει τους σχετικούς τραυματισμούς, ιδίως σε διάρθριους μυς. Επίσης η αμοιβαία αναστολή που συμβαίνει στον αγωνιστή μυ, μετά από 6sec διάταση, βοηθά στη διάταση του μέσω της χαλάρωσης, μειώνοντας τον κίνδυνο τραυματισμού. Επομένως η διάταση μπορεί να εφαρμοστεί ως μέρος της προθέρμανσης, αμέσως μετά την άσκηση ή μέρες μετά την άσκηση για μείωση του πόνου και της δυσκαμψίας που σχετίζονται με τον ΚΜΠ. Από την άλλη πλευρά οι Smith et al (1993) ανέφεραν πως <6 ώρες μετά την άσκηση, η εκτέλεση 3 σετ των 60sec στατικών και βαλλιστικών διατάσεων, προκάλεσαν σημαντική αύξηση στη αντίληψη της μυϊκής δυσφορίας και της CK. Από τη μια πλευρά έρευνα έδειξε πως η εφαρμογή SS εξολοκλήρου και SS σε συνδυασμό με προθέρμανση πριν την εξουθενωτική άσκηση δεν λειτούργησε σαν πρόληψη για τον



ΚΜΠ (High et al.,1989). Παρομοίως οι Dawson et al. (2005) ανέφεραν ότι η SS αμέσως μετά από παιχνίδι ποδοσφαίρου δεν μείωσε ούτε την αντίληψη του πόνου, ούτε ενίσχυσε την αποκατάσταση της μυϊκής δύναμης και την ελαστικότητα των κάτω άκρων σύμφωνα με μετρήσεις 48 ώρες μετά την άσκηση. Αντίθετα σε μια άλλη έρευνα παρατηρήθηκε πως αν και ελάχιστη υπήρξε μείωση της μυϊκής δυσφορίας μετά την εκτέλεση SS πριν και μετά την φυσική άσκηση (Jamtvedt et al.,2010). Υπάρχουν όμως και μελέτες, οι οποίες κατέληξαν σε σημαντικό περιορισμό του ΚΜΠ. Για παράδειγμα οι LaRoche and Connolly (2006) απέδειξαν πως σε 4 εβδομάδες εφαρμογής SS και βαλλιστικών διατάσεων πραγματοποιήθηκε πρόληψη της μείωσης του ROM που προέρχονταν από τον ΚΜΠ και οι Torres et al., (2007) βρήκαν λιγότερη απώλεια ROM στο γόνατο έπειτα από 10 συνεδρίες παθητικής SS του τετρακέφαλου. Επομένως η αποτελεσματικότητα των διατατικών ασκήσεων παραμένει αμφιλεγόμενη. Ακόμα είναι εξίσου σημαντικό να σημειωθεί πως η δυναμική διάταση (σύσπαση- χαλάρωση) ως μια μορφή νευρομυϊκής διευκόλυνσης (PNF) μπορεί να βελτιώσει την ελαστικότητα και το ROM, καθώς και με κίνηση του άκρου σε πλήρες εύρος υπό αντίσταση στο τελικό εύρος και έπειτα σε επιμήκυνση, έχει φανεί πως βελτιώνει το τρέξιμο και την απόδοση σε σύγκριση με τις στατικές και τις βαλλιστικές διατάσεις (Behm and Chaouachi, 2011). Επιπλέον έχει αποδειχθεί πως αυτού του είδους η διάταση έχει μια αναλγητική επίδραση, καθώς μπορούν να διακόψουν την μετάδοση του πόνου, να τροποποιήσουν την αντίληψη της διάτασης και έτσι να βελτιωθεί το ROM (Hindle et al.,2012). Επιπρόσθετα η διάταση επιδρά στην ανακούφιση του πόνου μέσω περιορισμού των φλεγμονωδών αντιδράσεων και των ρήξεων των σαρκομερίων που σχετίζονται με τον ΚΜΠ (Herbert et al.,2011). Σε μια τυχαίοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή, η οποία αξιολόγησε την αποτελεσματικότητα των δυναμικών και στατικών διατάσεων στον ΚΜΠ, συμμετείχαν 3 ομάδες των 16 ατόμων. Πραγματοποίησαν την άσκηση ανύψωσης πτέρνας (3 σετ) με τη χρήση TeraBand για αντίσταση μέχρι να προκληθεί κόπωση και κατά συνέπεια ΚΜΠ. Έπειτα οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε ομάδα δυναμικών διατάσεων (Dynamic stretching-DS), ομάδα στατικών διατάσεων (SS) και ομάδα ελέγχου. Η δυναμική πραγματοποιήθηκε στον γαστροκνήμιο και τον υποκνημίδιο του κυρίαρχου ποδιού τοποθετώντας το λάστιχο γύρω από το πόδι και τραβώντας και τις δύο άκρες του προς το μέρος τους. Στη συνέχεια έσπρωξαν το πόδι προς τα κάτω στο τέλος του εύρους και κρατούσαν ισομετρική συστολή για 5 sec. Στη στατική διάταση το μη κυρίαρχο πόδι τοποθετούνταν εμπρός, καθώς η

πτέρνα του πίσω ποδιού παρέμενε στο έδαφος για να προκληθεί διάταση για 30 sec (10 σετ). Και οι δύο ομάδες πραγματοποίησαν το πρόγραμμα δυο φορές την ημέρα για 5 ημέρες. Η μυϊκή δυσφορία αυξήθηκε, το ROM μειώθηκε στις 24,48 και 72 ώρες, ενώ δεν υπήρχε καμία διαφορά στην δύναμη των μυών και στις 3 ομάδες σε σχέση με τις αρχικές τιμές. Συμπερασματικά η εφαρμογή DS και SS δεν έχουν επίδραση στη επιμήκυνση του ενδομυϊκού συνδετικού ιστού, καθώς οι διατάσεις PNF δεν οδήγησαν σε μετρήσιμες δομικές αλλαγές στη μυοτενόντια μονάδα των πελματιαίων καμπτήρων. Δεν εκδηλώθηκε κάποια σημαντική επίδραση των διαφορετικών τύπων διάτασης στη θεραπεία (Xie et al.,2018) και η αδυναμία ανακούφισης των συμπτωμάτων του ΚΜΠ ίσως οφείλεται στη δοσολογία της παρέμβασης, όπως η συνολική διάρκεια, η διάρκεια διατήρησης της διάτασης, η ένταση, και η θέση της διάτασης, τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αποδοτικότητα της θεραπείας. Έρευνα κατέληξε σε αύξηση της μυϊκής δυσφορίας μετά από 51 επαναλήψεις των 60sec SS (Smith et al.,1993), ενώ σε άλλη έρευνα βρέθηκε ότι 30 sec SS που πραγματοποιήθηκε πριν και μετά την άσκηση για 12 μήνες μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο μυϊκής δυσφορίας έστω και σε μικρό βαθμό (0.4 σε κλίμακα από 0-10) (Jamtvedt et al.,2010). Επίσης η έρευνα των Apostoloroulos et al. (2017) ανέφερε πως συγκριτικά με την υψηλής έντασης παθητική στατική διάταση ή καθόλου διάταση, η χαμηλή προς μέτρια διάταση έχει ωφέλιμες επιδράσεις στον αντιλαμβανόμενο μυϊκό πόνο και την αποκατάσταση της μυϊκής λειτουργίας μετά από ασυνήθιστη EIMD. Καμία έρευνα δεν έχει διερευνήσει συστηματικά την ιδανική δοσολογία της διάτασης για την μείωση του πόνου και των λειτουργικών επιπλοκών λόγω του ΚΜΠ. Τέλος οι Torres et al. (2012) κατέληξαν ότι υπάρχει έλλειψη αποδεικτικών στοιχείων, που να υποστηρίζουν τη χρησιμότητα της διάτασης (είτε πριν, μετά ή πριν και μετά την άσκηση) και της χαμηλής έντασης άσκησης.

### 5.4.3 FOAM ROLLER



**Εικόνα 19-FOAM ROLLER (fitshop.gr)**

Το foam roller (FR) είναι μια τεχνική κινητοποίησης των μαλακών μορίων και τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται είτε ως προθέρμανση ή ως αποθεραπεία. Μέσω της μυοπεριτοναϊκής απελευθέρωσης ο ίδιος ο αθλητής με ειδικό εξοπλισμό θεραπεύει τη σωματική δυσλειτουργία που προκαλεί πόνο και κινητικούς περιορισμούς. Στην περίπτωση της αυτομάλαξης (Self Myofascial Release –SMR) τα μέσα που χρησιμοποιούνται είναι μια ειδική ράβδος (stick), μπάλα μάλιαξης-άθλησης (τένις, γκολφ) ή ένα αφρώδες ρολό (foam roller). Συγκεκριμένα το FR επιδρά στο εύρος κίνησης, την μυϊκή δυσφορία και την βιομηχανική απόδοση του κάτω άκρου. Όσον αφορά την επίδραση του στην αποκατάσταση, το FR συμβάλλει σημαντικά στην ελαστικότητα και συνεπώς στην αύξηση του ROM (Κωνσταντίνος Α. Φουσεκής,2015). Για παράδειγμα στην περίπτωση των Bradbury-Squires et al. (2015) μετά από 20 έως 60 συνεδρίες με FR στον τετρακέφαλο, το εύρος κίνησης του γόνατος αυξήθηκε 10-16% σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Όσον αφορά την επίδραση του FR στην αθλητική απόδοση (κατακόρυφο άλμα, δύναμη αντίδρασης εδάφους, ανάπτυξη ώθησης και ρυθμού) έρευνες δεν δείχνουν κάποιο σημαντικό όφελος (Macdonald and Callender,2011). Αντίθετα μια έρευνα έδειξε μικρή βελτίωση της απόδοσης χρησιμοποιώντας το FR συμπληρωματικά με δυναμική προθέρμανση στη μια ομάδα, και στην άλλη εφαρμόστηκε μόνο δυναμική προθέρμανση. Αυτή η βελτίωση πιστεύεται πως οφείλεται στη μείωση της ακαμψίας στους μαλακούς ιστούς (μύες και περιτονία) (Peacock et al.,2014). Επίσης συμβάλλει στην μείωση της αίσθησης του DOMS σε προπονημένους ή μη αθλητές (Cavanaugh et al.,2017). Η έντονη πίεση και διάταση που προκαλεί το FR στους ιστούς ενεργοποιεί τους

υποδοχείς του οργάνου golgi, έτσι επέρχεται μυϊκή χαλάρωση και συνεπώς αύξηση του εύρους κίνησης. Έτσι μια μείωση του πόνου στο αμφίπλευρο κάτω άκρο εμπλέκει τους κεντρικούς μηχανισμούς άλγους, οι οποίοι δρουν ώστε να μετριάσουν τον αντιλαμβανόμενο πόνο μετά από ένα γρήγορο μασάζ στους ιστούς (Aboodarda et al., 2015). Επίσης ο DOMS προκαλείται από αλλαγές στον συνδετικό ιστό, στον οποίο το FR κυρίως επιδρά και όχι τόσο στον μυϊκό ιστό, κάτι που εξηγεί την μείωση της αίσθησης του πόνου χωρίς προφανή μυϊκή δυσλειτουργία (Su et al., 2017). Ακόμα μια άλλη έρευνα πραγματοποιήθηκε με στόχο την αξιολόγηση της αυτομάλαξης με FR στο κάτω άκρο αμέσως μετά από ΗΠΤ. Το πρόγραμμα άσκησης περιελάμβανε πρωτόκολλο Tabata squats (8 × 20sec squats με 10sec ξεκούραση) και έπειτα οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 3 σετ μυοπεριτοναϊκής απελευθέρωσης με FR (16cm διάμετρο) σε ένα από τα δύο πόδια, ενώ τον άλλο ήταν το πόδι ελέγχου. Η μάλαξη έγινε στον τείνων τη πλατεία περιτονία (πλάγια επιφάνεια άκρου) και στον ραπτικό και ορθό μηριαίο (πρόσθια επιφάνεια του άκρου), με ταχύτητα 2s και ένταση 7/10 στην κλίμακα VAS. Η αξιολόγηση των παραμέτρων που μελετήθηκαν έγινε πριν την άσκηση, αμέσως μετά, 24 και 48 ώρες αργότερα. Η ελαστικότητα των αρθρώσεων αξιολογήθηκε παθητικά και ενεργητικά στο ισχίο, το γόνατο και την ΠΔΚ σε οβελιαίο επίπεδο (κάμψη- έκταση) με γωνιόμετρο. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η SMR με FR δεν είχε επίδραση στην αποκατάσταση της απόδοσης (ούτε στο jump squat, ούτε στο countermovement jump). Από την άλλη πλευρά το FR βοήθησε στην αύξηση του ROM του ισχίου (ενεργητική κάμψη/έκταση και παθητική κάμψη) περίπου 4.2% για το πόδι παρέμβασης σε σχέση με το άλλο. Παρόλα αυτά δεν βρέθηκαν επιδράσεις στην βιομηχανική αποκατάσταση, καθώς υπήρξε μείωση κατά 10-15% αμέσως μετά από ΗΠΤ και μόνο 3% 48 ώρες αργότερα. Επίσης υπήρξε μείωση του DOMS κατά 50% στο πόδι παρέμβασης συγκριτικά με το 20% στο πόδι ελέγχου. Αυτή η μείωση ίσως οφείλεται σε ρυθμιστικούς μηχανισμούς του ΚΝΣ ή σε περιφερική προσαρμογή, όπως αλλαγές στην περιτονία ή στη ροή του αίματος. Επίσης έχει αναφερθεί πως το νερό που περιλαμβάνεται στην περιτονία επιδρά στην ακαμψία ιδιαίτερα όταν εξοβελίζεται μέσω της συμπίεσης. Με το FR η συμπίεση που δημιουργείται αυξάνει την ελαστικότητα της περιτονίας, μέσω προσωρινών αλλαγών στο περιεχόμενο του νερού επιτρέποντας την κινητοποίηση προτού ο ιστός ενυδατωθεί ξανά. Συμπερασματικά η SMR έχει πτωχή επίδραση στην ανάκτηση των αρχικών επιπέδων απόδοσης, αλλά μπορεί να είναι χρήσιμη στη μείωση του ΚΜΠ μετά από ΗΠΤ. Έτσι οι ασκούμενοι μπορούν να χρησιμοποιούν την SMR μετά από

έντονη άσκηση, καθώς η μείωση του ΚΜΠ θα βοηθήσει στην πρόληψη τραυματισμών λόγω των μεταβολών στον συντονισμό και της πτώσης του επιπέδου βιομηχανικής αισθητικότητας. Εφόσον δεν υπάρχει ομοφωνία για την αποδοτικότητα ή επικινδυνότητα των διατάσεων μετά από προπόνηση, η SMR είναι μια αποτελεσματική εναλλακτική, η οποία επιτρέπει στους αθλητές να αρχίσουν ξανά την προπόνηση, λίγο μετά από έντονη άσκηση που προκάλεσε σημαντική μυϊκή βλάβη, όπως αποδείχθηκε και στην παραπάνω έρευνα 48 ώρες μετά από ΗΙΠ (Laffaye et al.,2019).

#### 5.4.4 KINETIC FLOSSING



**Εικόνα 20-KINETIC FLOSSING TECHNIQUE (kineticflossing.com)**

Η Kinetic Flossing είναι μια νέα θεραπευτική εφαρμογή, η οποία συνδυάζει την ελαστική ισχαιμική περίδεση, με παθητική ή ενεργητική κινητοποίηση, ειδικές τεχνικές κινητοποίησης και ασκήσεις με υπομέγιστη ή μέγιστη αντίσταση. Η εφαρμογή του ιμάντα γίνεται στην υπό θεραπεία περιοχή μέσω ειδικών εφαρμογών περίδεσης, ενώ έχει την δυνατότητα να τοποθετηθεί σε κάθε μέρος του σώματος. Η τεχνική αυτή συμβάλλει στην ταχύτερη αποκατάσταση μυοσκελετικών παθήσεων και αθλητικών κακώσεων δημιουργώντας αιμοδυναμικές και εμβιομηχανικές προσαρμογές. Η αρχική μείωση της αιματικής ροής ακολουθείται από υπεραιμία, η οποία συμβάλλει στην ενεργοποίηση των ινοβλαστών και κατά συνέπεια στην αναγέννηση του τραυματισμένου κολλαγόνου ιστού, στην εκκαθάριση της περιοχής από παράγωγα της φλεγμονής και στην απευαισθητοποίηση των νευρικών απολήξεων και συνεπώς του πόνου. Όσον αφορά τις εμβιομηχανικές επιδράσεις του kinetic flossing, συμβάλλει μέσω της συμπίεσης και αποσυμπίεσης περιοχών, στην

διόρθωση ορθών προτύπων στάσης και στη σωστή λειτουργία των αρθρώσεων. Επιπρόσθετα αποκαθίσταται η περιτοναϊκή ολίσθηση, λύνονται τυχόν μυοπεριτοναϊκές συμφύσεις και μέσω της κινητοποίησης απομακρύνονται ενδομυϊκά αιματώματα- οιδήματα (KineticFlossing Manual, Angelopoulos,2017). Σε μια έρευνα με στόχο την διερεύνηση της αποδοτικότητας του Flossing στην αντίληψη του ΚΜΠ, συμμετείχαν 17 άτομα χωρίς ιστορικό μυοσκελετικών τραυματισμών. Εκτέλεσαν ένα πρωτόκολλο άσκησης EIMD και έπειτα έλαβαν την παρέμβαση σε ένα από τα δυο άκρα, ενώ το άλλο ήταν το άκρο ελέγχου. Το Flossing εφαρμόστηκε μια φορά για 3 λεπτά στο άνω άκρο (δικέφαλο βραχιόνιο). Το μέσο αξιολόγησης των αποτελεσμάτων ήταν η κλίμακα VAS. Η μέση τιμή του ΚΜΠ στο άκρο παρέμβασης ήταν 42mm, σε σύγκριση με το άκρο ελέγχου που ήταν 48mm. Στις 24 ώρες ( $p=0.036$ ) όπως και στις 48 ώρες ( $p=0.035$ ) μετά την παρέμβαση οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι: 1) το Flossing μετά από άσκηση μείωσε σημαντικά το επίπεδο του αντιλαμβανόμενου DOMS (12,5% λιγότερο άλγος), 2) οι επιδράσεις ήταν σταθερές ανάμεσα σε 24-48 ώρες μετά την άσκηση και συνεπώς φάνηκε να είναι μια ικανοποιητική μέθοδος στη διαχείριση του ΚΜΠ. (Prill et al.,2018).

#### 5.4.5 ΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΑΛΑΚΩΝ ΜΟΡΙΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ (ERGON TECHNIQUE)



**Εικόνα 21-ERGON IASTM TECHNIQUE (ergontechnique.com)**

Πρόκειται για μια μορφή επιθετικής κινητοποίησης των μαλακών μορίων με ειδικά εργαλεία (από ανοξείδωτο ατσάλι), η οποία έχει ως στόχο την λύση συμφύσεων που έχουν δημιουργηθεί σε περιοχές είτε λόγω κακής αποκατάστασης ή λόγω υπέρχρησης. Με τον τρόπο αυτό ανιχνεύεται και απελευθερώνεται ο ουλώδης ιστός,

οι συμφύσεις και οι περιτοναϊκές προσκολλήσεις. Βελτιώνεται η αιματική κυκλοφορία, επιταχύνεται η ενεργοποίηση των ινοβλαστών και συνεπώς η διαδικασία της επούλωσης. Επίσης αυξάνεται η ελαστικότητα των ιστών, μειώνεται ο μυϊκός τόνος και πόνος και βελτιώνεται η λειτουργικότητα της περιοχής (Κωνσταντίνος Α. Φουσέκης, 2015).

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Κουμπέτσος και Παπαχριστόπουλος (2018), 80 συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε 4 ισάριθμες ομάδες ανάλογα με την παρέμβαση που τους εφαρμόστηκε :1) ελέγχου, 2) κινητοποίηση μαλακών μορίων με ειδικό εξοπλισμό (ERGON), 3) ισχαιμική ελαστική περίδεση (Kinetic flossing), 4) μυοπεριτοναϊκή αυτομάλαξη (Foam Roller). Εφόσον πραγματοποιήθηκαν οι αρχικές μετρήσεις, εκτελέστηκε ένα πρωτόκολλο κόπωσης με στόχο την πρόκληση ΚΜΠ. Συγκεκριμένα στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (BiodexSystemIII) εκτελέστηκαν 3 σετ των 10 επαναλήψεων έκκεντρων συσπάσεων των εκτεινόντων μυών του γόνατος. Έπειτα εκτελέστηκαν πάλι μετρήσεις, αποθεραπεία, διατάσεις και η αντίστοιχη θεραπευτική παρέμβαση. Στην ομάδα FR εφαρμόστηκε κύλιση του ποδιού πάνω στον κύλινδρο με όλο το βάρος του σώματος με πορεία από έκφυση τετρακέφαλου έως επιγονατίδα, με διάρκεια 1 λεπτού συνεχόμενα × 5 σετ. Στην ομάδα Ergon εφαρμόστηκαν τεχνικές globe για 5 λεπτά με στόχο την υπεραιμία, έπειτα για 2 λεπτά αξιολογήθηκε η περιοχή με wave τεχνική και έπειτα για 4 λεπτά με τεχνική Rub έγινε απευαισθητοποίηση των επώδυνων σημείων. Τέλος για 4 λεπτά εφαρμόστηκαν SEP και SPLIT για αποκόλληση περιτοναϊκών προσκολλήσεων. Στην 3<sup>η</sup> ομάδα (Kinetic Flossing) εφαρμόστηκε μάντας στην περιοχή του τετρακέφαλου με τάση 70-80%, συνδυαστικά με παθητική κάμψη-έκταση (4 σετ των 2λεπτών με 30sec ξεκούραση ανάμεσα). Στη 4<sup>η</sup> ομάδα δεν εφαρμόστηκε καμία τεχνική. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως και οι 3 στρατηγικές αντιμετώπισης είναι ευεργετικές με την Flossing και Ergon να υπερτερούν. Μόνο οι δύο τελευταίες σημείωσαν μεγάλη μείωση του αντιλαμβανόμενου πόνου (VAS) και τις τρεις μέρες ( $p<0.05$ ) σε σχέση με την ομάδα FR) και την ομάδα ελέγχου. Σχετικά με το αίσθημα πόνου στον μηρό (αλγόμετρο) το flossing υπερτερεί ελάχιστα της ergon και κατά πολύ της foam. Συμπερασματικά και οι 3 τεχνικές μπορούν να εφαρμοστούν για την διαχείριση του ΚΜΠ, όμως ανάλογα με τον στόχο της θεραπείας επιλέγεται και η κατάλληλη τεχνική. Για αύξηση του ROM καλύτερα αποτελέσματα έχει η Ergon τεχνική, για μείωση του πόνου και της

κόπωσης καλύτερη είναι η flossing και για μείωση του πόνου και διατήρηση της μυϊκής δύναμης μπορούν να εφαρμοστούν και οι δυο προαναφερθείσες τεχνικές.

## 5.5 ΜΑΛΑΞΗ



**Εικόνα 22-ΜΑΛΑΞΗ (physikall.com)**

Η μάλαιξη είναι μια ευρέως διαδεδομένη και εφαρμοζόμενη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση, η οποία στοχεύει στην ταχύτερη αποκατάσταση των αθλητών μετά από EIMD και συνεπώς στη αμεσότερη προετοιμασία για την επόμενη προπόνηση ή αγώνα. Σε επαγγελματίες αθλητές η μάλαιξη χαρακτηρίζεται ως ο αποδοτικότερος τρόπος για την μείωση της αντίληψης του πόνου και της κόπωσης, καθώς έχει φανεί πως αυξάνει τις επιδόσεις στο σπριντ τρέξιμο. Η αποτελεσματικότητά της είναι αβέβαιη, οι περισσότερες μελέτες έχουν μεθοδολογικές ελλείψεις και τα ευρήματά τους δεν είναι ομοιόμορφα. Η ενδεχόμενη αποτελεσματικότητα της θεραπείας αυτής οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του δέρματος και των μυών, στην αύξηση της ροής του αίματος και της λέμφου και στην παρασυμπαθητική δραστηριότητα (Porrendieck et al.,2016). Επιπλέον στις επιδράσεις περιλαμβάνονται η ανακούφιση από την μυϊκή ακαμψία και τάση, η μείωση της μυϊκής δυσφορίας και το αυξημένο ROM. Για την επεξήγηση των μηχανισμών της μάλαιξης στη θεραπεία του ΚΜΠ έχουν αναπτυχθεί τρεις θεωρίες: 1) η διαφοροποίηση της δραστηριότητας του συμπαθητικού νευρικού συστήματος (Martin et al.,2015), 2) η αύξηση στην αιματική και λεμφική κυκλοφορία που επιτρέπει μια ραγδαία απομάκρυνση των βιοχημικών δεικτών της μυϊκής βλάβης (πχ CK και γαλακτική αφυδρογονάση) (Heiss et al.,2019), αλλά και η επερχόμενη οξυγόνωση των ιστών που αποκαθιστά την μιτοχονδριακή αναγέννηση του ATP και την ενεργή μεταφορά του Ca πίσω στο σαρκοπλασματικό



δίκτυο (Amstrong,1984), 3) ο ρόλος της ψυχοφυσιολογικής απόκρισης στην μείωση του πόνου (Cheung et al.,2003). Μια συστηματική ανασκόπηση συμπέρανε ότι η μάλαξη μετά την άσκηση μπορεί να είναι ευεργετική στη μείωση του DOMS, με θετικές επιδράσεις στην μυϊκή ευαισθησία, στην μυϊκή απόδοση (πχ μέγιστη ισομετρική δύναμη και μέγιστη ροπή στρέψης) και στα επίπεδα CK ορού (Weber et al.,1994). Επίσης από την μετά-ανάλυση τους οι Dupuy et al (2018) κατέληξαν πως η μάλαξη είναι η πιο αποδοτική τεχνική για την μείωση των συγκεντρώσεων της CK και της IL-6 στο αίμα μετά την άσκηση. Μια πτώση της συγκέντρωσης της CK ίσως οδηγήσει σε μείωση της μυϊκής βλάβης και σε μια ταχεία αποκατάσταση μετά την άσκηση (Bishop et al.,2008). Επιπλέον αυτή η μέθοδος θεραπείας όταν εφαρμόζεται μετά την άσκηση, διαμορφώνει τις ανοσοποιητικές ενώσεις, οι οποίες μπορεί να έχουν άμεση επίδραση στην κόπωση και στα συμπτώματα της EIMD (Tejero-Fernandez et al.,2015). Σε μία έρευνα βρέθηκαν διαφορές στα επίπεδα του ΚΜΠ μετά από έντονη άσκηση, ανάμεσα στο άκρο ελέγχου και στο άκρο παρέμβασης, έπειτα από εφαρμογή είτε ζυμώματος ή συνδυασμός ζυμώματος και θωπείας (2 λεπτά θωπείας, 5 λεπτά ζύμωμα και 1 λεπτό θωπεία) (Weber et al.,1994). Ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής του σώματος, η διάρκεια της μάλαξης κυμαίνεται από 6-30 λεπτά (πχ. 6 λεπτά για τους μυς του καρπού, 30 λεπτά για τους μυς του κάτω άκρου) (Guo et al.,2017). Επίσης η εφαρμογή της μάλαξης αμέσως μετά έως και 2 ώρες μετά την άσκηση έχει φανεί πως μειώνει αποδοτικά τον ΚΜΠ για 24 ώρες (Torres et al.,2012), έως και 96 ώρες μετά (Dupuy et al.,2018). Οι Guo et al. (2017) αναφέρουν πως το ποσοστό του ΚΜΠ μειώθηκε σημαντικά όταν οι συμμετέχοντες έλαβαν θεραπεία μάλαξης σε σύγκριση με την απουσία παρέμβασης στις 24 ώρες μετά την άσκηση, όμως μεγαλύτερη αποδοτικότητα φάνηκε να έχει στις 48 και 72 ώρες μετά. Ακόμα βελτιώθηκε η μέγιστη ισομετρική δύναμη (MIF), η ροπή δύναμης και τα επίπεδα CK ορού. Έρευνα αναφέρει πως μετά από έντονη ποδηλασία η κόπωση των αθλητών μειώθηκε αποδοτικότερα μέσω της μάλαξης σε σύγκριση με την παθητική ξεκούραση χωρίς μάλαξη (Ogai et al.,2008). Ακόμα μια έρευνα των Hartono et al. (2019) είχε ως στόχο την μελέτη της αποδοτικότητας της μάλαξης έναντι της CWI στη μείωση του γαλακτικού και του ΚΜΠ μετά από Running-Based Anaerobic Sprint Test (RAST). Τριάντα συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε 3 ομάδες: 1) roller massage, 2) μάλαξη και 3) ice bath. Οκτώ λεπτά μετά το RAST οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε θεραπεία και συγκεκριμένα 5 λεπτά FR, 5 λεπτά μάλαξη και 5 λεπτά CWI (σε νερό 10°C), κάθε ομάδα αντίστοιχα. Το γαλακτικό στο αίμα είχε

εξετασθεί 8 λεπτά μετά την RAST και επανεξετάσθηκε μετά τη θεραπεία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποβολή γαλακτικού και η μείωση του DOMS ήταν πιο αποδοτικά στην CWI σε σύγκριση με την μάλαξη και το FR, καθώς η αγγειοσύσπαση ως επίδραση του CWI συμβάλλει στην γρηγορότερη απομάκρυνση του γαλακτικού και έχει αξιόλογη αναλγητική επίδραση. Τέλος η διαφοροποίηση που μπορεί να υπάρχει μεταξύ των ερευνών ίσως οφείλεται στην μεγάλη ποικιλία των τεχνικών μάλαξης, αλλά και των διαφορετικών φυσικοθεραπευτών

## 5.6 ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ (Ultrasound irradiation)



### Εικόνα 23-ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ (physionews.gr)

Ο θεραπευτικός υπέρηχος είναι ένα ευρέως διαδεδομένο μέσο, το οποίο ως γνωστόν προάγει τον μεταβολικό ρυθμό, καταστέλλει τον πόνο και την σπαστικότητα, βελτιώνει την νευρική αγωγιμότητα, βοηθά την αιματική κυκλοφορία και την προσαρμοστικότητα των μαλακών ιστών. Εφόσον οι αύξηση της μυϊκής θερμοκρασίας είναι η ίδια μετά από υπέρηχο και μετά από προθέρμανση, διεξήχθη μια έρευνα με στόχο την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του US ως πρόληψη του ΚΜΠ. Για τον λόγο αυτό αξιολογήθηκε η μυϊκή ακαμψία, ως ένας αντικειμενικός δείκτης, και διερευνήθηκε η επίδραση της θέρμανσης, μέσω του υπερήχου, πριν την άσκηση. Η ακαμψία συνήθως αυξάνεται μετά από έντονη άσκηση και οφείλεται στην αυξημένη αγγειακή διαπερατότητα για την εξαγωγή των ενδομυϊκών μεταβολιτών, όπως το CO<sub>2</sub> και το γαλακτικό οξύ που παράγονται κατά την άσκηση από τις μυϊκές ίνες. Στην έρευνα των Koeda et al. (2019) συμμετείχαν 28 άτομα στα οποία εφαρμόστηκε US (3MHz, 1.5 W/cm<sup>2</sup>, 10min) και ψευδής θεραπεία με τυχαία σειρά σε κάθε άτομο, με ενδιάμεση ξεκούραση 5 ημερών, ώστε να μην υπάρχει επίδραση της παρέμβασης ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις. Όπως είναι γνωστό, τα θερμικά

αποτελέσματα του υπερήχου διαρκούν περίπου 20 λεπτά, οπότε προκλήθηκε ΚΜΠ στον δικέφαλο βραχιόνιο μέσα σε πέντε λεπτά από την εφαρμογή του US. Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε επαναλαμβανόμενες άρσεις βάρους 5kg κατά το κάθισμα σε καρέκλα, με τον αγκώνα πάνω σε επιφάνεια και το αντιβράχιο σε ύπτια θέση. Η άσκηση αυτή κράτησε μέχρι οι συμμετέχοντες να σταματήσουν λόγω μυϊκής κόπωσης (4 σετ, 30sec ξεκούραση ανάμεσα). Η μέτρηση της μυϊκής ακαμψίας πραγματοποιήθηκε πριν τη θεραπεία, αμέσως μετά την άσκηση και 2,5 και 8 μέρες μετά. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι τιμές της VAS και στις δύο περιπτώσεις ήταν σημαντικά καλύτερες την ημέρα 0 και 2 απ' ό,τι πριν ( $p < 0.05$ ). Επομένως δεν υπήρχε διαφορά στην κλίμακα VAS, ούτε στη σύγκεντρη, ούτε στην έκκεντρη συστολή του αγκώνα ανάμεσα στο US και την ψευδή θεραπεία. Μετά από US η μυϊκή ακαμψία ήταν σημαντικά βελτιωμένη μετά από την άσκηση την ημέρα 0 και 2 απ' ό,τι πριν ( $p < 0.05$ ). Αντίθετα μετά από την ψευδή θεραπεία η ακαμψία ήταν οριακά βελτιωμένη ( $p < 0.05$ ) και τη 2<sup>η</sup> μέρα παρουσίασε αύξηση. Επιπλέον είναι σημαντικό να σημειωθεί πως ο υπέρηχος μέσω της δόνησης των εν τω βάθει ιστών, παράγει θερμότητα τριβής. Όταν η θερμοκρασία των ιστών αυξάνεται κατά 1°C η μεταβολική δραστηριότητα επιταχύνεται, κατά 2-3°C αναστέλλεται ο μυϊκός τόνος και ο πόνος και κατά 3-4°C η εκτασιμότητα των κολλαγόνων ινών αυξάνεται. Στην παρούσα έρευνα η δεκάλεπτη εφαρμογή του US προκάλεσε αύξηση της θερμοκρασίας του δικέφαλου βραχιονίου κατά 3-4°C, οπότε η μείωση της μυϊκής ακαμψίας αποδόθηκε στην αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα των μυϊκών κυττάρων και στην βελτιωμένη εκκένωση των μεταβολιτών χάρη της αυξημένης αιματικής ροής. Συμπερασματικά η US πριν από έντονη προπόνηση ήταν αποτελεσματική στην αναστολή της αυξημένης μυϊκής ακαμψίας, επομένως μπορεί να εφαρμοστεί ως τρόπος πρόληψης του ΚΜΠ.

## 5.7 ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ



**Εικόνα 24-ΕΦΑΡΜΟΓΗ TENS (performancehealth.com)**

Η εφαρμογή ηλεκτρικών ρευμάτων χρησιμοποιούνται κλινικά για την επιτάχυνση της επούλωσης πληγών και καταγμάτων. Διαφορετικοί τρόποι ηλεκτροθεραπείας έχουν προσφάτως προταθεί για τη διαχείριση του ΚΜΠ. Η διαδερμική ηλεκτρική νευρική διέγερση (Transcutaneous electrical nerve stimulation-TENS) εφαρμόζεται για την μείωση του πόνου και της φλεγμονώδους αντίδρασης, που σχετίζονται με τον DOMS. Έχει προταθεί πως η εφαρμογή TENS χαμηλής συχνότητας και μεγάλης διάρκειας παλμού μπορεί να οδηγήσει σε απελευθέρωση της β-ενδορφίνης από την πρόσθια υπόφυση. Η β- ενδορφίνη μοιράζει την πρόδρομη ορμόνη προπιομελοκορτίνη (POMC) με την κοτρικοτροπίνη. Η τελευταία καταλήγει στη σύνθεση και την απελευθέρωση της κορτιζόλης από τον επινεφριδιακό φλοιό, η οποία διεγείρει την γλυκονεογένεση, βοηθά την χρήση της γλυκόζης, την πρωτεΐνοσύνθεση, την κινητοποίηση των λιπαρών οξέων και ανακουφίζει από οξείες και χρόνιες φλεγμονώδεις αντιδράσεις (Cheung et al.,2003). Όπως και στην κρυοθεραπεία, η περιορισμένη εφαρμογή των TENS δεν είναι αποδοτική στη μείωση των σημείων και συμπτωμάτων του ΚΜΠ. Η έρευνα των Malmir et al. (2017) είχε ως στόχο την σύγκριση των επιδράσεων της επαναλαμβανόμενης κρυοθεραπείας και των TENS στα συμπτώματα του DOMS στους οπισθίους μηριαίους, όσον αφορά την ένταση του πόνου, το ενεργητικό εύρος κίνησης της έκτασης του γόνατος (AROM) , την περιφέρεια του μηρού και την απόσταση που καλύπτεται μέσω της δοκιμασίας τριπλού άλματος (αξιολόγηση λειτουργικότητας). Συμμετείχαν 32 άτομα, τα οποία χωρίστηκαν τυχαία σε ομάδα κρυοθεραπείας και ομάδα TENS, ενώ δέκα συμμετέχοντες θεωρήθηκαν ομάδα ελέγχου. Ο πόνος, το AROM, η απόσταση τριπλού άλματος και η περιφέρεια του μηρού αξιολογήθηκαν πριν, 24, 48 και 72

ώρες μετά την πρόκληση του ΚΜΠ στους οπισθίους μηριαίους του κυρίαρχου κάτω άκρου. Για την πρόκληση του ΚΜΠ οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν νορβηγική άσκηση ώστε οι οπίσθιοι μηριαίοι να δράσουν έκκεντρα (12 σετ των 6 επαναλήψεων). Για την κρυοθεραπεία τοποθετήθηκε πάγος για 20 λεπτά (3 φορές/ημέρα για 3συνεχόμενες μέρες). Τα TENS εφαρμόστηκαν μέσω ενός ITO stimulator και τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν κατά μήκος του πιο επίπνου σημείου της μυοτενόντιας ένωσης των οπισθίων μηριαίων στο κάτω 1/3 του μυός. Εφαρμόστηκαν μια φορά την ημέρα για 3 συνεχόμενες μέρες με χαρακτηριστικά: συχνότητα (110Hz), παλμό (200μs), και διάρκεια (20min). Η ένταση καθοριζόνταν ανάλογα με την ανεκτικότητα του ασθενούς, μέχρι ένα σημείο που ο συμμετέχον ένιωθε παραισθησία, χωρίς όμως να προκαλείται μυϊκή συστολή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ένταση του πόνου αυξήθηκε σταδιακά έως τις 48 ώρες μετά την πρόκληση του ΚΜΠ και έπειτα μειώθηκε, αλλά μόνο μέσω της κρυοθεραπείας, ενώ τα TENS δεν είχαν κάποια επίδραση. Το AROM επηρεάστηκε μόνο από την κρυοθεραπεία, μειώθηκε μόνο 48 ώρες μετά, αλλά η μείωση σταμάτησε 72 ώρες μετά. Η απόσταση τριπλού άλματος μειώθηκε σταδιακά μέχρι 48 ώρες και σταμάτησε 72 ώρες μετά την πρόκληση του ΚΜΠ, αλλά οι αλλαγές αυτές δεν επηρεάστηκαν ούτε από τη κρυοθεραπεία, ούτε από τα TENS. Η περιφέρεια του μηρού δεν επηρεάστηκε από τον ΚΜΠ. Έχει παρατηρηθεί πως κατά την εφαρμογή των TENS η αναλγησία είναι παρούσα μόνο τη στιγμή της διέγερσης, καθώς όταν αυτή σταματά ο πόνος ίσως εμφανιστεί ξανά. Συμπερασματικά μόνο η κρυοθεραπεία μπορεί να μειώσει μόνιμα την ένταση του πόνου μετά από πρόκληση DOMS στους οπισθίους μηριαίους, ενώ κατά την εφαρμογή των TENS η μείωση συμβαίνει μόνο εκείνη τη στιγμή. Τέλος η συχνή εφαρμογή αυτών των παρεμβάσεων δεν οδήγησε σε καλύτερη διαχείριση των συμπτωμάτων που σχετίζονται με τον ΚΜΠ.

## 5.8 ΒΕΛΟΝΙΣΜΟΣ



**Εικόνα 25-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΒΕΛΟΝΙΣΜΟΥ (healthline.com)**

Ο βελονισμός είναι μια θεραπευτική παρέμβαση προερχόμενη από την παραδοσιακή κινέζικη ιατρική (TCM), η οποία δρα ως μια συμπληρωματική, γρήγορη και αξιόπιστη θεραπεία για τη διαχείριση του ΚΜΠ. Επίσης έχει θετικές επιδράσεις στην μυϊκή δύναμη και τη μυϊκή μικροκυκλοφορία, έχει αντιφλεγμονώδη δράση και αναστέλλει τη νωτιαία και υπερινωτιαία μετάδοση ερεθισμάτων (Cardoso et al.,2019). Επομένως χρησιμοποιείται ευρέως σε μυοσκελετικές περιπτώσεις στην κλινική πράξη, καθώς μειώνει την διάρκεια της διαδικασίας αποκατάστασης και βελτιώνει την απόδοση των αθλητών (Villarreal et al.,2016). Έχει αναφερθεί πως ο ΚΜΠ είναι εφικτό να μειωθεί, μέσω της εφαρμογής βελόνων σε ευαίσθητα σημεία (πχ. Ah-Shi acupuncture points) ή σε άλλα βελονιστικά σημεία, όμως οι επιδράσεις της μεθόδου αυτής είναι αμφιλεγόμενες. Αν και ο μηχανισμός δράσης του βελονισμού στον ΚΜΠ παραμένει άγνωστος, η ήπια αναλγητική επίδραση οφείλεται στον ανασταλτικό έλεγχο των νευρικών ώσεων και στην απελευθέρωση ενδογενών οπιοειδών (Chang et al.,2020). Μάλιστα ορισμένοι αθλητές με ΚΜΠ αποδέχθηκαν και πρότειναν τον βελονισμό σε άλλους αθλητές, ως συμπληρωματική θεραπεία για τη διαχείριση των συμπτωμάτων τους. Τα σημεία βελονισμού στις ομάδες παρέμβασης κάθε μελέτης επιλέγονται ανάλογα με τον μυ στον οποίο προκαλούνταν ο ΚΜΠ και τα συμπτώματα ευαισθησίας. Με βάση την θεωρία της κινέζικης ιατρικής οι βελόνες εισάγονται στα βελονιστικά σημεία για 3-30 λεπτά. Οι θεραπείες βελονισμού πραγματοποιούνται μια φορά την ημέρα, μεταξύ 1 μέρας έως 2 εβδομάδων. Στις ομάδες ψευδούς θεραπείας (sham groups) η τοποθέτηση των βελόνων γινόταν σε σημεία δίπλα από τα προβλεπόμενα και οι ομάδες ελέγχου δεν λάμβαναν καμία

θεραπεία (Chang et al.,2020). Αρκετές έρευνες έχουν δείξει πως η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να ανακουφίσει τον πόνο μέσω των αναλγητικών μηχανισμών, όμως κάποιες υποστηρίζουν πως δεν υπάρχει καμία ευεργετική επίδραση. Στη μελέτη των Chang et al, (2020) μελετήθηκαν 15 έρευνες που πληρούσαν τα απαραίτητα κριτήρια. Στις 12 μελέτες βρέθηκαν ότι ο βελονισμός μειώνει τον ΚΜΠ και οι 3 μελέτες δεν ανέφεραν κάποια επίδραση αυτής της μεθόδου. Κατέληξαν πως ο βελονισμός έχει μικρές έως μέτριες επιδράσεις στην ανακούφιση του DOMS, συγκριτικά με την ομάδα ψευδούς θεραπείας (sham group) και την ομάδα ελέγχου. Παρόλα αυτά τα στοιχεία για τα οφέλη του βελονισμού παραμένουν ανεπαρκή, λόγω της έλλειψης υψηλούς ποιότητας και καλά διαμορφωμένων άρθρων. Ακόμα σε μια τυχαιοποιημένη μελέτη ελέγχου με 60 συμμετέχοντες, αξιολογήθηκε η επίδραση του βελονισμού στον ΚΜΠ, λόγω έκκεντρης άσκησης στον δικέφαλο βραχιόνιο μυ, όμως δεν φάνηκαν ευεργετικά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά μια εντατική εφαρμογή τοπικά με την εισαγωγή ξηρής βελόνας στον μυ (dry needling) πρέπει να δοκιμαστεί σε μελλοντικές έρευνες (Fleckenstein et al.,2016). Σε μια άλλη έρευνα μελετήθηκε η επίδραση του βελονισμού στην πρόκληση του οξύ μυϊκού πόνου και του ΚΜΠ, καθώς και στην πρόληψη του. Συμμετείχαν 45 άτομα τα οποία υποβλήθηκαν σε EIMD και έπειτα σε αξιολόγηση του μυϊκού πόνου και του κατωφλιού πόνου πίεσης. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε πριν από κάθε θεραπεία, 20 λεπτά μετά και 24 ώρες μετά τη 1η και 2<sup>η</sup> θεραπεία βελονισμού. Και στις δύο ομάδες (αληθούς και ψευδούς παρέμβασης) ο βελονισμός εφαρμόστηκε για 2 λεπτά, ενώ η ομάδα ελέγχου ξεκουράστηκε για 2 λεπτά χωρίς να εφαρμοστεί κάποια θεραπεία. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο αληθής βελονισμός μπορεί να μειώσει την ύπαρξη του οξύ μυϊκού πόνου κατά 1/2 και του ΚΜΠ κατά 1/3 (Cardoso et al.,2019).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



**Εικόνα 26-ΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ (boro.gr)**

Η χρήση των μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων (ΜΣΑΦ) (πχ. δικλοφενάκη) χρησιμοποιούνται ευρέως από πολλούς αθλητικούς ιατρούς για τη θεραπεία ποικίλων ειδών μυϊκών τραυματισμών, όπως και στον ΚΜΠ. Η κατάποση τους θεωρείται πως ανακουφίζει τον πόνο και περιορίζει την φλεγμονώδη αντίδραση. Ωστόσο στις πιο ήπιες μορφές ΚΜΠ δεν συνίσταται η κατανάλωση ΜΣΑΦ, καθώς πολλές έρευνες αναφέρουν ότι μειώνουν την ικανότητα ανακατασκευής της μυϊκής βλάβης και αναστέλλουν τη φλεγμονώδη διεργασία. Κατά συνέπεια η χρήση τους ίσως έχει αρνητικές επιδράσεις στην αναγέννηση του σκελετικού μυ (Schoenfeld,2012). Παρόλα αυτά πειραματικά ευρήματα υποστηρίζουν την χρήση τους όσον αφορά την ενεργοποίηση των δορυφορικών κυττάρων, η οποία πιθανώς παίζει σημαντικό ρόλο στην επούλωση και την αναγέννησης των μυών (Sciorati et al.,2016). Επιπλέον η βιταμίνη D έχει διεγείρει το ενδιαφέρον τόσο στο πλαίσιο της μυϊκής λειτουργίας, όσο και στους σχετιζόμενους τραυματισμούς. Μερικές έρευνες υποστηρίζουν τις πιθανές ευεργετικές επιδράσεις της βιταμίνης D στη μυϊκή αναγέννηση, καθώς μπορεί να εκδηλωθεί μια αλληλεπίδραση ανάμεσα στη βιταμίνη D, την μυϊκή λειτουργία και την σωματική άσκηση. Παρόλα αυτά δεν υπάρχει προς το παρόν επιστημονικός συλλογισμός για την γενική κατάποση βιταμίνης D μετά από έντονες μορφές ασκήσεων (Heiss et al.,2019).



Επιπρόσθετα κάποιες έρευνες έχουν διεξαχθεί για να αξιολογήσουν τις επιδράσεις των διατροφικών παρεμβάσεων στην έκφραση του DOMS. Οι περισσότερες επικεντρώθηκαν στην κατάποση συμπληρωμάτων αμινοξέων διακλαδισμένων αλυσίδων (BCAAs), καφεΐνης, ομέγα-3 λιπαρά οξέα, ταυρίνη, πολυφαινόλης ή ποικίλα άλλα συνθετικά ή φυσικά, αντιοξειδωτικά συμπληρώματα διατροφής, όπως μύρτιλλα ή χυμό κεράσι (Kim and Lee, 2014). Τα BCAAs, τα οποία κυρίως μεταβολίζονται μέσα στους σκελετικούς μύες, έχει εκτιμηθεί ότι προάγουν την σύνθεση μυϊκών πρωτεϊνών (Foure and Bendahan,2017). Επίσης έχουν ευεργετικές επιδράσεις, κυρίως όταν η έκταση της μυϊκής βλάβης είναι χαμηλή προς μέτρια και εάν λαμβάνεται υψηλή ημερήσια πρόσληψη BCAA (>200mg/kg/ημέρα) για μεγάλο χρονικό διάστημα (>10 ημέρες). Η πρόσληψη BCAA ήταν αποτελεσματική ειδικά εάν καταναλωνόταν πριν την άσκηση. Παρόλα αυτά στα αποτελέσματα των μελετών που διερεύνησαν τις επιδράσεις της λήψης BCAAs σε EIMD, βρέθηκε μεγάλη ετερογένεια. Ακόμα έρευνα έδειξε ότι η χρήση καφεΐνης είναι αποδοτική στη μείωση του ΚΜΠ μετά την άσκηση (5mg/kg) (Hurley et al.,2013). Τα ομέγα-3 λιπαρά οξέα θεωρούνται ότι περιορίζουν τις φλεγμονώδεις αποκρίσεις. Έτσι συμπεραίνεται ότι η κατάποση 1,8-3g ω-3 ίσως είναι αποδοτική στη ελαχιστοποίηση των συμπτωμάτων του ΚΜΠ μετά από άσκηση (Jouris et al.,2011). Επίσης η ταυρίνη σε συνδυασμό με τα BCAAs προτείνεται ως ευεργετική στην μείωση του ΚΜΠ, όμως η κατανόηση των ακριβών μηχανισμών αυτής της επίδρασης εκλείπει (Ra et al.,2013). Επιπρόσθετα μια συστηματική ανασκόπηση εξέτασε τις επιδράσεις των αντιοξειδωτικών συμπληρωμάτων στην πρόληψη και μείωση της σοβαρότητας και της διάρκειας του ΚΜΠ. Οι συγγραφείς κατέληξαν ότι η υψηλή δόση τους δεν οδηγεί σε κλινικά σημαντική μείωση της μυϊκής ευαισθησίας μετά από άσκηση σε έως 6 ώρες ή σε 24 , 48, 72 και 96 ώρες μετά (Ranchordas et al.,2017). Αντιθέτως μια άλλη έρευνα έδειξε μικρή έως μέτρια αύξηση του ΚΜΠ και της CRP μετά την κατανάλωση χυμού μύρτιλλου υψηλής περιεκτικότητας σε πολυφαινόλη σε 21 προπονημένους δρομείς που πραγματοποίησαν ημιμαραθώνιο (Lynn et al.,2018). Επιπλέον υπάρχει μεγάλη ποικιλία φυσικών διατροφικών συμπληρωμάτων, όπως το κύμινο, ο χυμός κεράσι ή τα ένζυμα (βρομελίνη, θρυψίνη, εασώλη), τα οποία ίσως μειώσουν τις φλεγμονώδεις αντιδράσεις και τα συνωδά συμπτώματα του ΚΜΠ (Marzin et al.,2016). Συμπερασματικά αν και κάποιες έρευνες μπορούν να προσφέρουν πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα, κανένας διατροφικός παράγοντας δεν βρέθηκε να εκδηλώνει αξιοσημείωτες επιδράσεις στην πρόληψη και εκδήλωση του

ΚΜΠ. Εντούτοις είναι σημαντικό να αναφερθεί πως οι περισσότερες έρευνες συμβιβάστηκαν με μικρό δείγμα, χρησιμοποίησαν διαφορετικές δόσεις, διαφορετικές περιόδους κατάποσης ή διερεύνησαν διαφορετικές παραμέτρους. Έτσι λείπουν ισχυρές αποδείξεις για να υποστηρίξουν την γενική χρήση ποικίλων διατροφικών συμπληρωμάτων. Τέλος στον τομέα των συμπληρωμάτων διατροφής, η χημική μόλυνση από απαγορευμένες ουσίες πρέπει να λαμβάνεται υπόψη (Heiss et al.,2019).

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Ο ΚΜΠ είναι αποτέλεσμα ασυνήθιστης ή έντονης έκκεντρης άσκησης και εμφανίζεται συχνότερα σε αθλητές ή άτομα που ξεκινούν μια νέα δραστηριότητα έπειτα από καθιστική ζωή. Οι συνδεσμικές και οι μυϊκές δομικές βλάβες, οι οποίες δημιουργούνται επηρεάζουν την μυϊκή λειτουργία και την κινηματική των αρθρώσεων, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η απόδοση των αθλητών και να αυξάνεται ο κίνδυνος μυοσκελετικού τραυματισμού. Επίσης η παθοφυσιολογία του, αν και έχουν διατυπωθεί ορισμένες θεωρίες, δεν είναι σαφής και έως σήμερα δεν έχει βρεθεί συγκεκριμένος αλγογόνος παράγοντας. Ουσιαστικά καταστρέφονται τα μυϊκά κύτταρα και κατά συνέπεια δημιουργείται τοπική φλεγμονώδη αντίδραση. Χαρακτηριστικό του DOMS είναι η καθυστερημένη εμφάνιση των συμπτωμάτων (6-12 ώρες μετά από EIMD) και η εξαφάνιση τους μετά από 5-7 ημέρες. Η διάγνωση του φαινομένου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω χημικών εξετάσεων, διαγνωστικό υπέρηχο, ελαστογραφία και MRI, η οποία θεωρείται εξέταση εκλογής. Όσον αφορά τη θεραπευτική παρέμβαση βασικός στόχος είναι η πρόληψη των δομικών κακώσεων κατά τη διάρκεια της άσκησης και έπειτα η εφαρμογή της κατάλληλης θεραπείας σε περίπτωση εμφάνισης συμπτωμάτων. Μια από τις βασικότερες μεθόδους πρόληψης του ΚΜΠ είναι η κρυοθεραπεία, η οποία προκαλεί βραχυπρόθεσμη αναλγησία μέσω μείωσης της νευρικής αγωγιμότητας και της παραγωγής ενδορφινών. Η εφαρμογή της έχει προταθεί για τις πρώτες 72 ώρες μετά τη μυϊκή βλάβη. Αν και ο αριθμός των εφαρμογών και η διάρκεια παραμένουν αμφιλεγόμενα, προτείνεται η εφαρμογή να μην ξεπερνά τα 20 λεπτά. Στη CWI η επίδραση παραμένει για έως 96 ώρες και τα καλύτερα αποτελέσματα προκύπτουν σε νερό 11-15°C και διάρκεια 11-15 λεπτά, ενώ έχει φανεί πως μια πιο ανεκτή θερμοκρασία βελτιστοποιεί την μυϊκή αποκατάσταση.

Η WBC περιλαμβάνει έκθεση σε ξηρό αέρα (κάτω από  $-100^{\circ}\text{C}$ ) και διάρκεια εφαρμογής 2-5 λεπτά. Τα στοιχεία για την ορθή εφαρμογή της δεν επαρκούν και τα ευρήματα για τη θετική επίδραση στην λειτουργική αποκατάσταση είναι διφορούμενα. Προτείνεται η εφαρμογή περισσότερων από μιας συνεδριών και μάλιστα σε λιγότερο από 6 ώρες μετά από EIMD. Επίσης και στις δύο μεθόδους κρυοθεραπείας (CWI,WBC) παραμένουν διαφωνίες που αφορούν του διαφορετικούς τρόπους εφαρμογής, την συχνότητα εφαρμογής, τις θερμοκρασίες και τον χρονισμό σε σχέση με την άσκηση. Η παγομάλαξη είναι αρκετά αποδοτική τόσο στην πρόληψη του ΚΜΠ, όσο και στη συγκέντρωση γαλακτικού. Οι εναλλαγές ψυχρού και θερμού νερού μέσω της αγγειοσυστολής-αγγειοδιαστολής περιορίζουν το οίδημα και το αίσθημα του πόνου έως και 72 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση. Μια άλλη μέθοδος, η θερμοθεραπεία, εφαρμόζεται μετά την κλινικά μέγιστη εκδήλωση του DOMS και όχι στην οξεία φάση, καθώς θα έχει ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Όμως μια έρευνα αποδεικνύει πως η παρατεταμένη εφαρμογή θερμότητας μέσω επιθεμάτων ακριβώς μετά την άσκηση, συμβάλλει στη μείωση της μυϊκής βλάβης. Επιπλέον πολλές έρευνες έχουν ασχοληθεί με τις ασκήσεις προθέρμανσης και την IRR, αλλά υπάρχουν αντιμαχόμενες αναφορές σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους. Παρόλα αυτά η IRR βοηθά στην μυϊκή ανακατασκευή και ανακουφίζει από τον πόνο τουλάχιστον την 1<sup>η</sup> ημέρα εφαρμογής. Επομένως περαιτέρω μελέτες χρειάζεται να διεξαχθούν στην συνδυασμένη χορήγηση IRR και ασκήσεων προθέρμανσης για 3 συνεχόμενες μέρες μετά την πρόκληση του DOMS. Σχετικά με την πρεσσοθεραπεία η επίδραση της στην πρόληψη και θεραπεία του ΚΜΠ είναι αμφιλεγόμενη και ένας από τους λόγους είναι η ποικιλία μεθοδολογικών σχεδιασμών των ερευνών. Στην πραγματικότητα τα ενδύματα συμπίεσης μειώνουν τον διαθέσιμο χώρο για την ανάπτυξη οιδήματος και συνεπώς κατευνάζουν τον πόνο. Αν και η επίδραση της θεραπείας αυτής στην ενίσχυση της απόδοσης είναι περιορισμένη, είναι αποτελεσματική στην αποκατάσταση της μυϊκής βλάβης ακόμα και 96 ώρες μετά από EIMD. Μάλιστα η εφαρμογή πρεσσοθεραπείας κατά την άσκηση περιορίζει τους μικροτραυματισμούς, ενώ μετά την άσκηση περιορίζει τον ΚΜΠ και επιταχύνει την ανάκτηση της μυϊκής λειτουργίας. Άλλες μορφές θεραπείας είναι η χαμηλής έντασης άσκηση, οι διατάσεις, το FR, το Flossing και η Ergon τεχνική. Η χαμηλής έντασης άσκηση έχει αμφιλεγόμενες θεραπευτικές επιδράσεις στον ΚΜΠ, λόγω των διαφορετικών πρωτοκόλλων, ειδών άσκησης, χρόνου εκτέλεσης και έντασης. Παρόλα αυτά έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση του ΚΜΠ 48 ώρες μετά από έντονη

άσκηση, εκτελώντας παρατεταμένη βαδισή. Επιπρόσθετα οι διατάσεις προλαμβάνουν την εμφάνιση του ΚΜΠ και μειώνουν τον πόνο και την δυσκαμψία, που σχετίζονται με αυτόν. Επίσης η αυξημένη ελαστικότητα που επιτυγχάνεται περιορίζει τους σχετικούς τραυματισμούς και μάλιστα η στατική εφαρμογή των διατάσεων μειώνει τον μυϊκό σπασμό, ενώ η PNF διάταση προσφέρει αναλγησία και βελτιώνει σημαντικά την απόδοση του αθλητή. Όσον αφορά το FR, μέσω της κινητοποίησης των μαλακών μορίων επιδρά στο ROM, τη μυϊκή δυσφορία και την βιομηχανική απόδοση του κάτω άκρου, όχι όμως στην συνολική απόδοση του αθλητή. Το Kinetic Flossing συμβάλλει στην ταχύτερη αποκατάσταση των μυοσκελετικών παθήσεων μέσω αιμοδυναμικών και εμβιομηχανικών προσαρμογών, ενώ φάνηκε να συμβάλλει στην μείωση των επιπέδων του αντιλαμβανόμενου DOMS. Ακόμα με την Ergon IASTM τεχνική ενεργοποιούνται οι ινοβλάστες και συνεπώς η διαδικασία επούλωσης, όμως σε έρευνα που μελέτησε την επίδραση του σε αθλητές με DOMS αποδείχτηκε η συμβολή του κυρίως στην αύξηση του ROM. Επίσης η αποτελεσματικότητα της μάλαξης είναι αβέβαιη, καθώς οι περισσότερες μελέτες έχουν μεθοδολογικές ελλείψεις και ανομοιόμορφα ευρήματα. Η ενδεχόμενη επίδραση της οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας στους ιστούς, στην ανακούφιση από τη μυϊκή δυσκαμψία, στο αυξημένο ROM και στη μείωση του πόνου, καθώς βοηθά και στη μείωση της συγκέντρωσης CK στο αίμα. Από την άλλη ο θεραπευτικός υπέρηχος προάγει τον μεταβολικό ρυθμό και βοηθά στην πρόληψη της μυϊκής ακαμψίας, μέσω αύξησης της εκτασιμότητας των κολλαγόνων ινών. Ακόμα η ηλεκτροθεραπεία μειώνει τον πόνο και τη φλεγμονώδη αντίδραση που σχετίζεται με τον ΚΜΠ. Μάλιστα τα TENS χαμηλής συχνότητας και μεγάλης διάρκειας παλμού οδηγούν σε απελευθέρωση ενδορφινών και συνεπώς μειωμένο πόνο, μόνο όμως κατά τη διάρκεια της εφαρμογής τους. Άλλη μια συμπληρωματική μέθοδος θεραπείας είναι ο βελονισμός, ο οποίος έχει ήπια αναλγητική δράση. Υποστηρίζεται πως ο ΚΜΠ είναι εφικτό να μειωθεί μέσω εφαρμογής βελονών σε ευαίσθητα σημεία, όμως οι επιδράσεις της μεθόδου είναι αμφιλεγόμενες. Συμπληρωματικά τα φάρμακα και τα συμπληρώματα διατροφής αποτελούν μια μη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση και πρέπει να λαμβάνονται έπειτα από καθοδήγηση του εκάστοτε αρμόδιου επιστήμονα υγείας. Συνοψίζοντας η προτεινόμενη φυσικοθεραπευτική προσέγγιση χωρίζεται σε τέσσερις φάσεις. Αρχικά πριν την προπόνηση συνίσταται στους αθλητές η εκτέλεση κατάλληλης προθέρμανσης και διατάσεων, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία και η ελαστικότητα των μυών. Έπειτα κατά τη διάρκεια της άσκησης προτείνεται η

εφαρμογή compression garments για περιορισμό των μικροτραυματισμών. Μετά την εξαντλητική προπόνηση, στον αθλητικό χώρο, μπορούν να εκτελεστούν χαμηλής έντασης άσκηση, στατικές και PNF διατάσεις, σε συνδυασμό με χρήση FR, με στόχο την πρόληψη του ΚΜΠ και την μείωση των κλινικών του συμπτωμάτων. Στην ίδια φάση, αλλά στον χώρο του φυσικοθεραπευτηρίου, μπορεί να εφαρμοστεί CWI και εναλλαγές ψυχρού και θερμού, ενώ σε επαγγελματίες αθλητές προτείνεται και η καμπίνα WBC. Επιπλέον μπορεί να εκτελεστεί μάλαξη και ergon technique ώστε να κινητοποιηθούν οι ιστοί και να λυθούν οι συμφύσεις, καθώς χρήσιμη είναι και η εφαρμογή PCDs για την μεταφορά μεταβολικών αποβλήτων. Στο μετέπειτα υποξύ στάδιο είναι σημαντική η εφαρμογή θερμοθεραπείας, όπως υπέρηχος και IRR για την ταχύτερη επούλωση του τραυματισμένου μυϊκού ιστού. Τέλος σύμφωνα με την βιβλιογραφία δεν υπάρχει κάποια εμφανής απόδειξη για την βέλτιστη φυσικοθεραπευτική διαχείριση του φαινομένου του ΚΜΠ, αλλά προτείνεται ένας συνδυασμός μεθόδων.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΡΑΣΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. **Κλεισούρας Β.** 2004. Εργοφυσιολογία. Τόμος ΙΙ
2. **Πλέσσας Σ.Τ.** 2010. Φυσιολογία του Ανθρώπου, Αθήνα: Φάρμακον-Τύπος
3. **Φουσέκης Κ.Α.** 2015. Εφαρμοσμένη Αθλητική Φυσικοθεραπεία. Κύπρος: Broken Hill Publishers Ltd, Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης.
4. **Neumann D.A.** Κινησιολογία του Μυοσκελετικού Συστήματος, Θεμέλια Αποκατάστασης. Μετάφραση-Επιμέλεια από τα αγγλικά από Τσέπης, Εκδόσεις Συμμετρία.
5. **Vander's,** 2016. Φυσιολογία του Ανθρώπου. Επιμέλεια Γελαδάς Ν., Broken Hill Publishers Ltd, Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
6. **Powers S.K., Howley E.T.,** 2018. Φυσιολογία της Άσκησης, Θεωρία και Εφαρμογές Ευρωστίας και Απόδοσης, Επιμέλεια Βράμπας Γ.Σ., Broken Hill Publishers Ltd, Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.

### **ΑΡΘΡΑ**

1. **Abaïdia, A. E., Lamblin, J., Delecroix, B., Leduc, C., McCall, A., Nédélec, M., Dawson, B., Baquet, G., & Dupont, G.** (2017). Recovery from exercise-induced muscle damage: Cold-water immersion versus whole-body cryotherapy. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(3): 402–409
2. **Aboodarda, S., Spence, A., & Button, D. C.** (2015). Pain pressure threshold of a muscle tender spot increases following local and non-local rolling massage. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *16*(1):1–10
3. **Adamczyk, J. G., Gryko, K., & Boguszewski, D.** (2020). Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention? *PLoS ONE*, *15*(6): 1–14.
4. **Amstrong R.B.** (1984) *Mechanisms\_of\_exercise\_induced\_delayed\_onset. Medicine and Science in sports and exercise, vol 16, No 6:529-538.*
5. **Aiyegbusi, A., Aturu, A., & Akinfeleye, A.** (2016). A comparative study of the effects of infrared radiation and warm-up exercises in the management of DOMS. *Journal of Clinical Sciences*, *13*(2): 77.
6. **Apostolopoulos, N. C., Lahart, I. M., Plyley, M. J., Taunton, J., Nevill, A. M., Koutedakis, Y., Wyon, M., & Metsios, G. S.** (2018). The effects of different passive static stretching intensities on recovery from unaccustomed eccentric exercise – A randomized controlled trial. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *43*(8):806–815
7. **Behm, D. G., & Chaouachi, A.** (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(11):2633–2651

8. **Bieuzen, F., Bleakley, C. M., & Costello, J. T.** (2013). Contrast Water Therapy and Exercise Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 8(4).
9. **Boguszewski, D., Adamczyk, J. G., Urbańska, N., Mrozek, N., Piejko, K., Janicka, M., & Białoszewski, D.** (2014). Using thermal imaging to assess the effect of classical massage on selected physiological parameters of upper limbs. *Biomedical Human Kinetics*, 6(1): 146–150.
10. **Born, D. P., Sperlich, B., & Holmberg, H. C.** (2013). Bringing light into the dark: Effects of compression clothing on performance and recovery. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1):4–18.
11. **Bradbury-Squires, D. J., Nofall, J. C., Sullivan, K. M., Behm, D. G., Power, K. E., & Button, D. C.** (2015). Roller-massager application to the quadriceps and knee-joint range of motion and neuromuscular efficiency during a lunge. *Journal of Athletic Training*, 50(2):133–140
12. **Bringard, A., Perrey, S., & Belluye, N.** (2006). Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise - Positive effects of wearing compression tights. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5): 373–378
13. **Cardoso, R., Lumini-Oliveira, J. A., Santos, M. J., Ramos, B., Matos, L. C., Machado, J., Greten, H. J., & Franconi, G.** (2020). Acupuncture can be beneficial for exercise-induced muscle soreness: A randomised controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(1):8–14
14. **Cavanaugh, M. T., Döweling, A., Young, J. D., Quigley, P. J., Hodgson, D. D., Whitten, J. H. D., Reid, J. C., Aboodarda, S. J., & Behm, D. G.** (2017). An acute session of roller massage prolongs voluntary torque development and diminishes evoked pain. *European Journal of Applied Physiology*, 117(1): 109–117
15. **Chang, W. D., Chang, N. J., Lin, H. Y., & Wu, J. H.** (2020). Effects of Acupuncture on Delayed-Onset Muscle Soreness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020
16. **Chen, T. C., Tseng, W. C., Huang, G. L., Chen, H. L., Tseng, K. W., & Nosaka, K.** (2013). Low-intensity eccentric contractions attenuate muscle damage induced by subsequent maximal eccentric exercise of the knee extensors in the elderly. *European Journal of Applied Physiology*, 113(4): 1005–1015
17. **Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L.** (2003). Cheung2003.Pdf. *Sports Medicine*, 33(2): 145–164.
18. **Chung, Y. E., & Kim, K. W.** (2014). Contrast-enhanced ultrasonography: Advance and current status in abdominal imaging. *Ultrasonography*, 34(1): 3–18
19. **Cleak, M. J., & Eston, R. G.** (1992). Delayed onset muscle soreness: Mechanisms and management. *Journal of Sports Sciences*, 10(4):325–341
20. **Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. M.** (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2): 199–203
21. **Dawson, B., Gow, S., Modra, S., Bishop, D. I., & Stewart, G.** (2005). *Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours Methods sample.* 210–221.

22. **Del Giudice, M., & Gangestad, S. W.** (2018). Rethinking IL-6 and CRP: Why they are more than inflammatory biomarkers, and why it matters. *Brain, Behavior, and Immunity*, 70: 61–75.
23. **Draghi, F., Zacchino, M., Canepari, M., Nucci, P., & Alessandrino, F.** (2013). *Muscle injuries : ultrasound evaluation in the acute phase*. 209–214.
24. **Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B.** (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, Soreness, fatigue, and inflammation: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9(APR): 1–15
25. **Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M.** (1989). Exercise-Induced Muscle Damage and Adaptation. *Sports Medicine*, 7(4): 207–234.
26. **Egziabher, T. B. G., & Edwards, S.** (2013). No Title No Title. *Africa's Potential for the Ecological Intensification of Agriculture*, 53(9):1689–1699.
27. **Emmler, W. O. K., Tengel, S. I. V. O. N. S., & Hristina, C. K. O.** (2009). *E c s p m r*. 23(1): 101–105.
28. **Erling, A.** (1956). *From the Laboratory for Theory of Gymnastics (Head: Prof. Em. Hansen) University of Copenhagen OBSERVATIONS ON EXPERIMENTAL MVSCULAR SORENESS*. 1934:109–116.
29. **Eston, R., & Peters, D.** (2010). Journal of Sports Sciences Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage EV ects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences*, August 2012: 37–41.
30. **Flann, K. L., Lastayo, P. C., McClain, D. A., Hazel, M., & Lindstedt, S. L.** (2011). Muscle damage and muscle remodeling: No pain, no gain? *Journal of Experimental Biology*, 214(4):674–679.
31. **Fleckenstein, J., Niederer, D., Auerbach, K., Bernhörster, M., Hübscher, M., Vogt, L., & Banzer, W.** (2016). No Effect of Acupuncture in the Relief of Delayed-Onset Muscle Soreness: Results of a Randomized Controlled Trial. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 26(6): 471–477
32. **Flores, D. V., Gómez, C. M., Estrada-Castrillón, M., Smitaman, E., & Pathria, M. N.** (2018). MR imaging of muscle trauma: Anatomy, biomechanics, pathophysiology, and imaging appearance. *Radiographics*, 38(1):124–148
33. **Fonda, B., De Nardi, M., & Sarabon, N.** (2014). Effects of whole-body cryotherapy duration on thermal and cardio-vascular response. *Journal of Thermal Biology*, 42(1): 52–55.
34. **Forthomme, B., Wiczorek, V., Frisch, A., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L.** (2013). Shoulder pain among high-level volleyball players and preseason features. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(10): 1852–1860.
35. **Fridén, J., Sfakianos, P. N., Hargens, A. R., & Akeson, W. H.** (1988). Residual muscular swelling after repetitive eccentric contractions. *Journal of Orthopaedic Research*, 6(4): 493–498
36. **Fulford, J., Eston, R. G., Rowlands, A. V., & Davies, R. C.** (2015). Assessment of magnetic resonance techniques to measure muscle damage 24h after eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(1): e28–e39.
37. **Genovese, E. A., Callegari, L., Combi, F., Leonardi, A., Angeretti, M. G., Benazzo, F., D'Angelo, F., & Fugazzola, C.** (2007). Il mezzo di contrasto ecografico di II generazione nella valutazione dei processi riparativi delle



- lesioni muscolari dell'arto inferiore in atleti professionisti. *Radiologia Medica*, 112(5): 740–750.
38. **Glasgow, P. D., Hill, I. D., Mckeivitt, A., Hons, B. S. C., Lowe, A. S., & Baxter, D.** (2001). *Low Intensity Monochromatic Infrared Therapy : A Preliminary Study of the Effects of a Novel Treatment Unit Upon Experimental Muscle Soreness*. 39(July 2000), 33–39.
  39. **Goodall, S., & Howatson, G.** (2008). The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(2): 235–241.
  40. **Goto, K., Oda, H., Kondo, H., Igaki, M., & Suzuki, A.** (2011). *Responses of muscle mass , strength and gene transcripts to long-term heat stress in healthy human subjects*. 17–27.
  41. **Guermazi, A Regatte, R. R., Crema, M. D., Tol, J. L., Robinson, P., & Roemer, F. W.** (2017). Imaging of Muscle Injuries in Sports Medicine: Sports Imaging Series. *Radiology*, 285(3):1063–1063.
  42. **Guilhem, G., Cornu, C., & Guével, A.** (2010). Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(5): 319–341.
  43. **Gulati, M., King, K. G., Gill, I. S., Pham, V., Grant, E., & Duddalwar, V. A.** (2015). Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) of cystic and solid renal lesions: a review. *Abdominal Imaging*, 40(6):1982–1996.
  44. **Guo, L. H., Wang, S. J., Xu, H. X., Sun, L. P., Zhang, Y. F., Xu, J. M., Wu, J., Fu, H. J., & Xu, X. H.** (2015). Differentiation of benign and malignant focal liver lesions: value of virtual touch tissue quantification of acoustic radiation force impulse elastography. *Medical Oncology*, 32(3).
  45. **Guo, J., Li, L., Gong, Y., Zhu, R., Xu, J., Zou, J., & Chen, X.** (2017). Massage alleviates delayed onset muscle soreness after strenuous exercise: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 8(SEP): 1–12
  46. **Hallén, A., & Ekstrand, J.** (2014). Return to play following muscle injuries in professional footballers. *Journal of Sports Sciences*, 32(13):1229–1236
  47. **Harris, R. C., Hultman, E., Kaijser, L., & Koh, D.** (1972). Department of Clinical Chemistry, S : t Eriks sjukhus , 3 . Significantly shorter endurance times were found for the heated. *Methods*, 335–352.
  48. **Hartono, S., Widodo, A., Wismanadi, H., & Hikmatyar, G.** (2019). The effects of roller massage, massage, and ice bath on lactate removal and delayed onset muscle soreness. *Sport Mont*, 17(2):111–114
  49. **Hasson, Daniels, Niebuhr, Richmond, Stein and Williams** (1993). *Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage and performance: a preliminary investigation*. Department of physical therapy, University of Texas
  50. **Hedayatpour, N., & Falla, D.** (2015). Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *BioMed Research International*, 2015
  51. **Heiss, R., Hotfiel, T., Kellermann, M., May, M. S., Wuest, W., Janka, R., Nagel, A. M., Uder, M., & Hammon, M.** (2018). Effect of compression garments on the development of edema and soreness in delayed-onset muscle soreness (DOMS). *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(3):392–401.
  52. **Heiss, R., Lutter, C., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Grim, C., Poettgen, K., Forst, R., Bloch, W., Hüttel, M., & Hotfiel, T.** (2019). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) - Part II: Treatment and Prevention. *Sportverletzung-Sportschaden*, 33(1): 21–29

53. **Herbert RD, Noronha M, Kamper SJ.** (2011). *Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise ( Review ).* 7.
54. **Herrera, E., Sandoval, M. C., Camargo, D. M., & Salvini, T. F.** (2010). Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Physical Therapy*, 90(4): 581–591.
55. **High, D. M., Howley, E. T., & Franks, B. D.** (1989). *Research Quarterly for Exercise and Sport The Effects of Static Stretching and Warm-Up on Prevention of Delayed-Onset Muscle Soreness The Effects of Static Stretching and Warm-up on Prevention of Delayed-Onset Muscle Soreness.* March 2015, 37–41.
56. **Hindle, K. B., Whitcomb, T. J., Briggs, W. O., & Hong, J.** (2012). *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation ( PNF ): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function* by. 31(March), 105–113.
57. **Hing, W. A., White, S. G., Bouaaphone, A., & Lee, P.** (2008). Contrast therapy-A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 9(3):148–161.
58. **Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P.** (2019). Eccentric muscle contractions: Risks and benefits. *Frontiers in Physiology*, 10(MAY): 1–18
59. **Hoffman, M. D., Badowski, N., Chin, J., & Stuempfle, K. J.** (2016). *A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery.* 117.
60. **Hohenauer, E., Costello, J. T., Deliens, T., Clarys, P., Stoop, R., & Clijsen, R.** (2020). Partial-body cryotherapy (−135°C) and cold-water immersion (10°C) after muscle damage in females. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(3):485–495
61. **Hoppeler, H.** (2016). Moderate load eccentric exercise; A distinct novel training modality. *Frontiers in Physiology*, 7(NOV).
62. **Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., Bloch, W., Hüttel, M., & Heiss, R.** (2018). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletzung-Sportschaden*, 32(4):243–250.
63. **Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., Bloch, W., Hüttel, M., & Heiss, R.** (2018). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletzung-Sportschaden*, 32(4): 243–250
64. **Howatson, G., Gaze, D., & Van Someren, K. A.** (2005). The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 15(6): 416–422.
65. **Howell, J. N., Chila, A. G., Ford, G., David, D., & Gates, T.** (1985). An electromyographic study of elbow motion during postexercise muscle soreness. *Journal of Applied Physiology*, 58(5): 1713–1718.
66. **Hurley, C. F., Hatfield, D. L., & Riebe, D.** (2013.). The Effects of Caffeine Ingestion on DOMS. *Journal of Strength and Conditioning Research Publish Ahead of Print*
67. **Jamtvedt, G., Herbert, R. D., Flottorp, S., Odgaard-jensen, J., Håvelsrud, K., Barratt, A., Mathieu, E., Burls, A., & Oxman, A. D.** (2010). *A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness Correspondence to.* 1002–1009.

68. **Järvinen, T. A. H., Järvinen, T. L. N., Kääriäinen, M., Äärimaa, V., Vaittinen, S., Kalimo, H., & Järvinen, M.** (2007). Muscle injuries: optimising recovery. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, *21*(2): 317–331
69. **Julian, V., Thivel, D., Costes, F., Touron, J., Boirie, Y., Pereira, B., Perrault, H., Duclos, M., & Richard, R.** (2018). Eccentric training improves body composition by inducing mechanical and metabolic adaptations: A promising approach for overweight and obese individuals. *Frontiers in Physiology*, *9*(AUG):1–14.
70. **Kaux, J. F., Drion, P., Libertiaux, V., Colige, A., Hoffmann, A., Nusgens, B., Besançon, B., Forthomme, B., Le Goff, C., Franzen, R., Defraigne, J. O., Cescotto, S., Rickert, M., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L.** (2013). Eccentric training improves tendon biomechanical properties: A rat model. *Journal of Orthopaedic Research*, *31*(1):119–124.
71. **Kellermann, M., Heiss, R., Swoboda, B., Gelse, K., Freiwald, J., Grim, C., Nagel, A., Uder, M., Wildner, D., & Hotfiel, T.** (2017). Intramuscular Perfusion Response in Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS): A Quantitative Analysis with Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS). *International Journal of Sports Medicine*, *38*(11):833–841
72. **Kemmler, W. O. K., Tengel, S. I. V. O. N. S., & Hristina, C. K. O.** (2009). *Effects of compression stockings on running performance in men runners.* *Journal of Strength and Conditioning Research*. *23*(1):101–105.
73. **Kim, J., Kim, J., & Lee, J.** (2017). Effect of compression garments on delayed-onset muscle soreness and blood inflammatory markers after eccentric exercise: A randomized controlled trial. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *13*(5):541–545
74. **Kim, H. J., Ryu, K. N., Sung, D. W., & Park, Y. K.** (2002). Correlation between sonographic and pathologic findings in muscle injury: Experimental study in the rabbit. *Journal of Ultrasound in Medicine*, *21*(10):1113–1119.
75. **Kim, J., & Lee, J.** (2014). A review of nutritional intervention on delayed onset muscle soreness. Part I. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *10*(6):349–356
76. **Ko, G. W. Y., & Clarkson, C.** (2020). The effectiveness of acupuncture for pain reduction in delayed-onset muscle soreness: a systematic review. *Acupuncture in Medicine*, *38*(2):63–74
77. **Koeda, S., Yoshikawa, T., Sato, C., Sumigawa, K., & Yamada, J.** (2019). Ultrasound irradiation before high-load exercise reduces muscle rigidity associated with delayed-onset muscle soreness. *Journal of Physical Therapy Science*, *31*(11):922–924
78. **Kostek, M. C., Chen, Y. W., Cuthbertson, D. J., Shi, R., Fedele, M. J., Esser, K. A., & Rennie, M. J.** (2007). Gene expression responses over 24 h to lengthening and shortening contractions in human muscle: Major changes in CSR3, MUSTN1, SIX1, and FBXO32. *Physiological Genomics*, *31*(1): 42–52.
79. **Laffaye, G., Da Silva, D. T., & Delafontaine, A.** (2019). Self-Myofascial Release Effect With Foam Rolling on Recovery After High-Intensity Interval Training. *Frontiers in Physiology*, *10*(October)
80. **LaRoche, D. P., & Connolly, D. A. J.** (2006.). *Effects of Stretching on Passive Muscle Tension and Response to Eccentric Exercise.* 1000–1007.

81. **LaStayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Frajacomo, F., & Lindstedt, S.** (2014). Eccentric exercise in rehabilitation: Safety feasibility, and application. *Journal of Applied Physiology*, *116*(11):1426–1434
82. **Law, R. Y. W., & Herbert, R. D.** (2007). Warm-up reduces delayed-onset muscle soreness but cool-down does not : a randomised controlled trial. *Australian Journal of Physiotherapy*, *53*(2):91–95.
83. **Leeder, J., Gissane, C., Van Someren, K., Gregson, W., & Howatson, G.** (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *46*(4):233–240.
84. **Longo, V., Jacobson, J. A., Fessell, D. P., & Mautner, K.** (2016). Ultrasound findings of delayed-onset muscle soreness. *Journal of Ultrasound in Medicine*, *35*(11): 2517–2521
85. **Lynn, A., Garner, S., Nelson, N., Simper, T. N., Hall, A. C., & Ranchordas, M. K.** (2018). Effect of bilberry juice on indices of muscle damage and inflammation in runners completing a half-marathon: A randomised, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*(1): 1–8
86. **MacDonald, GZ, Penney, MDH, Mullaley, ME, Cuconato, AL, Drake, CDJ, Behm, DG, and Button, D.** (2013). *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(3): 812–821.
87. **Macdonald, J. H., & Callender, N.** (2011). Athletic Profile of Highly Accomplished Boulderers. *WEM*, *22*(2): 140–143.
88. **Machado, A. F., Ferreira, P. H., Micheletti, J. K., de Almeida, A. C., Lemes, Í. R., Vanderlei, F. M., Netto Junior, J., & Pastre, C. M.** (2016). Can Water Temperature and Immersion Time Influence the Effect of Cold Water Immersion on Muscle Soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 46, Issue 4, pp. 503–514). Springer International Publishing
89. **Malanga, G. A., Yan, N., & Stark, J.** (2015). *Mechanisms and efficacy of heat and cold therapies for musculoskeletal injury*. 5481.
90. **Malmir, K., Ghotbi, N., Mir, S. M., & Moradi, B.** (2017). Comparing Effects of Cryotherapy and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Signs and Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness in Amateur Athletes. *The Open Pain Journal*, *10*(1): 73–80
91. **Marqués-Jiménez, D., Calleja-González, J., Arratibel, I., Delextrat, A., & Terrados, N.** (2016). Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiology and Behavior*: *153*, 133–148
92. **Martin, J. S., Borges, A. R., & Beck, D. T.** (2015). Peripheral conduit and resistance artery function are improved following a single, 1-h bout of peristaltic pulse external pneumatic compression. *European Journal of Applied Physiology*, *115*(9): 2019–2029
93. **Marzin, T., Lorkowski, G., Reule, C., Rau, S., Pabst, E., Vester, J. C., & Pabst, H.** (2017). Effects of a systemic enzyme therapy in healthy active adults after exhaustive eccentric exercise: A randomised, two-stage, double-blinded, placebo-controlled trial. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, *2*(1)
94. **McGorm, H.** (2018). Turning Up the Heat : An Evaluation of the Evidence for Heating to Promote Exercise Recovery , Muscle Rehabilitation and Adaptation. *Sports Medicine*, *48*(6), 1311–1328.

95. **Meeusen, R., & Lievens, P.** (1986). The Use of Cryotherapy in Sports Injuries. *Sports Medicine*, 3(6):398–414.
96. **Meyer, K., Steiner, R., Lastayo, P., Lippuner, K., Allemann, Y., Eberli, F., Schmid, J., Saner, H., & Hoppeler, H.** (2003). Eccentric exercise in coronary patients: Central hemodynamic and metabolic responses. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(7): 1076–1082.
97. **Miyaki, A., Maeda, S., Choi, Y., Akazawa, N., Tanabe, Y., & Ajisaka, R.** (2012). Habitual aerobic exercise increases plasma pentraxin 3 levels in middle-aged and elderly women. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 37(5): 907–911.
98. **Mueller, M., Breil, F. A., Vogt, M., Steiner, R., Klossner, S., Hoppeler, H., Däpp, C., Lippuner, K., & Popp, A.** (2009). Different response to eccentric and concentric training in older men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 107(2): 145–153.
99. **Newham, D. J., Jones, D. A., & Edwards, R. H. T.** (1986). Plasma creatine kinase changes after eccentric and concentric contractions. *Muscle & Nerve*, 9(1):59–63.
100. **Nurenberg, P., Giddings, C. J., Stray-Gundersen, J., Fleckenstein, J. L., Gonyea, W. J., & Peshock, R. M.** (1992). MR imaging - Guided muscle biopsy for correlation of increased signal intensity with ultrastructural change and delayed-onset muscle soreness after exercise. *Radiology*, 184(3): 865–869.
101. **Ogai, R., Yamane, M., Matsumoto, T., & Kosaka, M.** (2008). *Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle pedaling.* 834–838.
102. **Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D.** (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *American Journal of Sports Medicine*, 25(1):81–85.
103. **Paulsen, Gø., Cramer, R., Benestad, H. B., Fjeld, J. G., Mørkrid, L., Hallén, J., & Raastad, T.** (2010). Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1):75–85.
104. **Peacock, C. A., Krein, D. D., & Silver, T. A.** (2014). *An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing.*
105. **Peake, J. M., Roberts, L. A., Figueiredo, V. C., Egner, I., Krog, S., Aas, S. N., Suzuki, K., Markworth, J. F., Coombes, J. S., Cameron-Smith, D., & Raastad, T.** (2017). The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *Journal of Physiology*, 595(3):695–711.
106. **Pfeifer L., Zopf S., Siebler J., Schwitulla J., Wilner D., Wachter D., Neurath M.F., Strobel D.** (2015). *Prospective Evaluation of Acoustic Radiation Force Impulse ( ARFI ) Elastography and High-Frequency B-Mode Ultrasound in Compensated Patients for the Diagnosis of Liver Fibrosis / Cirrhosis in Comparison to Mini-Laparoscopic Biopsy Prospektive Evaluierung der Acoustic Radiation Force Impulse ( ARFI ).* 581–589
107. **Pollock, N., James, S. L. J., Lee, J. C., & Chakraverty, R.** (2014). British athletics muscle injury classification: a new grading system. *British Journal of Sports Medicine*, 48(18): 1347–1351.
108. **Poppendieck, W., Wegmann, M., & Ferrauti, A.** (2016). Massage and Performance Recovery : A Meta-Analytical Review. *Sports Medicine*.

109. **Pra, B.** (2015). *Cochrane Database of Systematic Reviews Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults (Review) Whole-body cryotherapy (extreme cold air exposure) for preventing and treating muscle*
110. **Prill, R., Schulz, R., & Michel, S.** (2019). Tissue flossing: A new short-term compression therapy for reducing exercise-induced delayed-onset muscle soreness A randomized, controlled and double-blind pilot crossover trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(5): 861–867
111. **Quigley, B. M.** (1997). Physiology and Biochemistry Effect of Cryotherapy on Muscle Soreness and Strength Following Eccentric Exercise. *Effect of Cryotherapy on Muscle Soreness and Strength Following Eccentric Exercise. Int. J. Sports Med*, 18, 588–593.
112. **Ra, S., Miyazaki, T., Ishikura, K., Nagayama, H., Komine, S., Nakata, Y., Maeda, S., Matsuzaki, Y., & Ohmori, H.** (2013). *Combined effect of branched-chain amino acids and taurine supplementation on delayed onset muscle soreness and muscle damage in high-intensity eccentric exercise.* 6–11.
113. **Ranchordas Mk, R., Rogerson, D., Soltani, H., & Jt, C.** (2017). *Antioxidants for preventing and reducing muscle soreness after exercise (Review).* 12.
114. **Reeves, N. D., Maganaris, C. N., Longo, S., & Narici, M. V.** (2009). Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *Experimental Physiology*, 94(7), 825–833.
115. **Roberts, L. A., Raastad, T., Markworth, J. F., Figueiredo, V. C., Egner, I. M., Shield, A., Cameron-Smith, D., Coombes, J. S., & Peake, J. M.** (2015). Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. *Journal of Physiology*, 593(18).
116. **Rowlands, A. V., Eston, R. G., & Tilzey, C.** (2001). Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect. *Journal of Sports Sciences*, 19(5): 333–340.
117. **Saga, N., Katamoto, S., & Naito, H.** (2008). Effect of heat preconditioning by microwave hyperthermia on human skeletal muscle after eccentric exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(1):176–183.
118. **Schoenfeld, B. J.** (2012). The use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs for exercise-induced muscle damage: Implications for skeletal muscle development. *Sports Medicine*, 42(12):1017–1028.
119. **Schwane, J. A., Watrous, B. G., Johnson, S. R., & Armstrong, R. B.** (1983). Is lactic acid related to delayed-onset muscle soreness? *Physician and Sportsmedicine*, 11(3): 124–131
120. **Sciorati, C., Rigamonti, E., & Manfredi, A. A.** (2016). Cell death , clearance and immunity in the skeletal muscle. *Nature Publishing Group*, 1–11.
121. **Shellock, G., & Mink, H.** (2005). *Muscle\_T2\_exertionalmuscleinjury\_Shellock\_Radiology\_1991.* 1–6.
122. **Shimokochi, Y., Sciences, S., Sciences, S., Management, S., Komura, Y., Science, S., & Sciences, E.** (2017). *Copyright<sup>a</sup> 2017 National Strength and Conditioning Association.*
123. **Siqueira, A. F., Vieira, A., Bottaro, M., Ferreira-Júnior, J. B., Nóbrega, O. de T., de Souza, V. C., Marqueti, R. de C., Babault, N., & Durigan, J. L. Q.** (2018). Multiple Cold-Water Immersions Attenuate Muscle Damage but not

- Alter Systemic Inflammation and Muscle Function Recovery: A Parallel Randomized Controlled Trial. *Scientific Reports*, 8(1): 1–12.
124. **Smith, L. L., Brunetz, M. H., Chenier, T. C., Mccammon, M. R., Houmard, J. A., Franklin, M. E., Israel, R. G., Smith, L. L., Brunetz, M. H., Chenier, T. C., Mccammon, M., Houmard, J. A., Franklin, M., & Israel, G.** (1993). The Effects of static and ballistic stretching on *Delayed Onset Muscle Soreness and Creatine Kinase*. *September 2014*:37–41.
125. **Tejero-Fernández, V., Membrilla-Mesa, M., Galiano-Castillo, N., & Arroyo-Morales, M.** (2015). Immunological effects of massage after exercise: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 16(2):187–192
126. **Torres, R., & Duarte, J. A.** (2007). *Acute Effects of Stretching on Muscle Stiffness after a Bout of Exhaustive Eccentric Exercise*. 590–594.
127. **Torres, R., Ribeiro, F., Alberto, J., & Mh, J.** (2012). Physical Therapy in Sport Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage : Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 13(2):101–114.
128. **Trenell, M. I., Rooney, K. B., Sue, C. M., & Thompson, C. H.** (2006). Compression garments and recovery from eccentric exercise: A31P-MRS study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(1): 106–114.
129. **Tunc-Ata, M., Turgut, G., Mergen-Dalyanoglu, M., & Turgut, S.** (2017). Examination of levels pentraxin-3, interleukin-6, and C-reactive protein in rat model acute and chronic exercise. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13(3):279–283.
130. **Vaile, J., Halson, S., Gill, N., & Dawson, B.** (2008). Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *Journal of Sports Sciences*, 26(5): 431–440.
131. **Villarreal S., Tumilty S., Macznik A., Mani R.** (2016). *Does Acupuncture Alter Pain-related Functional Connectivity of the Central Nervous System ? A Systematic Review*.
132. **Winke, M., & Williamson, S.** (2018). Comparison of a Pneumatic Compression Device to a Compression Garment During Recovery from DOMS. *International Journal of Exercise Science*, 11(3): 375–383.
133. **Xie, Y., Feng, B., Chen, K., Andersen, L. L., Page, P., & Wang, Y.** (2018). The efficacy of dynamic contract-relax stretching on delayed-onset muscle soreness among healthy individuals: A randomized clinical trial. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 28(1): 28–36
134. **Yu, J. Y., Jeong, J. G., & Lee, B. H.** (2015). Evaluation of muscle damage using ultrasound imaging. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(2): 531–534.

#### ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΣΕΛΙΔΩΝ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ:

1. <https://kineticflossing.com/>
2. <https://ergontechnique.com/>

## **ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ:**

1. **Κουμπέτσος Α. , Παπαχριστόπουλος Π.** 2018, Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ERGON Technique ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ FLOSSING ΚΑΙ ΤΗΣ FOAM ROLLER ΣΤΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΥ ΜΥΪΚΟΥ ΠΟΝΟΥ, Πτυχιακή Εργασία από το τμήμα Φυσικοθεραπείας Α-ΤΕΙ Πάτρας.
2. **ΡΕΝΤΑ, Ε.** (2010). Μελέτη Διατροφικών Και Βιοχημικών Παραμέτρων Στην Ασκησιογενή Μυϊκή Βλάβη Που Συνοδεύεται Από Καθυστερημένο Μυϊκό Πόνο, Πτυχιακή Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας και Διατροφής.
3. Σημειώσεις **Φουσέκη Κ.** από το μάθημα Αθλητική Φυσικοθεραπεία του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, Πανεπιστημίου Πατρών.